

3. Stanovení rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1

M. Fürst

R. Griessl

P. Vozábová

Pracoviště: Školní reaktor VR-1, V Holešovičkách 747/2 Praha

e-mail: petravozabova@seznam.cz

Abstrakt:

Cílem měření bylo stanovit rozložení výkonu v aktivní zóně reaktoru VR-1. Měření jsme prováděli pomocí plynové sondy, kterou jsme vložili do kanálu ke dnu reaktoru. Sondy jsme vytahovali po 5 centimetrech a na dané pozici jsme prováděli měření v intervalu 50 sekund. Naměřené hodnoty se shodují s teorií.

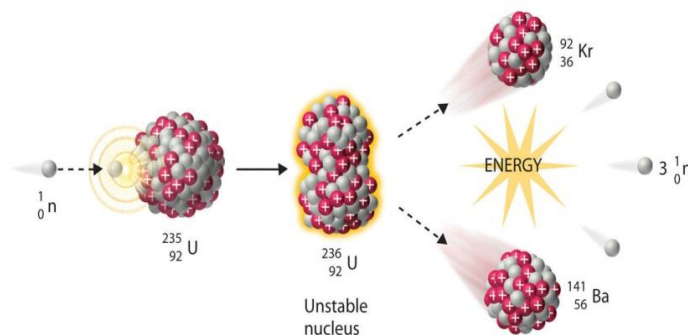
1 Úvod

V aktivní zóně jaderného reaktoru není rozložen výkon rovnoměrně. V různých částech se výkon může razantně lišit. Výkon souvisí s hustotou toku neutronů v daném místě. Měříme tento tok, abychom zjistili výkon na daném místě. Výkon v různých místech reaktoru, je důležité znát z důvodu bezpečnosti provozu jaderného reaktoru.

2 Teorie

Princip štěpení

Těžká jádra jsou schopna se štěpit na další prvky. U tohoto děje jsou uvolňovány neutrony (2-3 rychlé n) a doprovodné záření. A uvolní se energie. Neutron, který narazí do jádra prvku, to se rozkmitá a rozpadne se na dvě nestejně velké části (viz. obrázek 1)



Obrázek 1: Štěpná reakce uranu Zdroj: [1]

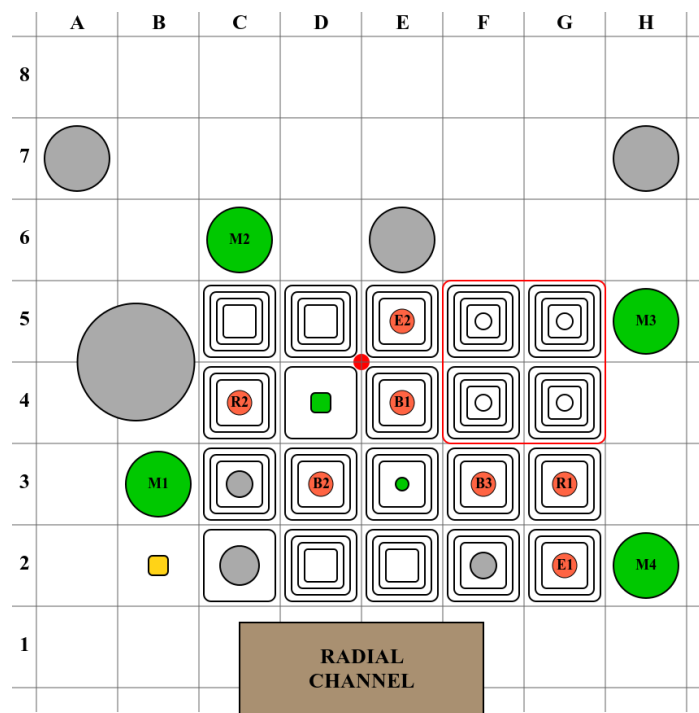
Princip jaderného reaktoru

Štěpná řetězová reakce probíhá v jaderných reaktorech. Aktivní zóna je v reaktorové nádobě. Uvnitř je moderátor, který zpomaluje neutrony. Jako nejčastější moderátor se používá voda, ale někdy se využije vlastností těžké vody či grafitu. Záleží na typu reaktoru. Dále jsou zde přítomny regulační tyče, které vychytávají neutrony. Postupně se s nimi pohybuje a tím se reguluje výkon. Dalšími tyčemi jsou tyče bezpečnostní, které jsou normálně vytaženy. Při odstavení reaktoru spadnou svou vlastní vahou dovnitř a pochyťají neutrony. Na oba dva druhy tyčí se používá bor či kadmium. Palivo je ve formě palivových souborů v aktivní zóně.

