

Problematika zavádění metod RBI v tepelných elektrárnách

V článku jsou rozebrány některé aspekty implementace metod inspekcí RBI (Risk Based Inspection) do provozu elektrárny Pruněřov-II. Ve společnosti VÍTKOVICE ÚAM a.s. byl vytvořen počítačový program RIMaSys, který je zaměřen na zpracování dat z vybraných zařízení získaných z vizuálních prohlídek a nedestruktivních metod NDT. Lze doporučit, aby se další zavádění metod RBI opíralo o normy a metodické postupy zpracované týmem odborníků se zaměřením zejména na tepelné elektrárny.

ÚVOD

Metody inspekce RBI (Risk Based Inspection) jsou zaměřeny na určení skutečného stavu průmyslových provozních jednotek, jako jsou tlakové nádoby, výměníky tepla nebo potrubí. Inspekce je součástí údržby průmyslových podniků a jejím cílem je zachovat provozuschopný stav zařízení, nebo při poruše tento stav rychle obnovit. Z praxe je známo, že přibližně 20 % konstrukčních uzlů způsobuje 80 % provozních problémů. Z tohoto důvodu jsou provozní inspekce zaměřeny zejména na zařízení s problematickými konstrukčními uzly a naopak se omezují všude tam, kde je stav relativně bezproblémový. Tradiční provozní inspekce s pevnými intervaly prohlídek všech konstrukčních uzlů jsou nahrazeny kratšími intervaly v případě rizikovějších konstrukčních uzlů a v případě spolehlivých konstrukčních uzlů delšími intervaly. Z hlediska pravděpodobnosti havárie to v porovnání s původně plánovanými inspekce-mi vede ke zvýšení celkové bezpečnosti zařízení a k úspoře nákladů. Časové intervaly mezi kontrolami se stanovují na základě rizik selhání průmyslových provozních jednotek.

Původně se metody RBI začaly používat a rozvíjet zejména pro uskladňovací nádrže na ropu, zařízení rafinerií a petrochemický průmysl. Zavádění metod RBI do chemického a energetického průmyslu a letectví vyplývá ze snahy o snížení ekonomických nákladů při zachování celkové bezpečnosti. Obecně se předpokládá, že metody RBI jsou vhodné pro všechna technologicky významná zařízení a konstrukce, z norem a popisů je však znát původní orientace na ropný průmysl.

Problematika zavádění metod RBI v tepelných elektrárnách byla řešena ve společnosti Vítkovice ÚAM v rámci projektu VG20132015109 s názvem: „Zvýšení prevence proti závažným haváriím energetických celků pomocí metod inspekce a údržby založených na základě rizika ve spojení s metodami diagnostického sledování životnosti.“ Hlavním výstupem projektu je software RIMaSys, zaměřený na usnadnění plánování a optimalizaci inspekcí vybraných zařízení elektrárny Pruněřov-II. Zkušební implementace do provozu EPR-II je plánována koncem roku 2015. V článku jsou popsány některé aspekty a zkušenosti řešitelského týmu

při zavádění metody RBI v tepelné elektrárně Pruněřov-II.

METODY RBI

Inspekce a údržby se plánují v závislosti na míře rizika plynoucího ze selhání průmyslových provozních jednotek. Statisticky je riziko $R = p_f \cdot C$ součin pravděpodobnosti vzniku nepříznivé události a očekávané škody při vzniku nepříznivé události. Spolehlivost $p_s = 1 - p_f$ je pravděpodobnost, s jakou k nepříznivé události nedojde. Riziko se stanoví s ohledem na technický stav

		Kategorie závažnosti následků			
		1	2	3	4
Kategorie pravděpodobnosti nepříznivých událostí	A	NIZKÉ	VYSOKÉ	EXTREMŇNÍ	EXTREMŇNÍ
	B	NIZKÉ	STŘEDNÍ	VYSOKÉ	EXTREMŇNÍ
	C	ZANEDBAT	NIZKÉ	STŘEDNÍ	VYSOKÉ
	D	ZANEDBAT	ZANEDBAT	NIZKÉ	STŘEDNÍ

