

Operátorské a inženýrské trenažéry elektráren, elektrorozvodů a elektrizačních soustav (5)

Tento seriál se věnuje Operátorským a Inženýrským Simulačním trenažérům. V prvním dílu jsme si popsali konfiguraci trenažérů. Začali jsme rozebírat modelování subsystému parního kotle, parní turbíny, turbogenerátorů a pokračovali emulací řídicího systému a realizací HMI.

V dnešním závěrečném dílu se budeme věnovat využívání a provozním poruchám trenažérů.

5. Využívání trenažeru rozvodů

Trenažer rozvodů slouží pro simulaci normálních i poruchových provozních stavů se specifikovanými scénáři průběhů manipulace a havárií. Trénink dispečerů probíhá jak pro poruchové stavy, tak i v normálních provozních stavech. Trenažer lze využít i pro analýzu provozních stavů a přípravu provozu, při projektování a rozvoji SW informačních a řídicích systémů a také pro testování jejich programového vybavení.

Z hlediska typu trenažeru je realizován tzv. plnorozsahový trenažer typu replika s reálnými snímky SCADA – InTouch na monitorech, včetně emulovaného dispečerského panelu APEL.

Trenažer se skládá z následujících funkčních celků. Z reálného pracoviště dispečera s požadovaným počtem monitorů a snímků SCADA – InTouch, z pracoviště Instruktorů shodného také s pracovištěm dispečera, ale dále rozšířeného o specifické snímky SCADA – InTouch pro zadávání vybraných poruch. Hlavní funkcí práce Instruktorů je příprava a nastavování školicích scénářů a zadávání vybraných poruch do modelu rozvodů (realizovaných v SW prostředcích MATLAB-SIMULINK) a do emulovaného distribuovaného řídicího systému ZAT Plant Suite MP.

V trenažeru je použit typ modelu simulující nejen ustálené provozní stavy, numericky a graficky zobrazované v monitorovacím a řídicím systému InTouch, ale rovněž simulující pomalé dynamické změny, které dispečer rozlišuje s pomocí informačního a monitorovacího systému InTouch a také rychlé dynamické přechodové jevy, které dispečer identifikuje v systému InTouch podle důsledků těchto stavů, např. výpadek generátoru vlivem ochrany, vypnutí linek 110 kV, atp.

V souladu s funkčními celky trenažeru; obecně popsány v úvodu; členíme i jednotlivé SW balíky pro realizaci trenažerů.

Prvním je model rozvodny, který lze podrobněji popsat topologií zapojení rozvodny, včetně linek 110 kV, 10 kV, 6 kV, 0,4 kV a odboček, dle základního schématu provozovatele „Schéma rozvodů v EOP“. Dalšími submodely jsou generátory, simulující jak pomalé tak i rychlé přechodové dynamické jevy, ve kterých se uvažuje i vzájemné kývání rotorů a reálný proces regulace buzení. Modely blokových transformátorů, transformátorů vlastní spotřeby, všech spínačů/vypínačů, odpojovačů a motorů pak patří do další skupiny modelovaných zařízení.

Druhým je model řídicího systému, který u trenažeru typu replika je emulován rovněž v prostředcích standardního SW balíku MATLAB-SIMULINK. Model je sestaven komplexně se simulací všech zařízení, jevů a procesů, např. algoritmů řízení, vypínání, odpojování; blokády a ochrany; modelování dálkového měření a řízení; simulace komunikačního systému

Třetím je realizace poruch a poruchových scénářů, které mohou být na základě vyplnění zadávacího formuláře realizovány i bez přímé účasti Instruktorů s následným automatickým zaznamenáním a vyhodnocováním činnosti žáka dispečera. Programové vybavení pro realizaci školicích scénářů dovoluje definovat různé poruchové stavy v rozvodně, požadované podmínky provozních stavů a postupy, dle Provozních

předpisů elektrárny IPO, např. poruchy buzení generátoru, ztráta synchronismu, výpadek generátoru zkratem, zkraty jednopólové (působení OZ), zkrat blízký/svorkový, souměrný stav, nesouměrný stav, pokles napětí, pokles frekvence (např. ostrovní režim).