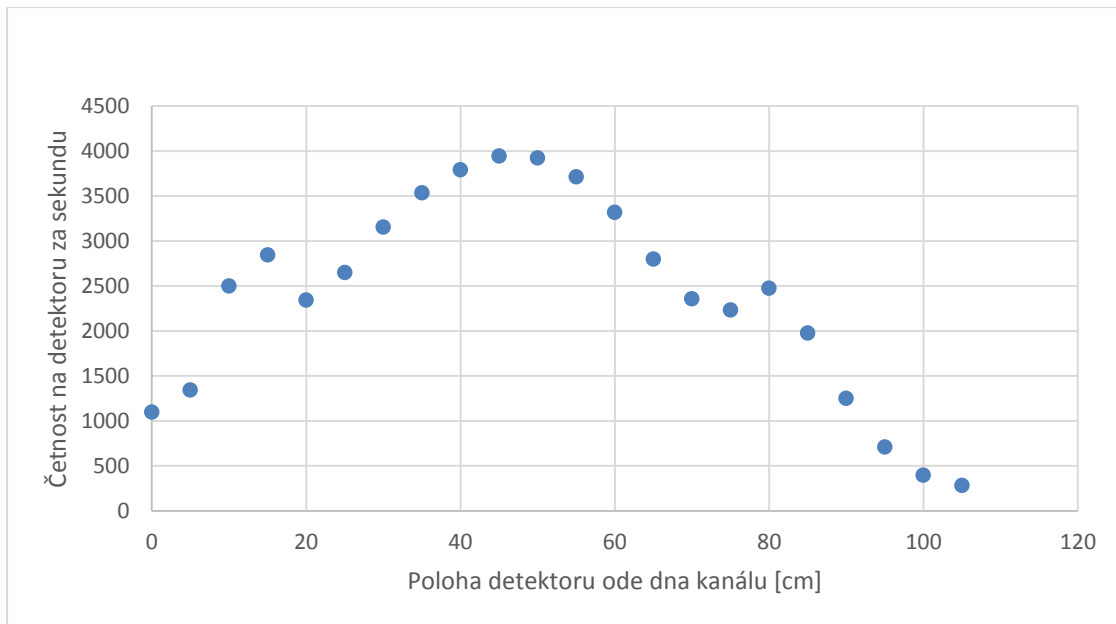
Hustota toků neutronů závisí na poloze. Nejvyšší je ve středu aktivní zóny. A nejnižší je na krajích. Z teorie vyplývá, že je to způsobeno vzdáleností od středu reaktoru. Ve středu aktivní zóny je uvolňováno nejvíce neutronů a ty moc neunikají do okrajů. Výkon závisí na počtu uvolněných neutronů. Naši motivací bylo zjištění tohoto jevu a pozorování výkyvů výkonu v aktivní zóně

3 Měření a výsledky

Hodnoty byly naměřeny na reaktoru VR-1 detektorem SN-M-13. Při měření měl reaktor výkon 2E04 a měření bylo prováděno v kanálu C3 (viz. Obrázek 2) s palivem. Detektor byl dán na dno kanálu a postupně byl vytahován nahoru. Po každých 5 centimetrech byly zaznamenány hodnoty. Data byla sbírána po dobu 50 vteřin a výsledná hodnota byla zprůměrována na 1 sekundu. Tím byla vyhodnocena hustota toku neutronů za jednu sekundu v daném místě.

