

Simulace provozu JE typu ABWR

K. Ooppelová*, K. Rydlo**

*SPŠST Panská 3, Praha 1

**Gymnázium Dobruška, Pulická 779, Dobruška

*kamci.oppelova@icloud.com

**Krystof.Rydlo176@gmail.com

Abstrakt:

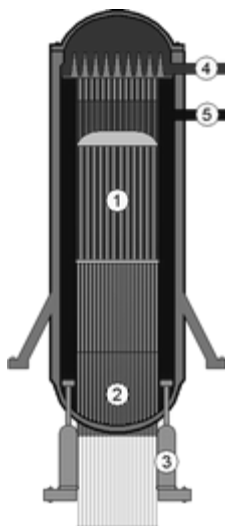
V rámci projektu jsme se seznámili s principem fungování a řízení bloku s jaderným reaktorem III. generace ABWR (Advanced Boiling Water Reactor), tedy pokročilým varným reaktorem, vyzkoušeli jsme si jeho provoz za běžných i havarijních podmínek.

1. ÚVOD

Jaderný reaktor typu ABWR je jedním z nejmodernějších reaktorů a se vyskytuje v Japonsku. Hlavní rozdíl mezi tímto reaktorem a u nás používaným typu VVER, tedy tlakovodním reaktorem, je ten, že ABWR má pouze jeden okruh + okruh chladicí, naproti tomu u VVER najdeme okruh primární, sekundární + chladicí.

Naše práce je zaměřena na poznání chování bezpečnostních zařízení v případě mimořádné poruchy na okruhu.

2. CHARAKTERISTIKA REAKTORU



REAKTOR

Na obrázku je znázorněno schéma reaktoru ABWR. Potrubím (5) přitéká voda ochlazená na teplotu 220°C přímo do reaktoru. Poté je cirkulována čerpadly RIP (interními cirkulačními čerpadly) (3) do aktivní zóny (1) reaktoru, tedy k palivovým tyčím, kde se ohřeje na teplotu 280°C a přemění se na páru. Pára se zachytí v dómu nad reaktorem a následně odtéká potrubím (4) přímo na turbínu, přes kterou se dostane do kondenzátorů, kde se zchladí na teplotu 220°C a je přivedena zpět do reaktoru. Tím je uzavřen celý koloběh vody. Výkon reaktoru můžeme nastavovat pomocí cirkulace nebo regulačních tyčí (2), které se v případě varných reaktorů zasouvají zespoda, protože nahoře je dóm a není tam tedy místo na tyče.

schéma jaderného reaktoru [1]

VÝHODY X NEVÝHODY

Jak už bylo zmíněno výše, tak varný reaktor má pouze jeden okruh, s tím souvisí i technologicky a finančně levnější výstavba. Dále má menší nároky na palivo, do toho typu reaktorů není nutné palivo obohacovat tolik jako do reaktorů tlakovodních. Je zde velká záporná zpětná výkonnostní vazba, menší objemový výkon a menší tlaky.

Jedna největších nevýhod tohoto reaktoru je, že pára, která vzniká přímo v aktivní zóně a jde přímo do turbíny, v případě porušení zirkoniových obalů palivových tyčí může být lehce radioaktivní a tím kontaminovat zařízení ve strojovně. Proto se při každé výměně paliva turbína pečlivě kontroluje.

3. SIMULACE

SEZNÁMENÍ

S reaktorem jsme se zpočátku seznámili tak, že jsme pomocí automatické regulace snížili výkon na 70 % nominálního výkonu a zpět na 100 %. V dalším cvičení jsme měli stejný cíl, ale výkon jsme regulovali manuálně a to pomocí RIP a nastavením regulačních tyčí.

Tuto úlohu zvládal počítač viditelně lépe než my. Ve chvíli, kdy výkon snižoval počítač, tak se držel na optimálních hodnotách. Když jsme výkon snižovali manuálně, byl velký problém se udržet alespoň v blízkém okruhu této hodnoty.

HAVARIJNÍ SITUACE

Po seznámení se s základním fungováním simulátoru a základních typech simulace jsme zkoušeli různé havarijní situace a to od pouhého odstavení turbíny až po ztrátu vody v reaktoru. Tyto situace zahrnovaly i zastavení provozu RIP čerpadel, ztrátu napájecí vody, převýšení tlaku v reaktoru nebo třeba pokles hladiny vody v reaktoru.

V těchto situacích už jsme se neangažovali. Nechali jsme pracovat havarijní systémy a sledovali, jak se zachová, co odstaví jako první a co se v návaznosti na to bude dít dál.

LOCA

Nejzajímavější havárie kterou jsme simulovali, byla ztráta chladicí kapaliny v reaktoru, nebo-li LOCA, loss of coolant accident (nehoda ztráty chladiva). K tomu může dojít jak protržením přívodního nebo odtokového potrubí, tak přímo protržením tlakové nádoby reaktoru, což jsme simulovali my.