Obr. 1 – Matice rizika



Obr. 2 – Elektrárna Pruněřov II, oblast kotelny

daného zařízení a předpokládanou rychlost degradace hlavního degračního mechanismu. Přesnost výpočtu rizika je funkcí metodiky analýzy, kvality údajů a konzistence provedení. Na pravděpodobnost poruchy, a tím i na riziko havárie má vždy vliv stáří zařízení. Citlivostní analýza je jedním z nástrojů, které identifikují ty faktory, které jsou z hlediska pravděpodobnosti poruchy dominantní a na které je třeba zaměřit největší pozornost [1]. Podle způsobu analýzy a výpočtu rizika se metody RBI dělí na kvalitativní, kvantitativní a semi-kvantitativní.

Kvantifikace rizika průmyslových činností se nejčastěji vyjadřuje pomocí očekávaných četností nežádoucích následků, přičemž v širším pojetí mohou být zahrnuty rizikové profily zahrnující úmrtí, zranění, dopady na životní prostředí, zdravotní rizika a finanční dopady. Kvantitativní přístup analýzy rizika používá pro popis následků havárie číselně vyjádřené hodnoty pravděpodobnosti. Kvantitativní přístup hodnocení technického stavu či míry poškození konstrukcí nebo zařízení předpokládá existenci a zajištění velkého množství kvantitativních dat relevantních pro posouzení mezních stavů systému, což může být ekonomicky náročné.

Kvalitativním přístupem se hodnotí největší počet komponent zařízení. Kvantitativním přístupem se vzhledem k celkovému počtu komponent hodnotí nejmenší počet nejdůležitějších komponent zařízení. Komponenty střední důležitosti se hodnotí pomocí semi-kvantitativního přístupu.

Kvalitativní metodika RBI je založena na vizuálních prohlídkách, na přístupu vyhodnocování pochůzkového programu. Sestavují se kontrolní listy, určují se kritická místa a vypracovává se pochůzkový formulář. Neurčitost klasifikace se postihuje tzv. „fuzzifikací“ známkování. Fuzzifikace známek hodnocení a následná fuzzy analýza zohledňují problémy spojené se subjektivitou hodnocení, a tedy neurčitostí, která je jiného než náhodného charakteru, například pokud je vyžadována přesná odpověď na neurčitou otázku.

Výstupy vyhodnocené kvalitativní metodou RBI jsou obvykle prezentovány s pomocí tzv. matice rizika, viz obr. 1. Matice rizika používá při posuzování rizik diskrétní kategorie závažnosti nežádoucích následků vs. kategorie pravděpodobnosti nepříznivých událostí. Jedná se o jednoduchý mechanismus ke zlepšení viditelnosti a transparentnosti rizik pomáhající managementu při rozhodování.

Poznamenejme, že při použití metodiky typu RBI křivka závislosti rizika na nákladech leží pod křivkou rizika tradičních provozních inspekcí. To proto, že přibližně 80 % konstrukčních uzlů může být a je posuzováno kvalitativně.

INFORMAČNÍ A DIAGNOSTICKÉ SYSTÉMY V TEPELNÝCH ELEKTRÁRNÁCH

Tlakový systém kotle je za provozu monitorován a řízen automatickými řídicími a ochrannými systémy elektrárny. Opravy



