

Simulace provozu JE s blokem ABWR

Milan Novák – Gymnázium Vysoké Mýto – m.novak18@yahoo.com

Michal Culek - Gymnázium Děčín – pluk.oneil@seznam.cz

Petr Polák - Gymnázium Náchod – petr.polak.nachod@centrum.cz

Abstrakt:

Jak již název napovídá, cílem tohoto miniprojektu je vyzkoušení si práce operátora jaderné elektrárny. Nejprve je tedy nutné nabýtí teoretických znalostí, dále seznámení s jednotlivými částmi elektrárny a jejich funkcemi. Po získání přehledu, jak to všechno funguje jsme se pomalu seznamovali se simulátorem a zkoušeli, co se dá kde nastavit a zaměřovat se na to, co je potřeba si hlídat. Jako nácvik běžné práce jsme vyzkoušeli snížení a následné zpětné zvýšení výkonu s pomocí automatiky a poté ručně. Dalším krokem bylo sledování, jak se automatika chová a případě havárie a zda jsme schopni ji lépe řešit manuálně. Průběh několika havárií jsme si zaznamenali a vyhodnotili.

Úvod

Na úvod nás čekala dlouhá a vyčerpávající přednáška o principu fungování jaderné elektrárny a vysvětlení účelů a funkcí jednotlivých částí. Informací bylo opravdu hodně, ale jejich význam jsme si uvědomili především při práci se simulátorem. Těšili jsme se na simulátor reaktoru typu VVER 1000, který je v Temelíně, ovšem ten nám tentokráte nebyl k dispozici. Pracovali jsme se simulátorem PWR, tedy reaktorem pracujícím na stejném principu ovšem západního typu. Po osahání funkcí simulátoru jsme se mohli pustit do řízení a testování přednastavených havárií.

Bezpečnost je v dnešní době hledání nových zdrojů energie velice důležitá a nesmíme na ni zapomínat. Jaderná energie má budoucnost a simulátory umožňují vzdělávat odborné pracovníky. Jak je jejich práce náročná jsme si sami vyzkoušeli.

Charakteristika ABWR, VVER

Reaktor typu ABWR (Advanced Boiling Water Reactor) je varný typ reaktoru, vývoj tohoto druhu byl zahájen roku 1978 a poslední fáze byla ukončena roku 1985, k vlastní realizaci projektu došlo výstavbou 6. a 7. bloku JE Kashiwazali roku 1996. U reaktoru typu ABWR dochází k vytvoření páry přímo nad aktivní zónou, čímž odpadá sekundární okruh. Chladivem a zároveň i moderátorem je zde lehká voda. ABWR jsou energeticky účinnější, ale zároveň mají nižší koeficient bezpečnosti. Výkon jednoho bloku do sítě je 1300MW, tepelný pak je 3926 MW z toho vyplývá účinnost 33,1%. Za 1 s proběhne Aktivní zónou (nyní jen AZ) 14502 kg lehlé vody. Tlak v AZ je 7,07 MPa, sytá pára má teplotu 286,5°C a voda udržuje hladinu 13,4m. Když vstupuje voda do okruhu reaktoru je zahřátá na 215°C, do nádoby reaktoru vstupuje při teplotě 278°C a na AZ zahřeje jen o 10°C a i to stačí na výrobu mnoha MW el. energie. Palivem pro tyto reaktory je UO_2 . Nádoba reaktoru má vnitřní průměr stěn 7,1m a je 21m vysoká, vyrobena je z uhlíkové oceli s nerezovou výstelkou a váží 1164t. Oběh vody uvnitř AZ zajišťuje 10 čerpadel. Energie vytvořená v AZ jede do jedné vysokotlaké turbíny a tří nízkotlakých. Reaktivita v bloku se řídí pomocí tří možností:

- Změna koncentrace kyseliny borité v chladícím médiu (dlouhodobé)
- Změna polohy řídících tyčí (tyče se zasouvají zespodu)
- Cirkulace vody v AZ (10 čerpadel vyšším průtokem se zvyšuje reaktivita)

Reaktory BWR jsou řízeny vždy od reaktoru (tj. že podle reaktoru se řídí turbína). Okamžité zastavení reaktoru se provádí pomocí pádu řídících tyčí do AZ a to z několika důvodů:

- Překročení 113% maximálního výkonu dané průtokem v AZ
- Pokles Hladiny pod 11m, nebo naopak zvýšení nad 14,5 m
- Zvýšení tlaku nad 7,87 MPa
- V případě zemětřesení
- Povelom operátora
- aj.

