ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	**VVER 1000 Pressurizer System and Control Modelling in Dymola**
Jméno autora:	**Bc. Anna Fořtová**
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Ing. Ladislav Vyskočil, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, 250 68 Husinec-Řež

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Náročnost zadání splňuje požadavky na nezbytnou úroveň diplomové práce.

Splnění zadání **splněno**

Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.

Cíle práce byly splněny. Studentka vytvořila funkční model kompenzátoru objemu a model systému řízení kompenzátoru objemu reaktoru VVER-1000.

Zvolený postup řešení **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Studentka zvolila správný přístup k řešené úloze. Nedostatky práce jsou rozebrány v dalším oddílu.

Odborná úroveň **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Posuzovaná práce obsahuje úvod, 7 dalších kapitol a závěr následovaný seznamem odkazů na použitou literaturu a jednou přílohou. Hlavním cílem práce bylo vytvořit matematický model kompenzátoru objemu a model systému řízení kompenzátoru objemu reaktoru VVER-1000 elektrárny Temelín.

První dvě kapitoly v teoretické části práce popisují systém kontroly a řízení jaderné elektrárny. Další kapitola rozebírá systém kompenzace objemu chladiva v primárním okruhu jaderné elektrárny.

Oponent má připomínku k obrázku na str. 24 (Fig. 10), který zobrazuje ukázku závislosti žádané hodnoty tlaku v kompenzátoru objemu na maximální teplotě v horkých větvích pro rozdíl teplot mezi kompenzátorem a horkou větví deltaT = 55°C (funkce TY105). V Předprovozní bezpečnostní zprávě PpBZ1,2 revize 1 z prosince 2015 tato funkce vypadá trochu jinak, než jak je uvedeno v diplomové práci. V diplomové práci je tato funkce hladká, v PpBZ1,2 má tato funkce zlomy a začíná růst při jiné teplotě. Problém může být způsoben tím, že odkazovaný zdroj [6] z roku 2004 není zcela aktuální.

V oddílu 4.3 by bylo dobré uvést, jak do celého systému regulace může vstupovat operátor.

Další kapitola popisuje program Dymola (Dynamic Modelling Laboratory) a knihovnu ClaRa pro modelování Rankine - Clausiova oběhu. Na str. 35 není dobře vysvětlen rozdíl mezi úrovní modelování L3 a L4. Čím se liší zóna v úrovni L3 od kontrolního objemu v úrovni L4? V obou objemech se řeší rovnice zachování.

Kapitola č. 6 rozebírá modely jednotlivých součástí řešené úlohy. Slovní popis matematických modelů fyzikálních jevů není příliš srozumitelný. Lepší by bylo u všech přístupů uvést soustavy rovnic, které je nutno řešit. Na str. 40 není jasné, co přesně znamená písmeno W. Je to veličina nebo jev? Bylo by dobré sjednotit označení v obrázcích 21-24.

Na str. 41 je tabulka s parametry modelu kompenzátoru objemu. Není tam ale vysvětleno, co ty parametry přesně znamenají. V tabulce je např. uvedena hodnota τ_{cond} = 2 s. Na str. 42 je napsáno, že τ_{cond} je časová konstanta pro kondenzaci, ale co znamená, se čtenář dozví až na str. 46. Z textu není jasné, odkud se vzaly hodnoty pro časové konstanty τ_{cond} a τ_{evap}, chybí odkaz na experimentální data.

Na str. 41 - 42 se uvádí parametr dp = 0,05 MPa s popisem „pressure loss coefficient“. Jedná se o tlakovou ztrátu nebo o součinitel tlakové ztráty? Pokud je to součinitel, není správně jednotka. Není jasné, kde se tato hodnota vzala, při jakém průtoku byla určena? Podobně na str. 53 je v textu uveden „pressure loss coefficient“, ale výsledkem rovnice 7.3.4 je tlaková ztráta v MPa.