To způsobí, že voda, která se dostane do suché části kontejnmentu (viz. obrázek), se vypaří a následně se začne zvyšovat teplota až na 70°C. Když to systém zaznamenal, cca při 50°C, tak uzavřel ventily na obou potrubích mezi kontejnmentem a okolím, aby nedošlo ke kontaminaci strojovny, popřípadě okolí a hladina vody v reaktoru začala klesat. Tudíž se reaktor musel zastavit zasunutím havarijních tyčí, a následně chladil přímo aktivní zónu za pomoci nízkotlakého a vysokotlakého záplavového systému vodou z bazénu. Jediné jak jsme mohli urychlit vyřešit tento problém, je zapnout sprechu a začít chladit kontejnment.

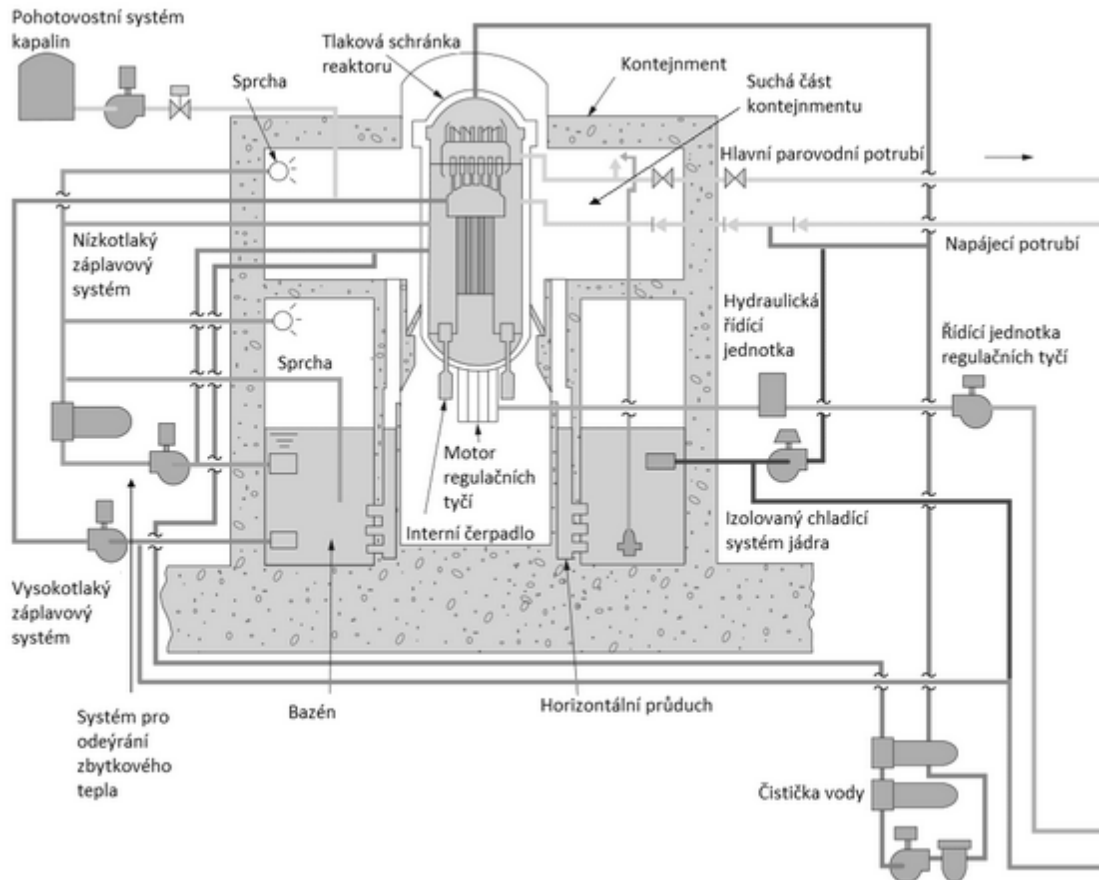


schéma varného reaktoru, upraveno [2]

4. SHRNU TÍ

Po vyzkoušení standartních i havarijních situací jsme dospěli k názoru, že lidský faktor ve většině případů nezvládá v primární chvíli situaci tak dobře, jako havarijní systémy. Jeho zásah je potřeba až ve chvíli, kdy systém udělá prvotní zásah, který by člověk nestihl. Operátor sice může do průběhu nějakým způsobem zasahovat, ale ne takovým způsobem, jako tomu bylo třeba v černobylské havárii nebo na Three Mile Islandu. Je tedy velmi malá pravděpodobnost, že by se mohla podobná katastrofa v budoucnosti opakovat.

PODĚKOVÁNÍ

Naše poděkování patří vedoucímu miniprojektu, Dušanu Kobylkovi, a Vojtěchu Svobodovi za bezproblémový průběh celé akce. Stejně tak děkujeme FJFI za uspořádání a organizaci této nezapomenutelné akce.

REFERENCE

[1] schéma jaderného reaktoru, <https://en.wikipedia.org>

[2] schéma varného reaktoru, upraveno z <http://www.hitachi-hgne-uk-abwr.co.uk/reactor.html>