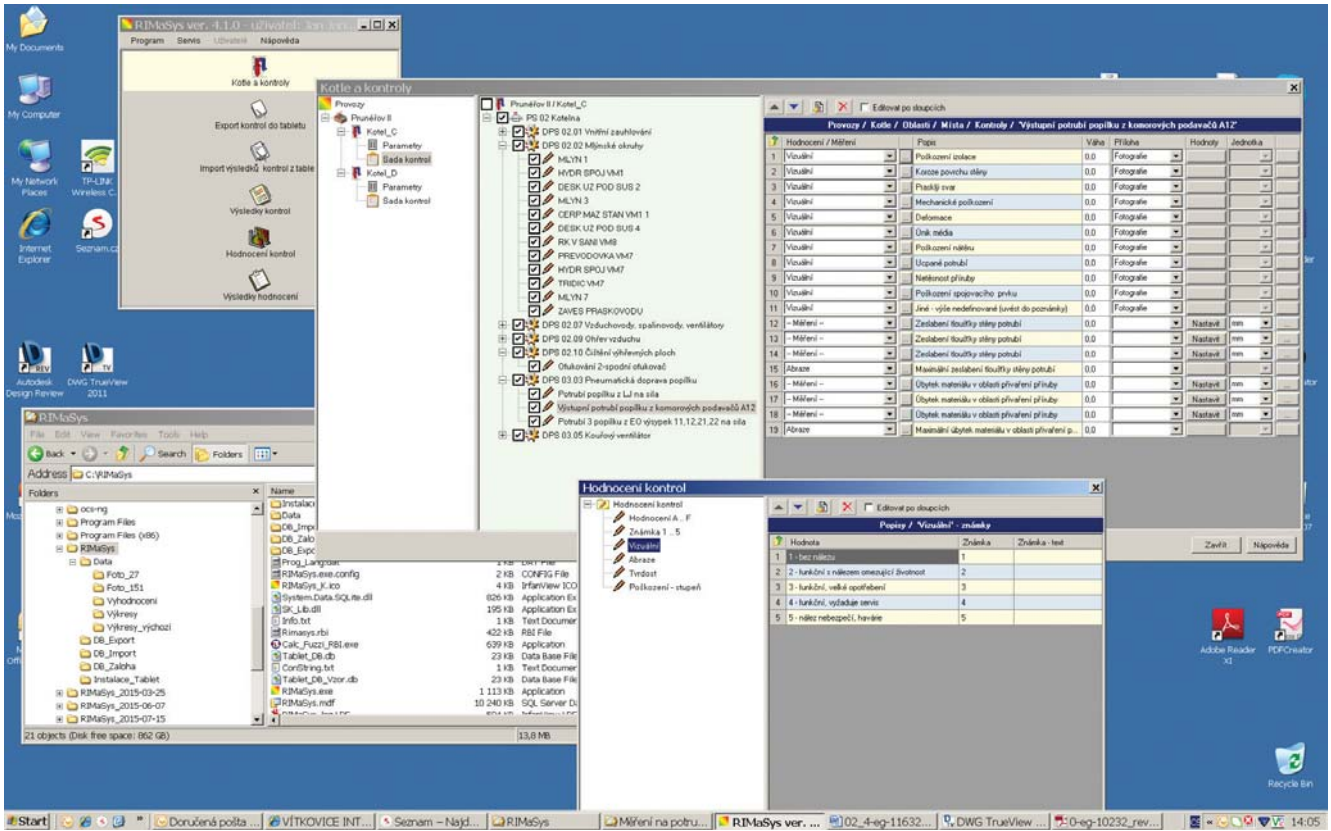
Obr. 3 – Potrubí páry k bifluxu, dokončování izolace



Obr. 4 – Šikmý přechod trubek MeS boční stěny výparníku v oblasti sušek



Obr. 5 – Popílkovody vybrané pro inspekce RIMaSys, sledování vlivu abrazie



Obr. 6 – Plánování kontrol – RIMaSys na PC

a cílené inspekce jsou za běžných okolností plánované na dobu odstávky bloku.

V tepelných elektrárnách se dlouhodobě využívají informační systémy o provozu a spolehlivosti výrobních bloků. Např. firma ORGREZ Brno už v r. 1973 vyhodnocovala na samočinném počítači údaje zdokonaleného informačního systému o provozu a spolehlivosti [3]. Funkční celek parního kotle byl rozčleněn na spolehlivostní blokové schéma podle účelu použití na a) tlakový systém kotle; b) spalínový trakt; c) vzduchový trakt; d) hořáky, ohniště a zabezpečovací zařízení; e) příprava a dodávka paliva; f) napájecí soubor; g) odstrukování a odpovídání; h) ostatní zařízení kotle.

