

Simulace provozu JE typu VVER-440

Václav Potužák – Gymnázium Sokolov
Jan Petřík Gymnázium Chomutov
Jan Maloušek SPŠ Třebíč

Abstrakt:

Jaderná energie je v dnešním světě velmi významným zdrojem elektrické energie. K bezpečnému provozu je vyvinut propracovaný systém řízení. Vedle technického zabezpečení je jaderná elektrárna (JE) řízena i operátory, kteří jsou před vstupem do reálného provozu, školeni na simulátorech a později i na trenažérech. V rámci našeho miniprojektu jsme se seznámili s řízením JE typu VVER-440, která je v ČR provozována v JE Dukovany.

1 Úvod

JE funguje na principu přeměny jaderné energie převody přes další energie na energii elektrickou. Jaderná energie je uvolňována při štěpné jaderné reakci, která probíhá v aktivní zóně reaktoru.

Reaktor typu VVER-440 je řazen mezi tlakovodní reaktory, pro jehož provoz se používá palivo, obsahující 4% ^{235}U , neutrony jsou moderována lehkou vodou, která je zároveň i chladivem. V sekundárním okruhu jsou k jednomu reaktoru přiřazeny dva turbogenerátory, které dohromady poskytují výkon 440MW (pozn.: v JE Dukovany byl nedávno výkon navýšen na 500MW). [1]

2 Řízení provozu

Provoz a výkon reaktoru JE je řízen v rámci primárního a sekundárního okruhu, které se vzájemně ovlivňují. V rámci řízení primárního okruhu je regulován samotný výkon reaktoru pomocí RCS , za pomoci změny poloh regulačních kazet a změny koncentrace kyseliny borité. V sekundárním okruhu je řízena výroba elektrické energie v souladu s výkonem reaktoru. Regulace výkonu je řízena dvěma způsoby:

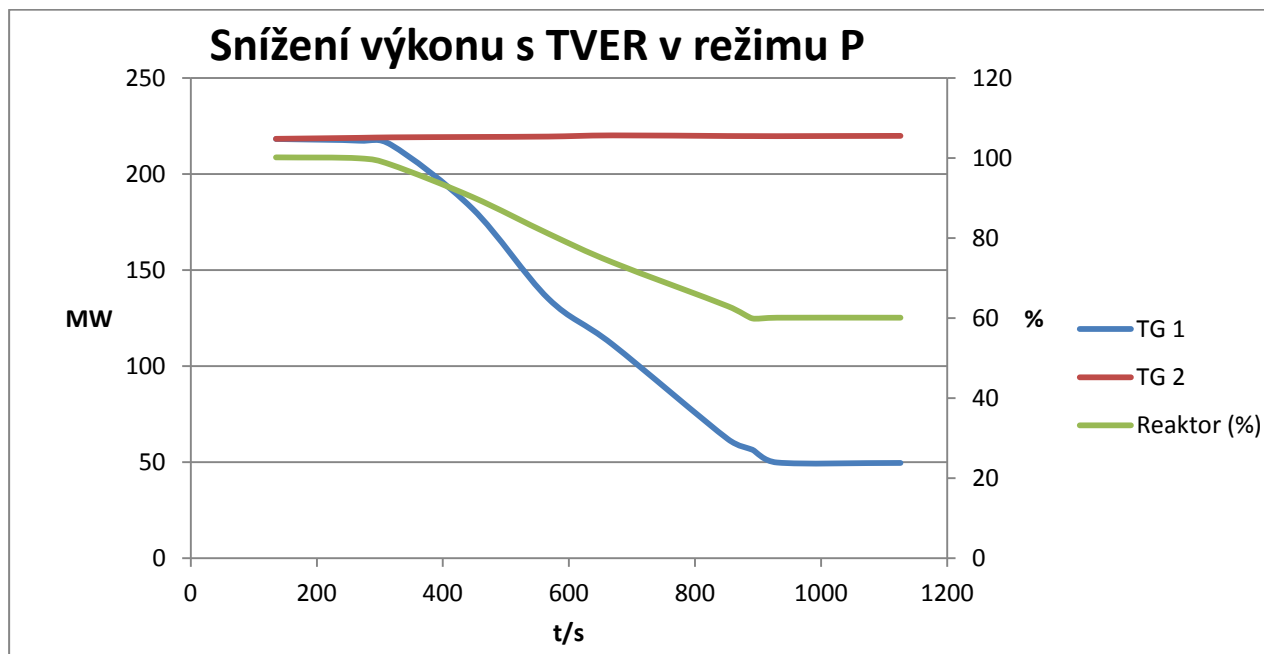
- 1) od PO (primární okruh) k SO (sekundární okruh), kdy je nastavován výkon reaktoru a sekundární okruh je automaticky regulován.
- 2) od SO k PO

V rámci našeho miniprojektu jsme používali simulátor SPVS-EDU, který relativně dobře simuluje fyzikální podstatu řízení reaktoru (vyjma některých situací). Ale na rozdíl od trenažéru neposkytuje skutečnou podobu blokové dozorny.