V rovnicích 7.1.1.1 a 7.1.1.2 na str. 43 jsou špatně znaménka u posledních členů na pravé straně, protože:

$$\frac{dm_{vap}}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\rho_{vap} V_{vap}\right) = \frac{d\rho_{vap}}{dt} V_{vap} + \rho_{vap} \frac{dV_{vap}}{dt}$$

Např. rovnice 7.1.1.2 by pro přítok kapaliny s konstantní hustotou ρ_{liq} přes vstup „in“ do objemu V_{liq} se stejnou teplotou kapaliny, bez kondenzace a vypařování měla přejít do tvaru:

$$\dot{m}_{in,liq} = \rho_{liq} \frac{dV_{liq}}{dt}$$

Rovnice 7.1.1.14 na str. 46 je špatně, nebo je špatně vysvětleno, co znamená symbol q_{vap}. Podle textu na str. 46 q_{vap} znamená „vapor quality“, tj. hmotnostní podíl páry v parovodní směsi. Pro sytou páru bez vody je q_{vap} = 1 a podle rovnice 7.1.1.14 by sytá pára nemohla kondenzovat. Podobně na str. 45 „liquid fraction in the vapour zone“ neznamená „steam quality“.

Rovnice 7.3.1.4 na str. 56 platí pro stacionární stav (profil teploty při stacionárním vedení tepla ve válcové stěně) a tedy není konsistentní s rovnicí 7.3.1.2 na str. 55, v níž je časová derivace.

Kapitola 7 popisuje model systému kontroly a řízení kompenzátoru objemu. Oponent k této kapitole nemá připomínky.

V 8. kapitole je provedeno ověření vyvinutého modelu. V kapitole 8.2 by bylo lepší nejprve spočíst ustálený stav systému se stacionárními okrajovými podmínkami a potom teprve zahájit výpočet přechodového děje. Z obrázků na str. 71 a 72 je vidět, že systém v čase 20 s není stabilizovaný, což je v rozporu s tvrzením na str. 70.

Pokud se výpočet během prvních 20 s stabilizuje, neměly by být čáry s parametry ve skutečném kompenzátoru objemu na Obr. 47 (str. 71) posunuté o 20 s vůči čárám z výpočtu? Podobná poznámka platí i pro Obr. 52 na str. 75. V takovém případě by shoda mezi výpočtem a skutečným dějem vypadala lépe.

Na str. 77 není zřejmé, co znamená „final coolant difference“.

Celkem lze konstatovat, že shoda vypočtených a skutečných parametrů není úplně ideální a bylo by dobré provést a zdokumentovat kalibraci modelu. To znamená vyhledat v modelu parametry, které jsou neurčité a které lze ladit. Pomocí nastavování těchto parametrů vyladit model tak, aby se získala co nejlepší shoda mezi chováním skutečného systému a výpočetního modelu. Na str. 42 je zmínka, že některé parametry v modelu byly naladěny, ale není to dobře zdokumentováno.

V závěru na str. 84 se píše, že byla provedena verifikace modelu kompenzátoru objemu, což je zavádějící tvrzení.
Ve skutečnosti byla provedena validace.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **B - velmi dobře**
Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.
Asi největším formálním nedostatkem práce je, že seznam zkratek a symbolů není podle abecedy a špatně se v něm hledá. V práci se občas objeví překlep, např.: str. 9 a 33 „Rankien“ místo Rankine str. 42 „instantons” místo instantaneous. Na str. 42 je zřejmě špatný odkaz na Obr. 49 a Obr. 54. Na str. 19 je v anglickém textu český pojem „rychločinné šoupátko“ V anglickém textu se místy objevují gramatické chyby, např.: str. 12 a 18 „active zone“ místo reactor core str. 6 „advices“ (advice je nepočitatelné) str. 42 „time constants ... was chosen “ str. 60 „control models and its function“ Rozsah práce je adekvátní. K typografii nemá oponent připomínky.

Výběr zdrojů, korektnost citací **A - výborně**
Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.
Problémem při zpracování diplomové práce tohoto druhu je, že potřebné zdroje často nejsou veřejně dostupné. Proto nelze hodnotit výběr pramenů, ani zda studentka využila všechny relevantní zdroje. Všechny převzaté informace jsou odlišeny od vlastních výsledků, podle názoru oponenta nedošlo k porušení citační etiky. Bibliografické informace jsou dostatečné.

Další komentáře a hodnocení
Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.
Vložte komentář (nepovinné hodnocení).

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Cíle práce byly splněny. K práci mám ovšem poměrně dost připomínek.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Datum: 1.2.2018 Podpis: Tyleček