Nejporuchovější částí kotle je obvykle jeho tlakový systém a rozhodující poruchovost tlakového systému tvoří zpravidla poruchovost přehříváků a ohříváků napájecí vody (EKO). První stupně ohříváku EKO bývají postiženy erozí v důsledku vyšlehávání trubek popílkem a opotřebením korozí. Erozi jsou také namáhány trubkové hady výstupního přehříváku. Přehříváky a přihříváky páry bývají namáhány nerovnoměrným prouděním páry v trubkách a nerovnoměrností teplot stěn vlivem nerovnoměrného teplotního pole ohniště. Zálohováním zařízení jako jsou mlýny a napáječky se zvyšuje spolehlivost celku.

Společnost ČEZ, a.s., využívá pro OFF-LINE diagnostiku tlakového celku software DIALIFE 2.2, který vznikl modifikací DIALIFE 0.19.2. Použití na kotlech K23 a K24 obnovené elektrárny Tušimice II v souvislosti s poškozením trubek výstupních přehříváků z materiálu X6CrNi-Mo17-13 (AISI 316), na jejichž vnitřním povrchu

se vytvářely oxidické vrstvy, prokázalo nutnost zpřesnění matematických popisů poškození materiálů zařízení kotlů. V roce 2010 ve společnosti VÍTKOVICE ÚAM, a.s., byl zahájen rozvoj nového monitorovacího a diagnostického systému MDSYSTEM. DIALIFE 0.19.2 byl rozvíjen pod vedením Vejvody [4] a stejně tak je rozvíjen MDSYSTEM.

V souladu s metodikou RBI byl vyvinut například systém ARPO – Algoritmus stanovení rizik, predikce a obnov [4]. ARPO ve spojení se systémem správy znalostí (SSZ) a s datovým úložištěm provozovatele obsahujícím údaje o provozu, spolehlivosti a údržbě jednotlivých zařízení při volitelném riziku provozu provádí analýzy dostupných vstupů a plánování termínů oprav a obnov s respektováním finančních i technických možností provozovatele.

