

Technická prognostika v kontextu prediktivní údržby

Miroslav Krupa

Údržba podle stavu, neboli prediktivní údržba, se dostává do popředí zejména v posledních dvou dekádách a nahrazuje konvenční strategie údržby. Hlavními hybnými faktory této změny jsou zejména výrazné úspory provozních nákladů, snaha o zvýšení spolehlivosti komplexních zařízení a rovněž rozvoj v oblasti vestavných systémů. Prediktivní údržba je založena na trvalém sledování zařízení, vyhodnocování jeho stavu a využívá metod technické diagnostiky a prognostiky. Příspěvek seznamuje čtenáře s obecnými metodami údržby a s principy prediktivní údržby a technické prognostiky.

Condition based maintenance is coming to the fore especially in recent two decades as it is replacing conventional maintenance strategies. The main drive factors of this change are particularly significant savings in operating costs, the effort to increase the reliability of complex systems and development in embedded systems. Predictive maintenance is based on continuous device monitoring, evaluating its condition and uses of technical diagnostics and prognostics methods. The paper aims to familiarise the reader with the general methods of maintenance and principles of predictive maintenance and prognostics as well.

1. Úvod

Funkceschopnost a spolehlivost technických zařízení významně ovlivňují provozní náklady a bezpečnost moderních systémů po celou dobu jejich provozního života. Různé formy diagnostikování stavu a údržba zařízení probíhají neustále všude okolo nás v každém odvětví lidské činnosti, počínaje těžkými strojními zařízeními (přístavní jeřáby, důlní zařízení), přes leteckou techniku, automobily až po jemná biotechnologická zařízení. Provoz každého zařízení, jehož selhání může způsobit škody na zdraví, životech nebo majetku, vyžaduje určitou formu sledování monitorování, diagnostiky a údržby.

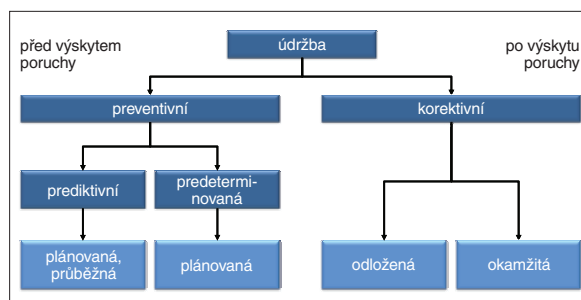
Konvenční strategie údržby technických zařízení a systémů je možné rozdělit do dvou základních skupin, a to na *korektivní* a *preventivní*. Korektivní údržba (*corrective maintenance*) systému je založena na principu uskutečnění zásahu až po selhání zařízení (např. výměna vadného ventilu, výměna prasklého řemenu, výměna nefunkčního senzoru apod.) [1]. Principem preventivní údržby (*preventive maintenance – PM*) je naopak včasný zásah (výměna komponenty) v oblasti známých běžně se vyskytujících selhání. Preventivní údržba se nejčastěji dělá podle předem zadaných časových rozvrhů, popř. na základě objektivních ukazatelů přesně určených a vytvořených analýzou spolehlivosti a na základě empirických dat z minulosti. Takováto údržba je označována jako předem determinovaná (*predetermined maintenance*). Jako příklad uveďme výměnu ventilu po určitém počtu provozních cyklů, výměnu rozvodového řemenu po ujetí stanoveného počtu kilometrů, výměnu lopatek kompresoru proudového motoru po uplynutí stanovené doby

ženy k době provozu zařízení [2]. To dokazuje, že preventivní, předem determinovaná údržba založená na časovém plánu nepřináší vždy očekávaný efekt a navíc může být velmi nákladná. Je patrné a všeobecně je uznáváno, že konvenční strategie údržby nenaplnují potřeby údržby komplexních a velmi nákladných průmyslových zařízení a systémů. Uveďme jako výrazný příklad automobilový a letecký průmysl, kde pro provozovatele daných zařízení (automobilový dopravci, letecké společnosti) jsou minimální provozní náklady alfa a omegou udržení se v silném konkurenčním boji.