Na simulátoru jsme provedli několik simulací, které jsou běžné v reálném provozu JE jako snížení výkonu nebo plynulé odstavení turbogenerátoru (TG).

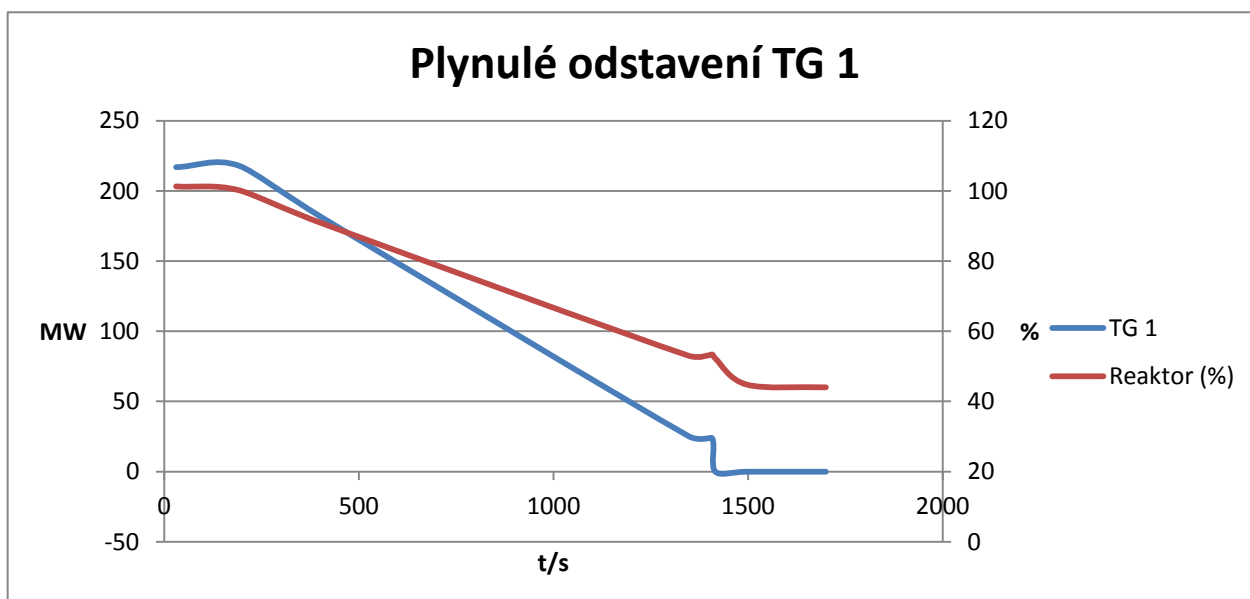
Snížení výkonu s TVER v režimu p (konstantní tlak v hlavím praním kolektoru):

Cílem této simulace bylo snížit výkon reaktoru na 60% nominálního výkonu. Snížení bylo provedeno od PO k SO, výkon reaktoru byl snižován postupným zasouváním regulačních kazet do aktivní zóny reaktoru, čímž došlo ke snížení počtu jaderných reakcí v palivu, což mělo za následek snížení tepelného výkonu reaktoru a snížení produkce páry v parogenerátorech. Sekundární okruh na tuto změnu reagoval snížením tlaku v hlavním parním kolektoru, čemuž se snažil zabránit systém TVER, který snížil průtok páry a tím opětovně navýšil tlak páry na počáteční hodnoty. Celou simulaci znázorňuje následující graf:



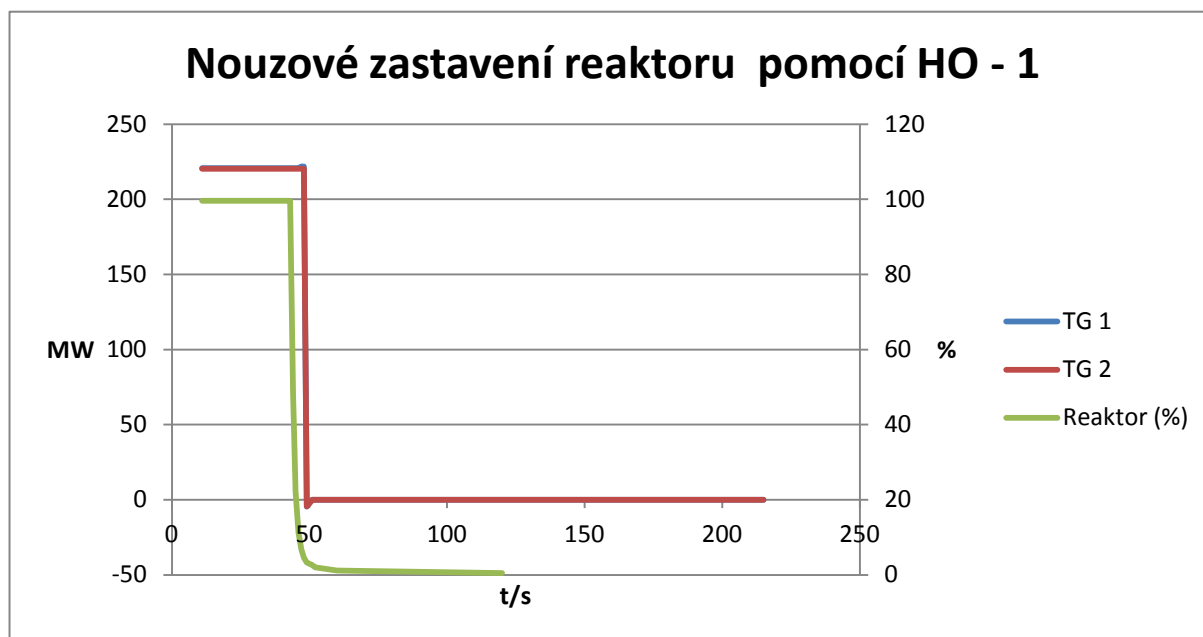
Plynulé odstavení TG:

Tato simulace si kladla za cíl plynulé odstavení jednoho z turbogenerátorů. Odstavení bylo řízeno od SO k PO, kdy byl postupně automaticky snižován výkon TG na minimální hodnotu výkonu (20MW), poté došlo k uzavěru ventilů parovodů k turbíně, a následnému odstavení TG. To mělo za následek zvýšení tlaku v hlavním parním kolektoru. Výkon reaktoru se postupně přizpůsoboval k odebíranému výkonu turbíny za pomoci systému RCS, který detekoval vyšší tlak v hlavním parním kolektoru a díky těmto informacím snížil výkon reaktoru aby se tlak opět navrátil na původní hodnoty. Celý proces popisuje následující graf:



Nouzové odstavení reaktoru (NO-1)

K demonstraci bezpečnosti provozu JE jsme provedli simulace nouzového odstavení reaktoru (HO-1), reaktor byl odstaven zasunutím havarijních kazet do aktivní zóny reaktoru, čímž došlo k zastavení primárních jaderných reakcí. Následně systém zareagoval automatickým odstavením TG a pára byla odvedena přímo přes přepouštěcí stanici do kondenzátoru, aniž by předala svoji energii turbínám.



Poslední simulace demonstruje bezpečnost provozu JE, u které bezpečnostní systémy dokáží uvést elektrárnu do bezpečného stavu i bez zásahu operátorů.

3 Shrnutí

V rámci miniprojektu jsme se seznámili s fungováním JE. V rámci simulací jsme se zaměřili na jaderný reaktor typu VVER-440 a naučili jsme se základní principy jeho řízení. Vyzkoušeli jsme si i několik nestandardních situací, u kterých jsme se přesvědčili, že bezpečnostní ochrany elektrárny situaci vždy vyřeší, i bez zásahu operátorů.

Poděkování

Děkujeme našemu supervizorovi Ing. Dušanovi Kobylkovi, Ph.D. za cenné rady, které nám pomohli k dokončení tohoto miniprojektu.

Reference:

[1] Technologie a zabezpečení | Jaderná energetika | Skupina ČEZ
URL: < <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderne-elektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html> > [citováno 19. června 2012]