6. Provozní poruchy na trenažeru kotlů

Provozní manipulace je možno trénovat pro následující provozně trvalé nepřipustné stavy:

6.1. Nepřípustné stavy na napájecí vodě:

- 6.1.1. ztráta tlaku v napájecím systému
- 6.1.2. nadměrný diferenční tlak
- 6.1.3. teplota vybočující z mezí (uvnitř) skloněných trubek
- 6.1.4. ztráta těsnosti kotle

6.2. Poruchy ve vzduchovém traktu:

- 6.2.1. pokles tlaku na vzduchovém ventilátoru
- 6.2.2. velká spontánní nerovnováha na regulaci vzduchového ventilátoru
- 6.2.3. chybná funkce vzduchových klapek
- 6.2.4. pokles teploty za ohřívákem vzduchu II na jedné straně- netěsnost ekonomizéru II

6.3. Poruchy ve spalinovém traktu:

- 6.3.1. vypnutí kourového ventilátoru
- 6.3.2. vypnutí regulace kourového ventilátoru
- 6.3.3. chybná funkce klapek
- 6.3.4. rozdílné teploty spalin

6.4. Palivo a spalování jsou ovlivněny

- 6.4.1. vypnutím paliva k jednomu podávači
- 6.4.2. vypnutím paliva dvou podávači
- 6.4.3. vytavením pojistek, vysokým ampérickým zatížením podávače
- 6.4.4. poruchou regulace spalování
- 6.4.5. vypnutím podávače běžícího mlýna
- 6.4.6. vzrůstem teploty za mlýnem, požárem ve mlýně

6.5. Jiné závady jsou např. tyto:

- 6.5.1. vypnutí napětí 220 V, 380 V a 6 kV
- 6.5.2. zhasnutí plamene
- 6.5.3. vypnutí turbogenerátoru (TG)
- 6.5.4. značný pokles tlaku ve vysokotlakém parním kolektoru
- 6.5.5. blokování monitorovací a řídicí stanice InTouch
- 6.5.6. vypnutí regulačních skříní

6.6. Poruchy regulace teploty výstupní páry:

- 6.6.1. vzrůst teploty výstupní páry
- 6.6.2. vzrůst teploty páry na výstupu přehříváče IV
- 6.6.3. vypnutí automatické regulace teploty
- 6.6.4. nerovnováha teploty na levé a pravé straně kotle
- 6.6.5. pokles teploty přehřáté páry-přestřík

7. Závěry a přínosy

Z hlediska použití prostředků pro výpočet a modelování MATLAB-SIMULINK firmy MathWorks je průkazné, že jsou dostačující pro řešení náročného problému modelování a využití při vývoji simulačních trenažerů reálného času a to různých typů. V tomto smyslu mohou plně nahradit specifické SW prostředky, které byly vyvinuty společností zabývajícími se profesionálně dodávkou simulačních trenažerů, dosud pouze mimo Českou republiku (jde o firmy zahraniční), včetně trenažerů jaderných elektráren v zahraničí a v tomto případě i v České republice (firmy zahraniční a jedna česká). Takové prostředky jsou však několikanásobně dražší a neumožňují vyvinout a uvést do provozu trenažery vhodné a investičně akceptovatelné pro trh klasické energetiky v České republice, které jsou ve světě běžně označovány jako Low Cost Training Simulators.

7.1 Využití trenažeru bloku kotel-turbosoustrojí

Uvedené hodnocení je převzato z podnikového zpravodaje EOP [6].

Trenažer kotle G 250 EOP slouží k doškolení a výcviku operátorů bloku, tj topičů a strojníků. Je na něm možno procvičovat nestandardní provozní a poruchové situace, najíždění, odstavování a klouzavé odstavování bloku „kotel-turbína“ (vyžaduje namodelování i turbosoustrojí).

Pracoviště trenažeru se skládá ze stanice instruktora (z té je řízen výcvik a provoz) a ze dvou operátorských stanic kotlů pracujících do společné parní sběrný kotlů K3 a K4 (jde o věrnou kopii pracoviště operátora na SVEOP = Společný velín EOP).

