

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Prostorové vlivy při měření reaktivity v podkritických stavech výzkumných reaktorů
Jméno autora:	Bc. Petr Kladiva
Typ práce:	diplomová práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra jaderných reaktorů (KJR)
Oponent práce:	Ing. Martin Bárta
Pracoviště oponenta práce:	Odbor reaktorové fyziky a chemie, Jaderná elektrárna Dukovany

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání rešeršní části práce lze považovat za nenáročné, ovšem další části jsou vysoce náročné, neboť spojují práci s experimentálními daty a Monte-Carlo výpočty kódem Serpent2.	

Splnění zadání	splněno
<i>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.</i>	
Všechny body zadání byly splněny – viz část Zvolený postup řešení.	

Zvolený postup řešení	vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Úvodní část práce v přehledné formě shrnuje přístupy k výpočtu reaktivity podkritického stavu s využitím rovnic bodové kinetiky. Popsáno je jak řešení jednobodové kinetiky, tak je nastíněn postup při využití vícebodové kinetiky. Dále jsou popsány metody měření reaktivity založené na tvarových funkcích a metody použitelné pro systémy s pulzním zdrojem neutronů. Největší pozornost je věnována metodě modifikovaného násobení zdroje, která je v následující kapitole použita pro výpočty reaktivity výzkumného reaktoru typu TRIGA MARK II. V úvodní kapitole je též nastíněna teorie použití rekurentních neuronových sítí. Pozornost je též věnována „vyhlazení“ signálu neutronového toku pomocí Kalmanova filtru.</p> <p>Ve druhé kapitole je zrealizováno měření reaktivity pomocí modifikované metody násobení zdroje v italském výzkumném reaktoru typu TRIGA MARK II. Jako referenční řešení byla použita data měření reaktivity metodou Rod-Drop. Prostorové korekce pro použitou dvojici detektorů byly napočítány pomocí Monte-Carlo kódu Serpent2 v několika vybraných podkritických stavech. Na závěr kapitoly jsou výsledky porovnány s obdobným měřením z předchozí práce autora na výzkumném reaktoru VR-1. Shoda výsledků s měřením je přijatelná a vyhodnocení je doplněno podrobnou diskusí nad přesností měřící techniky a nad podrobností použitého modelu pro Serpent2. Validace modelu pro Serpent2 byla provedena přepočtením experimentálně zjištěných kritických stavů</p> <p>V závěrečné kapitole je demonstrován nový způsob výpočtu reaktivity při použití rekurentní neuronové sítě. Pro demonstraci nové metody byl zvolen reaktor VR-1 s aktivní zónou C18. Kapitola je doplněna základním popisem teorie neuronových sítí. K tréninku sítě byla použita data z celkem 24 dosahování kritického stavu v konfiguraci C18 a data z přepočtu 2300 stavů v kódu Serpent2. Byla použita neuronová síť z obecně známé knihovny TensorFlow a programovací jazyk Python 3. Zejména oceňuji otestování celkem 24 sítí s rozdílným nastavením parametrů a zvolení té nejvhodnější. Výsledky jsou prezentovány v přehledné tabulkové formě a v grafech.</p>	

Odborná úroveň	výborná
<i>Posudte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Odbornou úroveň práce lze považovat za nadprůměrnou. Student se detailně věnuje i problematice odvození korekčních faktorů po matematické stránce, text je členěn do logických celků a výsledky jsou přehledně znázorněny ve formě tabulek a grafů. Nechybí ani podrobná diskuze k výsledkům a návrhy na zlepšení.	

Formální a jazyková úroveň	výborná
<i>Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.</i>	
Práce je napsána v anglickém jazyce, text je srozumitelný a dle subjektivního názoru oponenta je stylistická úroveň textu odpovídající. Typografická úroveň textu je též na vysoké úrovni (pouze některé obrázky jsou vzhledem k jejich menší velikosti hůře čitelné).	

Výběr zdrojů, korektnost citací	výborné
<i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, 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.</i>	
Zdroje informací jsou náležitě citovány a psány v souladu s normou. Převzaté prvky jsou řádně odlišeny od vlastních úvah.	

Další komentáře a hodnocení
<i>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.</i>
V zadání práce v bodu 4 se student rozhodl použít velice nestandardní přístup strojového učení k určování podkritičnosti na experimentálních datech z reaktoru VR-1. Prostorové korekce jsou počítány pomocí rekurentní neuronové sítě, která je nacvičena pomocí experimentálních dat a přepočtů kódem Serpent2. Vzhledem k faktu, že se spouštění energetických reaktorů a problematice výpočtu dynamické reaktivity věnuji již více než deset let, jsem příjemně překvapen inovativním přístupem k určování prostorových korekcí, které jsme nuceni používat i při spouštění reaktorů typu VVER-440.

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.

Vzhledem k výše uvedenému nemám k práci žádné výhrady a navrhuji ohodnotit práci stupněm A. K diskuzi mám pouze 3 otázky:

Kterou z uvedených metod navrhujete používat při spouštění energetického reaktoru?
Jsou Monte-Carlo výpočty prostorových korekcí vhodné pro komerční energetické reaktory?
Jak ovlivní dosahování kritického stavu chybný výpočet korekcí?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 27.1.2023

Podpis: