

Operátorské a inženýrské trenažéry elektráren, elektrorozvodů a elektrizačních soustav (2)

Tento seriál se věnuje Operátorským a Inženýrským Simulačním trenažérům.

Prvním dílu jsme si popsali konfiguraci trenažerů a začali jsme rozebírat modelování subsystému parního kotle. V dnešním dílu v něm budeme pokračovat.

Modelování parního kotle

Základní informací pro vytvoření struktury operátorského simulačního trenažeru je schematický diagram procesu. Tento může být demonstrován na příkladu podsystému pro přívod napájecí vody („voda – pára“). Tato část struktury trenažeru OTS je na obr. 3, který představuje tzv. P&ID (Process & Instrumentation Diagram). V tomto diagramu jsou zakresleny všechny objekty, které jsou ovládány regulací nebo kde se něco měří.

Další modelované subsystémy jsou následující:

- dodávka vzduchu („vzduch – spaliny“),
- dodávka paliva – uhlí („podavač – mlýnský okruh“),
- přehříváky, společná parní sběrnice, parní turbína & generátor, atd.

Veškeré modelování je realizováno v prostředcích MATLAB-SIMULINK. Schéma modelu přívodu napájecí vody je na obr. 4, který odpovídá diagramu P&ID na obr. 3. Stavba modelu z knihovny „EnergySIM“ je jednoduchá a vytváří dojem, že probíhá kreslení modelu v prostředcích AutoCAD. Tímto „graficky orientovaným“ způsobem je specialista schopen sestavit model podle požadavků, aniž by bylo nutno do hloubky znát metody matematicko-fyzikálního modelování a programování.

Stručný popis funkcí jednotlivých modulů ukázaných ve schématu napájení („voda – pára“) – viz obr. 3, je následující. Napájecí voda je čerpána napájecím čerpadlem, které je modelováno jejími tlako-průtočnými charakteristikami. Napájecí voda je přehřívána ve dvou-
stupňovém vysokotlakém ohříváku VTO, kde ohřívacím médiem je pára. Horká napájecí voda může být mixována se studenou napájecí vodou z paralelní „studené větve“. Napájecí voda pak protéká dvěma seriově řazenými stupni primárních ekonomizérů (EKO I) a čtyřmi stupni sekundárních ekonomizérů (EKO II). Sekundární ekonomizéry mají speciální konstrukci a proto musí být modelovány dvěma moduly. Horká voda za primárními ekonomizéry je používána také pro vstřík do přehříváku pro regulaci teploty přehřáté páry. Tlaková napájecí voda, která je blízko hranice saturace, je čerpána do bubnu kotle a tam přeměněna v páru.

Proces vypařování je obtížně popsitelný [3], a pro vývoj modelu pro Operátorský trenažer

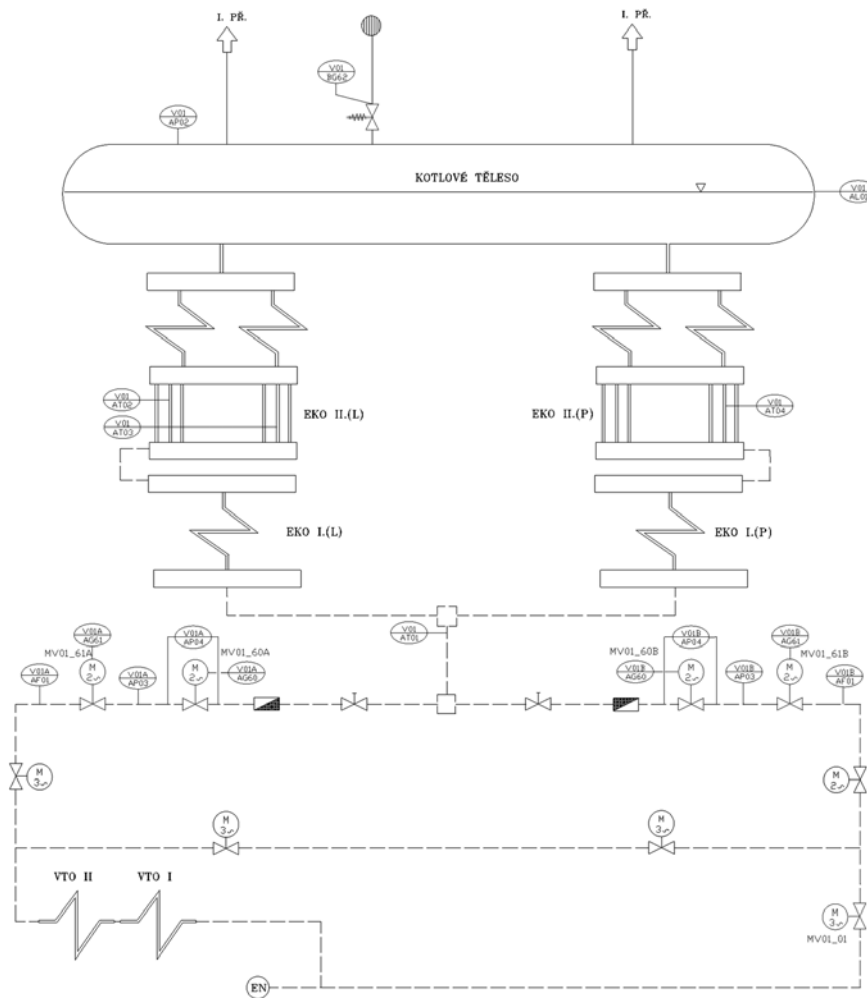
může být uvažován jeden z následujících modelů:

- jednoduchý model 2. řádu (bez uvažování jevu „swell and shrink/navření a smrštění“),
- modifikovaný model „Aström“ 4. řádu [1], popisující dynamiku bubnu kotle dostatečně jednoduše pro účely modelování, ale zároveň dostatečně přesně
- model vyššího n řádu, nutný pro realistické modelování jednotlivých přechodových jevů při specifických provozních podmínkách, jako např. rychlé změny zatížení, rychlé najetí kotle, klouzavé odstavení, havarijní odstavení [4].

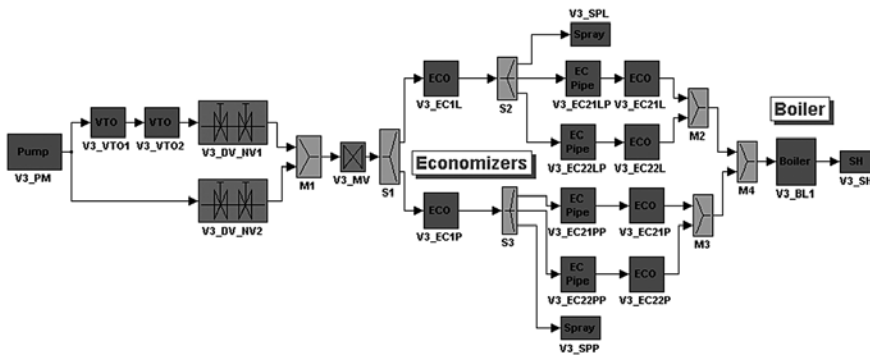
V modifikovaném Aströmově modelu musí být respektována skutečnost, že čas ve kterém

se vodní částice dostanou z počátku „stoupacích trubek“ na jejich konec při jmenovitém průtoku páry 250 t/h je roven $T_{DY} = 29,65$ s. Z tohoto důvodu nemohou být zanedbány změny hydraulických podmínek v trubkách, které mají toto časové zpoždění T_{DY} .

Průtok napájecí vody je regulován napájecím ventilem (NV) podle hodnoty vodní hladiny v bubnu, a diference tlaku na napájecím ventilu je regulována diferenčním ventilem (DV), který je v serii s ventilem NV. Všechny další ventily jsou uzavírací a jsou nutné pro přepínání mezi horkou a studenou napájecí větví. Tyto ventily jsou pochopitelně také modelovány, ale blíže je nepopisujeme. Blokový dia-



Obr.3 P&I Diagram pro přívod napájecí vody v tepelné elektrárně



Obr.4 Schéma pro přívod napájecí vody v MATLAB-SIMULINK (voda – pára)

ram napájecí vody je na obr. 4, kde každý popsaný prvek je realizován svým vlastním „blokově orientovaným“ modulem.

Konečným cílem společnosti NEUREG je vývoj modifikovatelného komplexního nelineárního modelu (komplexní knihovny modulů „EnergySIM“), který pokryje všechny „klíčové“ dynamické vlastnosti v celém výkonovém rozsahu bloku. Všechny moduly a modely byly vyvinuty na bázi SW maticového simulačního prostředí MATLAB-SIMULINK. Tvorba modelů z bloků knihovny „EnergySIM“ je snadná a modelování je blokově orientované a podobné jako konstruování v programech typu AutoCAD. Tímto způsobem je každý procesní inženýr schopen snadno vytvořit potřebný model bez dalších podrobných znalostí modelování a programování. Hlubší znalosti v tomto smyslu je myšlena například znalost tří základních zákonů zachování: energie, hmotnosti a momentu [2], a jejich aplikace na konkrétní energetické procesy.

Literatura

[1] ASTROM, K. J., BELL, R. D. (2000): Drum-boiler dynamics. *Automatica*, Vol. 36, 363 – 378.

[2] DOLEŽAL, R., VARCOP, L. (1970): *Process Dynamics – Automatic Control of Steam Generation Plant*, Elsevier, London.

[3] NEUMAN, P. (1997): *Engineering Simulator for Fossil Power Plant*. Preprint IFAC/CIGRE Symposium on Control of Power Systems and Power Plants, Beijing, China, 375-383.

[4] NEUMAN, P., POKORNY, M., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W. (2002): *Engineering and Operator Training Simulator of Coal-Fired Steam Boiler*. In: *Preprints of 10th International Conference MATLAB 2002*, Vol. 1, Prague, Czech Republic, 378-385.

[5] NEUMAN, P., POKORNY, M., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W. (2003): *Operator Training Simulator of Coal-Fired Power and Heating Units*. In: *Preprints of 11th International Conference MATLAB 2003*, Vol. 2, Prague, Czech Republic, 407-411.

[6] PŘÍVOZNÍK, M. (2003): *Trenažér kotle v EOP*, Zpravodaj EOP, a.s., číslo 4, prosinec 2003, str. 8.

[7] NEUMAN, P., POKORNY, M., TUŠLA, P., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W.: *Operátorské a dispečerské trenažéry elektrárenských a*

teplárenských bloků, rozveden a sítí pro Českou republiku. Sborník z 10. ročníku konference PODEBRADY 2005.

[8] NEUMAN, P., POKORNY, M., TUŠLA, P., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W.: *Možnosti vývoje a využití plnohodnotných „Low Cost“ operátorských a dispečerských trenažerů*. Sborník přednášek ze semináře č.9 Simulace a dynamické modelování procesů v elektrizační soustavě. Cyklus E 2005.

[9] NEUMAN, P.: *Dispečerský trenažér rozveden v EOP*, Zpravodaj EOP, a.s., číslo II, str.2, 2005.

[10] NEUMAN, P., POKORNY, M., TUŠLA, P., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W., VALENTA, O., TILGNER, J.: *Plnorozsahové dispečerské trenažéry, jejich přínos ke zvýšení spolehlivosti a bezpečnosti provozu technických zařízení elektráren*. *Energetika*, č. 8-9, (ročník 56) 2006, str. 261-265.

[11] NEUMAN, P., POKORNY, M., VARCOP, L., WEIGLHOFER, W., HRDLIČKA, P., ŠEBESTA, M.: *Operátorské a inženýrské trenažéry uhelných elektráren a tepláren*. *Automatizace*, č. 11, (ročník 49) 2006, str. 712-715.

Ing. Petr Neuman, CSc.
Ing. Marek Pokorný
Ing. Ludvík Varcop, CSc.
Ing. Willy Weiglhofer, Ph.D.

NEUREG, spol. p r o
e-mail: neumanp@volny.cz

46