Na odladování provozu trenažeru tak, aby jeho simulovaný provoz odpovídal skutečnému provozu, se podílela řada operátorů z řad nepřetržitého provozu. Bez jejich provozních zkušeností a využití archivačního ukládání provozních dat do systému AZTD a aplikace programu „Trend“ by nebylo možné modely pro simulaci provozu kotlů a turbogenerátorů řádně odladit.

K systému využívání trenažeru jsou zpracována pravidla, jsou vyškoleni instruktoři z řad vrchních topičů a mistrů kotelny. Po stránce SW a HW je garantem provozu trenažeru útvár MaR, po stránce provozování je garantem vedoucí kotelny a složiště. Výhodou je, že za předpokladu dohody s vedoucím kotelny nebo strojovny je přístup na trenažery možný pro pracovníky provozu v podstatě každý den.

Dle vyjádření směnových inženýrů a mistrů kotelny a strojovny lze označit přínos pravidelného výcviku operátorů na trenažeru za vysoce pozitivní, a to jak pro zácvik méně zkušených či nových pracovníků (zkracuje se tím zácvik na funkci I. topiče), tak pro výcvik již zkušených operátorů.

Počty provozních najetí a odstavování, zvláště klouzavých odstavování, se zmenšují čímž se pochopitelně ztrácejí praktické dovednosti operátorů. Taktéž procvičení řešení poruchových a nestandardních stavů není ani pro zkušeného operátora zbytečností. Pro nové operátory má nemalý význam i to, že si na trenažeru osvojí sled jednotlivých technologických snímků InTouch a práci s nimi (ovládání pohonů, armatur, klapky, nastavení regulačních obvodů atd.).

Podrobnější popis využívání trenažeru výrobních bloků a jeho přínosy jsou uvedeny rovněž v literatuře [11].

7.2 Využití trenažeru elektrorozvoden

Dispečerský trenažer rozvoden v EOP slouží k doškolení a výcviku manipulantů a dispečerů [9]. Na dispečerském trenažeru lze procvičovat všechny standardní i nestandardní manipulační funkce (např. odstavení generátoru, buzení generátoru a jeho přifázování k síti), činnosti strojníka a dispečera (např. najetí turbíny na otáčky, najetí generátoru na požadovaný výkon, režim v regulaci otáček, režim bez korektoru frekvence nebo provoz v dispečerském stupni). Z pracoviště instruktora jsou zadávány požadované poruchy typu jedno-, dvou-, či třífázových zkratů v různých místech rozvoden, poruchy činnosti ochrany, ale také porucha frekvence v síti, změna napětí na rozvodně 110 kV a ta-

ké změna spotřeby v síti 110 kV, resp. změna zátěžného úhlu. Podrobnější popis využívání trenažeru elektrorozvoden a jeho ekonomické a provozní přínosy jsou uvedeny v [9].

7.3 Obecné využití trenažerů

Výstavba a využívání operátorského a dispečerského trenažeru je dalším z kroků ke komplexnímu zvýšení spolehlivosti a životnosti technologických zařízení a ke zvýšení ekonomické efektivity dosažené prostřednictvím zvýšení úrovně teoretických znalostí a praktických dovedností manipulantů a dispečerů. Jedná se zejména o dovednosti v takových stavech a režimech, které se za provozu vyskytují zřídka a tudíž bez trenažerového výcviku by provozní obsluha ztrácela naucebné „automatismy“ v těchto činnostech. Je však nepochybné, že procvičení především složitých provozních, nouzových i havarijních situací na trenažeru je těžko nahraditelné při běžném provozu na dozornách a velínech elektráren a tepláren, i na dispečerských distribučních soustav.

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): *Trenažer 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 trenažery elektrárenských a teplárenských bloků, rozvoden a sítí pro Českou republiku*. Sborník z 10. ročníku konference PODĚBRADY 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 trenažer rozvoden 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.: *Plnohodnotné dispečerské trenažery, 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 trenažery 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

62