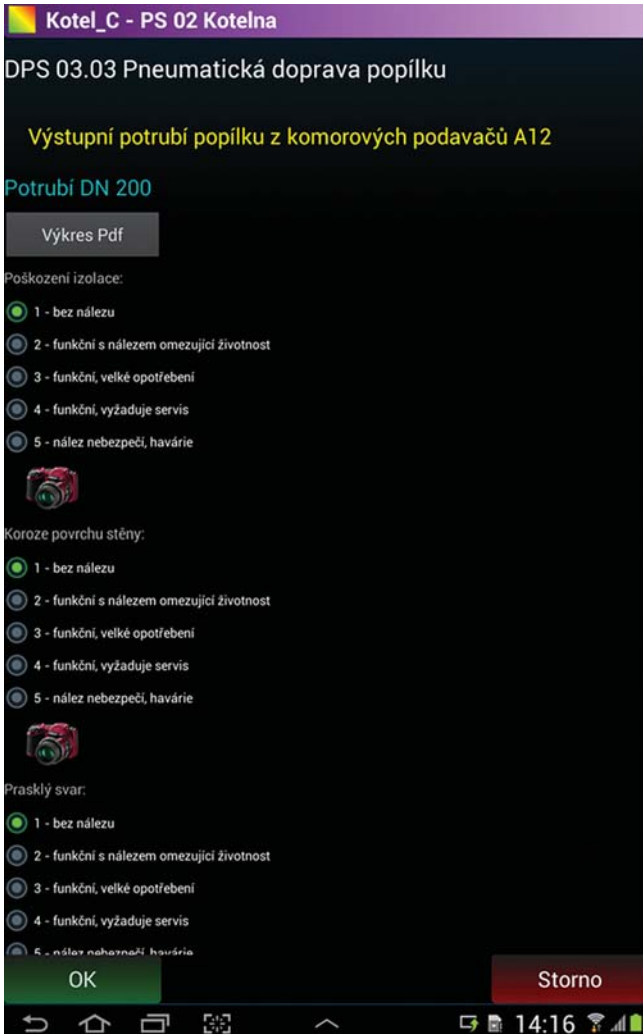
ELEKTRÁRNA PRUNĚŘOV-II

Elektrárny Pruněřov I a Pruněřov II patří mezi organizační jednotky energetické společnosti ČEZ, a.s. Elektrárny Pruněřov jsou tepelné kondenzační elektrárny spalující hnědé energetické uhlí z přílehlého dolu Libouš. Společnost VÍTKOVICE POWER ENGINEERING, a.s., v rámci projektu komplexní obnovy elektrárny Pruněřov II dodala tři kotle o výkonu 250 MWe. Součástí dodávky VPE jsou ještě dodávky elektrostatických odlučovačů (EO), kouřovodů, kouřových ventilátorů a pneumatické dopravy popílku a technologie odsunu strusky včetně struskových sil a popílkových sil. Na obr. 2 až obr. 5 jsou prezentovány vybrané komponenty elektrárny Pruněřov II, u nichž by riziko havárie mělo být

a je sledováno. Je však zřejmé, že sledování rizika havárie například potrubí páry k bifluxu (obr. 3) nebo trubek membránových stěn (MeS) výparníku (obr. 4) pouze na základě vizuálních prohlídek RBI nemůže být postačující. Pro inspekce pomocí systému RIMaSys byly vybrány proto například kovové úseky potrubí popílkovodů (obr. 5), kde lze sledovat a při použití metod NDT kontrolovat zeslabení tloušťky stěny abrazí.

Systém RIMaSys

Systém RIMaSys pro vybraná zařízení EPR-II využívá kvalitativní metody RBI. Výpočet rizika se děje na podkladě zejména vizuálních prohlídek a využití nedestruktivních metod NDT. RIMaSys zohledňuje členění každého výrobního bloku elektrárny na provozní soubory (PS), dílčí provozní soubory (DPS) a užívá zavedený systém jednotného značení všech komponent elektrárny kódy KKS (Kraftwerk Kennzeichen System). Výběr sledovaných míst, jako například popílkovody na obr. 5, zohledňuje provozní zkušenosti z dřívě obnovené elektrárny Tušimice – II. Na obr. 6 je ukázána obrazovka PC během plánování kontrol. Systém RIMaSys je přizpůsoben provozu elektrárny a kontroly vybraných zařízení lze provádět i za provozu. Naplánovaná data a výsledky kontrol jsou zaznamenávány na zařízení typu tablet. Ukázka obrazovky RIMaSys na tabletu během kontroly částí kotlů je možno zahrnout do RIMaSys formou propojení s diagnostickým systémem MDSYSTEM.



Obr. 7 – Obrazovka RIMaSys na tabletu během kontroly popílkovodu na EPR-II

HODNOCENÍ KONTROL A MATICE RIZIKA

Uplatňování rizikových matic má nejenom přednosti, ale i některé pozoruhodné slabiny dané zejména nesprávnou interpretací matice rizika. V poslední době se začínají objevovat publikace, které se snaží tento problém diskutovat a řešit [8, 9]. První otevřeně kritický přezkum byl publikován v [8]. Autor poukázal na dosud nepostačující výzkum, který se věnoval skutečnému ověření významu aplikovaných metod analýzy rizik pro skutečné zlepšování rozhodnutí týkajících se řízení rizik. Článek [8] ukázal, že typickými maticemi rizika může být správně a jednoznačně porovnána pouze malá část (přibližně méně než 10 %) náhodně vybraných dvojic nebezpečí. Běžně používaná redukce kategorií rizika do jednoho rozměru může chybně přiřadit stejné hodnocení dvěma

kvantitativně velmi odlišným rizikům. Matice rizika může omylem přiřadit vyšší kvalitativní hodnocení kvantitativně menšímu riziku. Omezení popsaná v [8] naznačují, že matice rizik by měly být používány s velkou opatrností a pouze společně s pečlivým vysvětlením vstupních dat a použitých procedur.