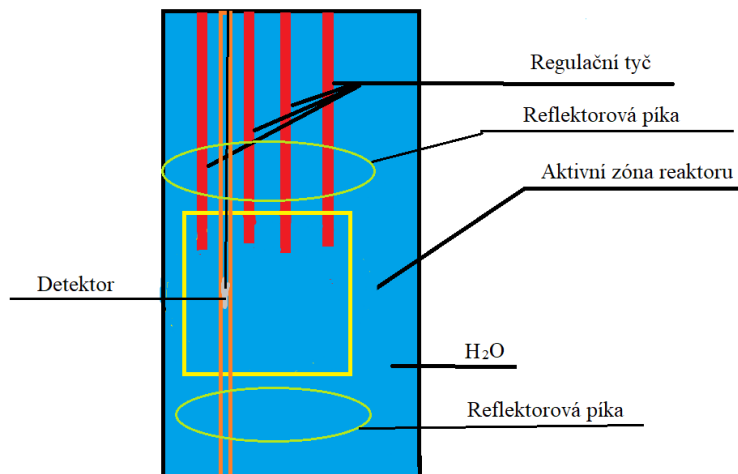


Obrázek 2: Schéma aktivní zóny VR-1



Graf 1: Hustota toku neutronů za čas

Zjistili jsme, že četnost srážek je nejvyšší ve středu aktivní zóny a mimo střed klesá v závislosti na vzdálenosti až do konce aktivní zóny. Za koncem aktivní zóny dojde k opětovnému nárůstu hustoty toku neutronů. Dále hustota toku neutronů klesá. Hodnoty vycházejí přibližně symetricky podle osy procházející středem. Mírná nesymetričnost je mezi horní a dolní částí aktivní zóny. Hodnoty naměřené v horní části jsou mírně nižší. Je to způsobeno přítomností regulačních tyčí, které snižují hustotu toku neutronů. (viz. graf 1)



Obrázek 3: Schéma aktivní zóny

Největší hustota toku neutronů je soustředěna ve středu aktivní zóny, protože na krajích zóny je největší únik. Zvýšení počtu srážek na konci aktivní zóny je způsobeno tím, že mimo aktivní zónu se nenachází uran 238, který pohlcuje neutrony. Postupné klesání hustoty toku neutronů je způsobeno tím, že se neutrony volně rozptylují ve vodě a zároveň roste vzdálenost od středu zóny. Výše od středu aktivní zóny jsou hodnoty menší, než níže od středu, v důsledku přítomnosti regulačních tyčí.

4 Závěr

Naměřili jsme hustotu toku neutronů. V závislosti na poloze v aktivní zóně. Potvrdili jsme, že v reaktoru je výkon rozložen nerovnoměrně. Nejvyšší výkon je ve středu aktivní zóny, směrem od středu klesá, na konci aktivní zóny opět stoupne a dále klesá. Hodnoty jsou v souladu s teorií.

Případné chyby měření mohou být způsobeny těmito faktory: chyba v posunutí detektoru, omezená přesnost detektoru, mrtvá doba detektoru, diskriminace gama záření.

5 Poděkování

Rádi bychom poděkovali organizátorům Týdnu vědy na Jaderce, kteří nám umožnili na tomto projektu pracovat. Dále bychom poděkovali vedoucímu miniprojektu Ondřeji Novákovi, který nás uvedl do reaktorové problematiky.

Reference:

[1] Neutron-Induced Nuclear Fission. In: *Chemistry Libretext* [online]. Libretexts: Libretexts, 2017 [cit. 2018-06-19]. Dostupné z:
https://files.mtstatic.com/site_4334/16111/0/webview?Expires=1529412457&Signature=WovsfTVfDHIvM-IEVLjDgwffYKqxzPV1r6x2ctXSiRRqEd~yh2TB8H6ee17-4tGZVb8g~ZKUnOsk23GHohmzGljrXqoXj5gCXJCeM7WR2qTb6oJW7cg3X2tPLmiStbpa7Vqt-HI~2S616q-9DSrnBjRePE-l8VcAkPKqrJgRZA_&Key-Pair-Id=APKAJ5Y6AV4GI7A555NA