

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni
Fakulta strojní

Jméno: Doc. Ing. František Hezoučky

Název: Samoregulace jaderných bloků s tlakovodními reaktory využitelná pro primární regulaci frekvence a předávaného výkonu

Fakulta: Strojní

Studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Stavba energetických strojů a zařízení

Školitel: Prof. Ing. Josef Kott, DrSc.

Oponent: Ing. Miroslav Vrba, CSc.
Elektrotechnická fakulta ČVUT

a) Zhodnocení významu pro obor

Disertační práce Doc. Ing. Františka Hezoučkého se zabývá samoregulačními procesy jaderných bloků s tlakovodními reaktory, konkrétně typu VVER 440 a VVER 1000 provozovaných v České republice. Přístup použitý v práci je však možné aplikovat i na další bloky s tlakovodními reaktory, budou-li k dispozici projektová a provozní data.

Práce se neomezuje pouze na provozní, bezpečnostní a fyzikální aspekty jevů podílejících se na procesech samoregulace, ale, a to je jejím hlavním přínosem, soustředuje se na identifikaci a analýzu možností poskytování flexibility bloky jaderných elektráren pro zajištění systémové služby výkonové rovnováhy.

V souvislosti s narůstající potřebou regulačních služeb vyvolávanou narůstajícím podílem výroby elektrické energie ze zdrojů s volatilním charakterem výroby a ve vazbě na neodvratitelný proces odstavování konvenčních zdrojů využívajících jako primární energii uhlí bude poptávka po flexibilitě směřovat i na zdroje, které ji dnes neposkytují.

To vše zdůrazňuje velký význam a přínos disertační práce pro obor elektroenergetiky.

b) Vyjádření k postupu řešeného problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle

V práci jsou analyzovány mechanické, termodynamické a jaderně-fyzikální jevy a procesy, ke kterým dochází při provozování tlakovodních reaktorů během palivového cyklu. Jako základní zdroj dat a informací jsou v práci použity výsledky testů z energetického spouštění obou bloků jaderné elektrárny Temelín s cílem ověřit možnost poskytování frekvenčních podpůrných služeb a získat certifikát pro provozovatele přenosové soustavy v souladu s pravidly provozování PS (Kodex PS).

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce

Výsledky disertační práce přispívají k hlubšímu poznání a pochopení výsledků certifikačních testů. K lepšímu porozumění procesů samoregulace jaderných bloků s tlakovodními reaktory, a to v komplexním pohledu všech relevantních vlivů (setrvačnost turbosoustrojí, akumulace tepla do vody a konstrukčních komponent, roztažnost chladiva, teplotní a výkonový efekt reaktivity reaktoru během palivového cyklu).

Výsledky práce jsou pak shrnuty do doporučení týkajících se přípravy a vyhodnocení výsledků certifikačních testů a možností a rozsahu poskytování frekvenčních podpůrných služeb.

d) Případné další vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě, a jazykové úrovni disertační práce

Formální i jazyková úroveň disertační práce je na velmi vysoké úrovni, text je srozumitelný i pro odborníky z jiných technických oborů.

e) Vyjádření k publikacím disertanta

Publikační činnost disertanta uvedené v Literatuře není sice obsáhlá, je to však v důsledku jeho celoživotního profesního zapojení jako technického experta a manažera v oblasti provozování a uvádění do provozu jaderných elektráren.

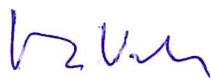
f) Jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje disertační práci k obhajobě

Disertační práci Doc. Ing. Františka Hezoučkého doporučuji k obhajobě.

Doplňující otázka:

V kapitole č. 9 Ekonomická úvaha jsou diskutovány dva režimy alokace podpůrné služby primární regulace na bloky jaderných elektráren s tlakovodními reaktory diametrálně se lišícími v ekonomickém dopadu. Za jakých podmínek je možné provozovat bloky s alokovanou službou primární regulace v režimu bez ztráty výroby a bylo by možné tento režim použít i pro další frekvenční podpůrné služby (sekundární a terciární regulaci)?

V Hostivici 25.2. 2019



oponent

Oponentní posudek doktorské práce

Název práce: Samoregulace jaderných bloků s tlakovodními reaktory využitelná pro primární regulaci frekvence a předávaného výkonu

Autor: doc. Ing. František Hezoucký

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní

Předložená doktorská práce se zabývá detailní analýzou jevů, jež se podílejí na samoregulačních procesech u jaderných bloků s tlakovodními reaktory, a jejich potenciální aplikací pro reaktory typu VVER 1000 a VVER 440. Téma je v současné době, kdy dochází k plošnému zapojování intermitentních zdrojů elektrické energie do sítě bez požadavku na jejich regulaci, velice aktuální, neboť možnosti přenosových sítí zvládat neregulované toky elektrické energie jsou téměř vyčerpané a hledají se tak rezervy i v oblastech, které dříve, kdy energetické sítě byly plánovány na základě technických a fyzikálních a nikoliv politických hlediscích, nebyly pro tuto činnost plánované. Výsledky práce tak mohou mít přímý dopad do provozu energetických systémů a možností efektivního využívání stávající flotily jaderných reaktorů.

Práce je strukturována do devíti kapitol (kapitola 2 se v textu nevyskytuje a poslední kapitolou je kapitola 10). První kapitola je stručným úvodem do problematiky a poukazuje na fakt, že přechod práce se věnovaly primárně jaderným jevům a ignorovaly hlavně mechanickou a tepelnou setrvačnost tak komplikovaného zřízení, jakým je celek jaderné elektrárny. Kapitola 3-5 popisuje vliv setrvačnosti mechanické a tepelné energie, vliv regulace turbogenerátoru a typu zvoleného ovládní. Kapitola 6 obsahuje klíčová doporučení vyplývající ze shrnutí kapitol 3-5 a obsahuje část hlavního přínosu doktoranda ke stavu současného vědeckého poznání. Kapitola 7 popisuje zkoušky regulace na jaderné elektrárně Temelín. Tyto testy byly primárně provedeny z jiného důvodu, ale jejich výsledky umožňují detailní studium samoregulace, další hlavní přínos doktoranda k současnému vědeckému poznání. Kapitola 8 shrnuje celou práci a obsahuje komplexní doporučení pro budoucí testy primární regulace. Kapitola 9 obsahuje stručnou ekonomickou rozvalu a poukazuje na potenciální problémy vyplývající ze současných provozních předpisů a nutnost jejich změny, včetně schválení SÚJB. Poslední kapitola shrnuje přínos dizertační práce, které je dle mého názoru dostatečný.

Doktorand v práci postupuje metodicky. Úvodní teoretický rozbor, včetně vypočtených hodnot některých parametrů je následně ověřen reálnými měřeními na jaderné elektrárně Temelín a naměřená data jsou vyhodnocena pro potvrzení možnosti samoregulace jaderných reaktorů s tlakovodními reaktory pro primární regulaci.

Práce je napsána velmi dobře, lze ji vytknout pouze pár formální nedostatků ve způsobu obtékání obrázků a několika ojedinělých překlepů v textu. Obsah nerespektuje skutečné členění textu. Čísla jednotlivých kapitol jsou jiná než ve vlastním textu. Po kapitole 1 následuje kapitola 3, místo kapitoly 2 a číslování je pak posunutě. Bylo by též vhodné jednotlivé kapitoly lépe uvést a zasadit do celkového kontextu práce, včetně přesného formulování cílů práce. Práce by tak byla přehlednější a lépe by akcentovala svou nepochybnou odbornou kvalitu, vyplývající z dlouhých a ojedinělých znalostí doktoranda, získaných během jeho velice bohatého profesního života. Doktorand tak od čtenáře očekává dobrou orientaci v problematice a celá řada podpůrné argumentace přínosů

tak zůstává nevyřčena. Navíc není jasně vymezen vlastní přínos doktoranda. Podobně je tomu i se zdroji v práci, kdy ne všechny hodnoty a vstupní informace jsou dostatečně kvalitně citovány, což je škoda, protože by určitě rozšířily možnosti případného pokračování v předložené práci. Omluvit tato pochybení lze pouze faktem, že doktorand u většiny popsaných testů osobně byl a sám je tak primárním zdrojem těchto informací.

Publikace doktoranda jsou dostatečné a jeho texty se používají jako skriptum na několika vysokých školách.

Závěry práce jsou podpořeny prezentovanými výsledky a přináší zajímavé poznatky, které lze využít v dalším výzkumu této problematiky, mají ale i aplikační potenciál.

Disertační práci jsem prostudoval a doporučuji ji k obhajobě.

Otázka k obhajobě:

Jaký vliv by mělo zapojení jaderných bloků do primární regulace na životnost jaderné elektrárny?

Jaký vliv by mělo zapojení jaderných bloků do primární regulace na využití jaderného paliva?

V Praze 21. 2. 2019



doc. Ing. Václav Dostál, Sc.D.