ZÁVĚR

Metody RBI byly primárně vyvinuty pro optimalizaci inspekčních a údržbářských prací, která se snaží předejít možné ztrátě úniku média. Při zavádění metod RBI v tepelných elektrárnách bylo v rámci aplikovaného výzkumu dosaženo zřetelného pokroku, nicméně je třeba ještě překonat mnoho dosud opomíjených a neznámých úskalí. Zejména lze doporučit, aby se další zavádění metod RBI opíralo o normy a metodické postupy zpracované týmem odborníků se zaměřením přímo na tepelné elektrárny. Plánování kontrol a údržby v tepelných elektrárnách směřuje z finančních i provozních důvodů tradičně do doby odstávky kotlů. Strategie údržby při aplikování metod RBI směřuje naopak k plánování kontrol a tím i doby odstávky kotlů [7]. Tento rozpor je třeba vyřešit. Dle našeho názoru optimálním řešením je přizpůsobení aplikace metod RBI provozu tepelných elektráren.

PODĚKOVÁNÍ

V příspěvku jsou prezentovány výsledky projektu výzkumu, vývoje a inovací VG20132015109 řešeného za finanční podpory Ministerstva vnitra České republiky.

LITERATURA

- [1] Saltelli, A., Chan, K., Scott, E.M. 2004. Sensitivity analysis. Wiley series in probability and statistics, New York: John Wiley and Sons. 475 p.
- [2] VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.: Komplexní obnova elektrárny Pruněřov II, základní technické údaje a schémata.
- [3] Černý V., Hrdlička L., Janeba B., Karták J., Pikman M.: Parní kotle a spalovací zařízení, SNTL Praha 1975
- [4] Vejvoda S., Strnadel B., Bystrianský J., Vrba M., Hermanová Š., Halamíček Z. Nové přístupy navrhování energetických zařízení a ocelových konstrukcí s vysokými užitnými parametry. Závěrečná zpráva projektu FR-TI1/086. Zpráva VÍTKOVICE ÚAM a.s, arch.č. V2988/12, Brno, prosinec 2013
- [5] API 572, Inspection Practices for Pressure Vessels, 3rd. Ed., 2009
- [6] API 580, Risk Based Inspection, recommended practice, 1st. Ed., 2002
- [7] API 573, Inspection of Fired Boilers and Heaters, recommended practice, 2nd. Ed, 2003
- [8] COX, LA. What's wrong with risk matrices?, Risk Analysis, 28(2), 2008, pp. 497–512, ISSN:0272-4332.
- [9] LEVINE, E.S. Improving Risk Matrices: The Advantages of Logarithmically Scaled Axes, Journal Risk Research, 15 (2), 2012, pp.209–222.

**Ing. Zdeněk Ramík, Prof. Ing. Stanislav Vejvoda CSc.,
Vítkovice ÚAM,
Prof. Ing. Zdeněk Kala Ph.D.,
VUT Brno, Fakulta stavební**

Problems of Application of RBI Approach in Thermal Power Plants

In the present paper, some aspects of the implementation of RBI (Risk Based Inspection) methods into the working operation of the power plant of Pruněřov – II are discussed. In the company VÍTKOVICE ÚAM, a computer programme RIMaSYS was developed which is aimed at the data processing of selected facilities obtained both from the visual inspection and non-destructive NDT methods. It can be proposed that further application of the RBI methods would be based on standards and methodology procedures prior elaborated by the team of specialists oriented to thermal power plants.

Вопросы введения методов RBI в тепловых электростанциях

В статье обсуждаются некоторые аспекты введения методов проверок RBI (Risk Based Inspection - Инспекция на основе риска) в эксплуатацию электростанции Pruněřov-II. В компании VÍTKOVICE ÚAM a.s. была создана компьютерная программа RIMaSys, которая ориентирована на обработку данных из выбранных устройств, полученных методом визуальных инспекций и неразрушающих методов NDT (неразрушающего контроля). Можно рекомендовать, в целях дальнейшего введения методов RBI, чтобы поддержались стандарты и методические процедуры, обработанные группой экспертов, в частности, на тепловые электростанции.