

Regulační orgán jaderného reaktoru jako vázaný mechanický systém

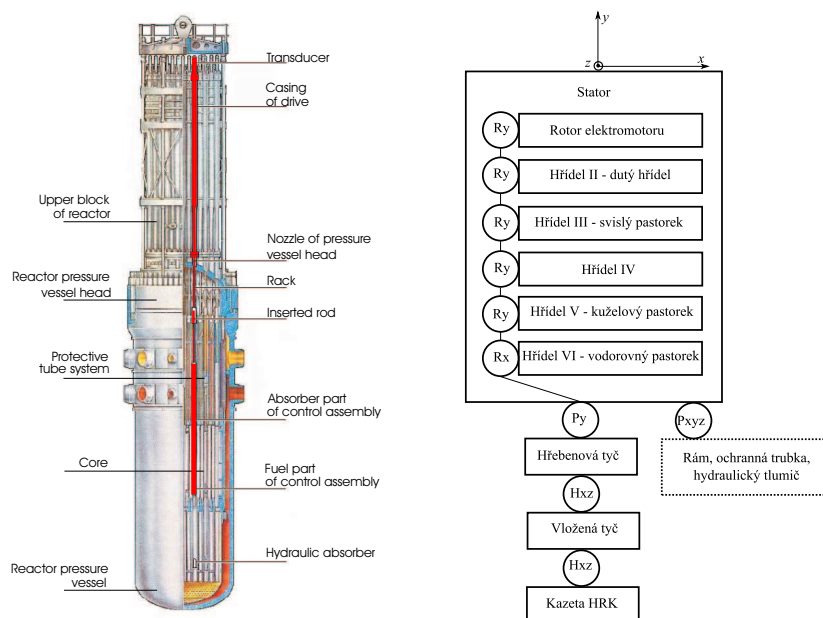
Radek Bulín¹, Michal Hajžman²

1 Úvod

Regulační orgány jaderných reaktorů jsou zařízení, které slouží k regulaci jaderné reakce při standardním provozu jaderného reaktoru a také k potlačení jaderné reakce v průběhu různých havarijních stavů. Vzhledem k nebezpečnosti nekontrolované jaderné reakce je nutné verifikovat funkci regulačních orgánů pro všechny havarijní stavy, přičemž je zřejmé, že ne všechny havarijní stavy jde simulovat experimentálně. V těchto případech je tedy vhodné sestavit matematický (výpočtový) model regulačního orgánu a provést numerické analýzy za účelem zjištění funkčnosti regulačního orgánu. V tomto příspěvku je popsán způsob vytvoření výpočtového modelu regulačního orgánu jaderného reaktoru VVER 440 a jsou představeny výsledky dynamické analýzy pro havarijní odstavení reaktoru při seismické události.

2 Matematický model regulačního orgánu reaktoru VVER 440

Na obrázku 1 je vidět struktura celého jaderného reaktoru s jedním vyznačeným regulačním orgánem, jehož dvě hlavní komponenty jsou pohon a vlastní regulační kazeta.



Obrázek 1: Schéma reaktoru a kinematické schéma modelu

¹ student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Aplikovaná mechanika, e-mail: rbulin@students.zcu.cz

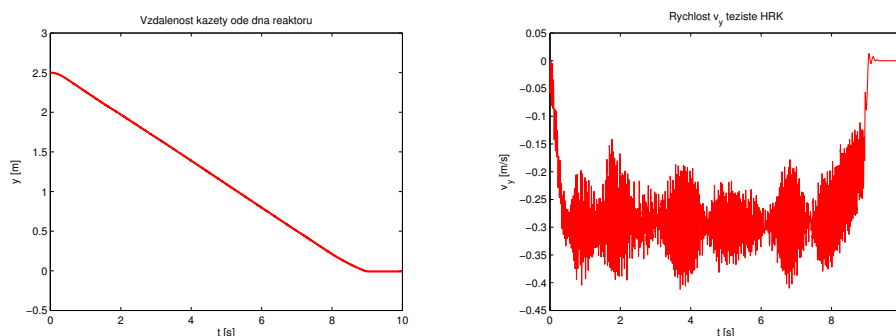
² Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra mechaniky, email: mhajzman@kme.zcu.cz

Celý mechanický systém jednoho regulačního orgánu lze modelovat jako soustavu těles spojených kinematickými vazbami, na které působí různé síly a momenty reprezentující všechny relevantní efekty při pohybu regulačního orgánu. Jedná se tzv. multibody model, obecně popsany v knize Shabana (2005).

Model se skládá z 10 tuhých těles a 10 kinematických vazeb a byl implementován v komerčním programovém systému MSC.ADAMS. Na obrázku 1 je kinematické schéma modelu, kde obdélníky jsou tuhá tělesa a kruhy kinematické vazby. Ry značí rotační vazbu kolem osy y , Rx kolem osy x , Py je posuvná vazba ve směru osy y , Hxz značí Hookeův kloub s volnými rotacemi kolem horizontálních os x a z , Pxyz je označení pro vazbu, která dovoluje posuv ve směru všech tří os. Vzhledem k funkci regulačního orgánu a k přítomnému seismickému buzení je nutné v modelu uvažovat vliv proudícího média v uzavřeném prostoru a vliv kontaktů mezi pohybujícími se částmi a vodícími částmi uvnitř reaktoru, jak je ukázáno v práci Hajžman a Polach (2005).

3 Dynamická analýza pádu regulačního orgánu

Důležitým parametrem při havarijním odstavení reaktoru je doba pádu regulačního orgánu do aktivní zóny. Při seismickém buzení navíc dochází ke kontaktům různých konstrukčních částí, což významně ovlivňuje pohyb. Dále je zohledněn vliv poddajnosti zubových vazeb uvnitř pohonu orgánu. Výsledky byly získány numerickou integrací sestavených nelineárních pohybových rovnic. Spočtené doby pádu jsou 8,88 s za klidu a 9,05 s při seismickém buzení. Na obrázku 2 jsou časové průběhy vzdálenosti kazety ode dna reaktoru a rychlosti těžiště kazety HRK při seismické události.



Obrázek 2: Posuv y a rychlost v_y těžiště kazety HRK.

Poděkování

Práce byla podpořena projektem SGS-2013-036.

Literatura

HAIJŽMAN, M. & POLACH, P., 2005. Modelling and Seismic Response of the Control Assembly for the VVER 440/V213 Nuclear Reactor. *Proceedings of ECCOMAS Thematic Conference Multibody Dynamics 2005 on Advances in Computational Multibody Dynamics*. Madrid: Universidad Politecnica de Madrid, CD-ROM.

SHABANA, A. A., 2005 *Dynamics of Multibody Systems*. 3rd ed. New York : Cambridge. 374 pp.