Pohyb řídících tyčí se zastavuje při 105% výkonu daného průtokem skrze AZ.

Reaktor udržuje ve stabilním stavu mnoho řídících a kontrolních zařízení, jedná se přede jen o jadernou elektrárnu

Jako prostředek pro naše pozorování a zkoušení jsme používali IAEA Generic Water Boiling Reactor Simulator pod dozorem ing. Dušana Kobylky Ph.D, který nám před samotným spuštěním simulátoru osvětlil některé stránky složité fyziky v reaktoru. Po té jsme se poprvé seznámili s počítačovým programem. Tento simulátor má mnoho funkcí, které věrně simuluji chování jaderného zařízení a jeho systémů.

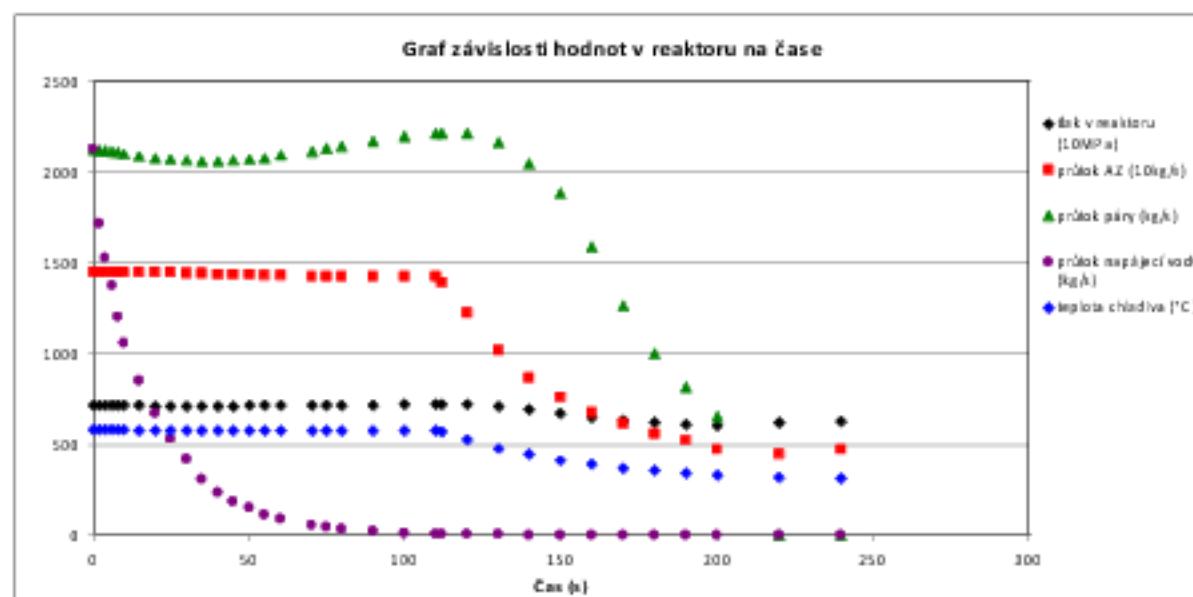
Simulátor

Simulátor je zařízení, jehož účelem je pomocí modelu navodit situaci která se blíží skutečnosti. Simulátorů je několik typů, určujícím faktorem je jejich realističnost fyzikální, druhým faktorem je jejich vzhled. Velice dokonalé simulátory jsou trenažéry, které slouží jednak k tomu, aby se pracovníci seznámili s prostředím, ve kterém budou pracovat, ale také k nácviku reakcí a pracovních postupů v jednotlivých situacích.