FS ČVUT v Praze

Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

Název:	Samoregulace jaderných bloků s tlakovodními reaktory využitelná pro primární regulaci frekvence a předávaného výkonu
Fakulta:	Fakulta strojní
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Stavba energetických strojů a zařízení
Školitel:	prof. Ing. Josef Kott, DrSc.
Oponent:	Ing. Karel Wagner, CSc.

- a) Předložená práce je důležitým i zajímavým příspěvkem do řady studií a analýz, které bude nezbytné provést s očekávaným nárůstem podílu výroby elektřiny z jaderných zdrojů. S tímto nárůstem totiž stoupá i počet úloh či rolí, které budou muset jaderné zdroje v české přenosové soustavě vykonávat. Z tohoto důvodu považuji zvolené téma za vysoce aktuální.
- b) Předložená disertační práce se zabývá samoregulačními schopnostmi jaderných bloků s tlakovodními reaktory. Práce se týká našich elektráren EDU a ETE a z bloků těchto elektráren jsou použity i hodnoty a další podklady potřebné pro konkretizaci prováděných úvah o samoregulaci bloků. Práce systematicky rozebírá po teoretické stránce tři nejdůležitější zdroje pro primární samoregulaci:
- mechanickou setrvačnost turbosoustrojí,
 - akumulaci tepla v médiích jak sekundárního, tak i primárního okruhu a také
 - vliv záporných koeficientů závislosti reaktivity na teplotě moderátoru a chladiva.
- U každého ze zdrojů této samoregulace je odhadnuta velikost jeho příspěvku.

c) Pro posuzování schopnosti samoregulace aktivní zóny disertant zavedl tzv. koeficient κ_t (kappa), který kvantifikuje výkonovou intenzitu samoregulace jaderného reaktoru v závislosti na teplotě [MWt/K]. Tento koeficient je specifický pro každou vsázku paliva a během kampaně se mění. Jak disertant ukazuje na údajích z našich jaderných elektráren, znalost těchto hodnot umožní plánovat na elektrárně přidělení úlohy samoregulace jednotlivým blokům. V dalších kapitolách disertant diskutuje režim samoregulace a jeho interakci s provozovanými režimy a konfiguracemi nastavení regulace bloku. Následují praktická doporučení vyplývající z této diskuse. V závěru práce disertant prezentuje poučení z chování 1. a 2. bloku ETE v oblasti primární regulace na základě dat z testů provedených během energetického spouštění bloků.

d) Přestože je práce po formální a jazykové stránce zpracována systematicky, objevují s v ní nedostatky. Hned za úvodem chybí kapitola 2, takže číslování kapitol v části OBSAH nesouhlasí s číslováním kapitol ve vlastní práci. Dále se pak objevují drobné nedostatky způsobené patrně častým editováním textu jako např. na str. 24 opakování odstavce „Kromě efektu setrvačnosti ...“, dále pak umístování popisek obrázků nad obrázky, což ztěžuje vyhledání obrázků dle jejich čísla – např. na str. 23 se popis obrázku Obr. 3 slévá s textem nahoře. Také odkazy na obrázky jsou někdy zavádějící – např. na str. 94 v části 7.2.3 se odkazuje na obr. 59 a 60 z téže kapitoly a na obr. 54 z 7.2.1 a na obr. 55 z 7.2.2, přičemž odkazy na obr. 54 a 55 jsou špatné. Tyto drobnosti sice nejsou na překážku věcné správnosti práce, ale do značné míry znepríjemňují její čtení. Tyto nedostatky doporučuji před obhajobou vhodnou formou opravit.

e) Tato disertační práce je završením prací disertanta na toto téma a jeho publikační činnosti uvedené v kapitole „Literatura“ této disertační práce.

f) Předloženou disertační práci **DOPORUČUJI** na základě předchozího hodnocení přijmout k obhajobě a po úspěšném obhájení této disertační práce navrhuji disertantovi udělit akademický titul

„philosophiae doctor (Ph.D.)“

Témata pro diskusi:

1. Na str. 32 a str. 63 používáte formulaci: „Uvolněná / pohlcená práce poskytne rovněž čas ke změnám neutronového výkonu reaktoru ...“. Vysvětlete, prosím.
2. V kapitolách „Ocenění vlivu setrvačnosti TG“, „Ocenění vlivu akumulace tepla“ a „Ocenění vlivu teplotního a výkonového efektu reaktivity reaktoru“ odhadujete velikost výkonu, který může být použit na samoregulační proces. Uveďte, prosím, na časové ose s jakým zpožděním je ten který zdroj energie k dispozici.

V Plzni, 27. 2. 2019



oponent