My jsem se podrobněji seznámili se simulátorem elektrárny s reaktorem ABWR. Na jednotlivých obrazovkách je kombinace grafické části ve které se zobrazují aktuální údaje, z nichž některé můžeme samozřejmě měnit ručně či nechat jejich řízení automaticky. K dispozici jsou také grafy, které nám umožňují sledovat, jak se která hodnota kde mění a dle toho případně podniknout určité kroky. Mezi nejdůležitější údaje, které musíme sledovat patří výkon reaktoru a turbíny, průtok aktivní zónou, průtok páry, průtok napájecí vody, tlak v reaktoru, hladina v reaktoru, teplota chladiva reaktoru a suchost páry. Každá z těchto hodnot je závislá na těch dalších a naším úkolem je udržet optimální hodnoty, aby nedocházelo k nežádoucím výkyvům, bylo tedy vše používáno jak bylo nejoptimálněji navrženo a tím se zaručila dlouhá životnost a nízká poruchovost.

Ztráta napájecí vody - obě pumpy selžou

Tato havárie je celkem závažná. Její příčinou je porucha obou pump, které se starají o přísun vody do reaktoru. Průběh této havárie je představen v podobě sledování několika údajů. Z grafu je vidět příčina - prudké snížení přítoku vody do reaktoru. Po 112s, kdy se většina hodnot pohybuje okolo normálu dojde vlivem zvýšeného tlaku v reaktoru k jeho odstavení. Následně začne klesat jeho tepelný výkon a postupně tedy i výkon turbíny, a klesají i další hodnoty.



Havarijní odstavení reaktoru

Při havarijném odstavení reaktoru se zasunou řídící tyče které začnou pohlcovat neutrony a tím se během asi 3 sekund sníží neutronový výkon reaktoru ze 100% pod 5% a dále klesá. Postupně se také snižuje tepelný výkon reaktoru (ochlazuje se) a ještě s větším zpožděním i výkon generátoru, protože se vypařuje méně páry. Velice pomalu se snižuje tlak v reaktoru i průtok vody aktivní zónou.

Selhání regeneračního ohrevu vody na přívodu do reaktoru

Při jakékoli poruše tohoto systému se ze začátku zdánlivě nic neděje, postupně dochází k pomalému zvyšování výkonu díky tomu že chladnější voda v reaktoru=kladnější reaktivita, automatické regulační systémy nastavené, aby držely výkon na 100%, udržovaly pomocí regulačních tyčí výkon okolo nastavené hodnoty a při dosažení 105%výkonu zasáhly a zabránily přetížení.

Shrnutí

Vyzkoušeli jsme si možnosti simulátoru jak v automatickém, tak v manuálním režimu řízení. Automatika je mnohem přesnější a dokáže regulovat několik věcí najednou a to i skokově, což manuálně možné nebylo. Automatika také v jakémkoli režimu při překročení stanovených limitů nekompromisně ukončí reakci a tím dojde k postupnému poklesu výkonu. Jak automatika funguje a co vše mohou operátoři nastavit, jsme si vyzkoušeli na simulátoru pro jaderné elektrárny typu ABWR, simulátor VVER 1000 nám tentokrát bohužel nebyl k dispozici. Ovládání elektrárny není jednoduché a automatika vám zhatí všechny pokusy způsobit velkou havárii, což je důležité pro bezpečnost nás všech.

Poděkování

Děkujeme FJFI ČVUT za organizaci fyzikálního týdne a KJR za poskytnutí výpočetní techniky a programového vybavení. Děkujeme také našemu supervizorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi, Ph.D. za teoretickou přípravu a ochotu věnovat nám svůj čas na konzultace, rady a odpovídání dotazů.

Reference:

http://cs.wikipedia.org/wiki/Jaderný_reaktor

<http://www.nrc.gov/reading-rm/basic-ref/students/reactors.html>

http://www.osel.cz/index.php?obsah=6&akce=showall&clanek=3531&id_c=98945

<http://www.jaderna-energie.cz/jaderný-reaktor.htm>

Prezentace o reaktorech na FJFI

Všechny internetové stránky jsme viděli dne 3. června 2008