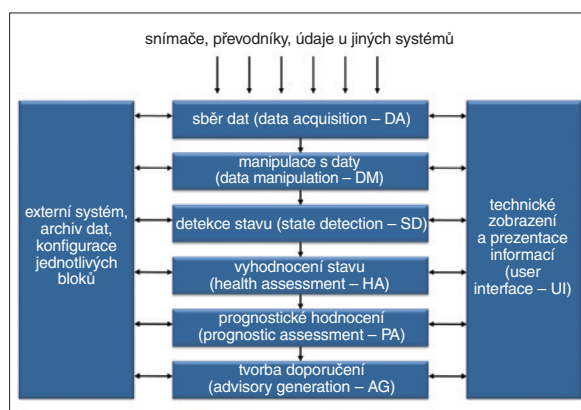
Nejvhodnější alternativou konvenčních metod údržby se jeví být údržba podle technického stavu zařízení (*condition based maintenance – CBM*), braná jako další podskupina preventivní údržby [2], [3], [14]. Metoda CBM využívá k určení funkčního stavu zařízení vestavné (*embedded*) diagnostické a prognostické nástroje. Na základě údajů o stavu zařízení lze odvozovat, popř. předvídat úroveň degradace daného zařízení a z ní usuzovat na jeho případné blízké selhání a rozhodnout se pro tzv. prediktivní údržbou (*predictive maintenance*). Pojmy *prediktivní údržba* a *údržba podle stavu* jsou zejména v české literatuře často zaměňovány. Pro zjednodušení jsou tudíž i v tomto článku považovány za ekvivalentní.

Jako příklad systémů spadajících do široké oblasti CBM zde uvedme zařízení typu HUMS (*Health and Usage Monitoring Systems*), kde jedním z typických představitelů je systém pro sledování a analýzu vibrací rotorových listů helikoptér

s bezprostředním návrhem nápravné akce a následnou minimalizací těchto vibrací. Tento postup má v konečném důsledku pozitivní dopad na životnost celé helikoptéry, kde zvláště mechanická konstrukce vibracemi velmi trpí. Zavedení podobného systému vždy znamená poměrně velkou vstupní investici, která se však za dobu provozu zařízení s rezervou vrátí.



Obr. 1. Přehled typů údržby (volně podle EN 13306 [14])



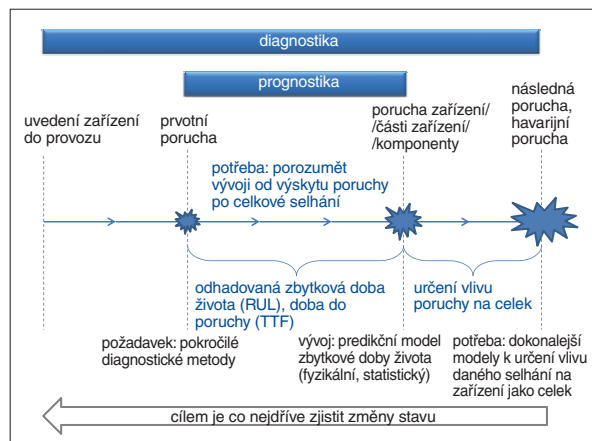
Obr. 2. Zpracování údajů a tok dat v systémech CBM podle normy ISO 13374

provozu. Preventivní údržba sice významně zlepšuje spolehlivost a dostupnost a zachovává funkční schopnosti technických zařízení, ale naproti tomu významně prodražuje provoz zařízení, protože často jsou vyměňována zařízení či komponenty dlouho před vyčerpáním jejich fyzické životnosti. Průzkumy v minulosti navíc ukázaly, že příčiny vážných selhání zařízení mnohdy nejsou vůbec vzta-

Dalším příkladem je použití systému CBM na větrných elektrárnách umístěných v pobřežních vodách [4]. V důsledku povětrnostních jevů (kroupy, blesky) či případných kolizí s ptáky vznikají v materiálu (nejčastěji sklolaminát) listů rotoru elektrárny praskliny a zlomy. Praskliny, nejsou-li opraveny speciálními technikami (výplň lepidlem, záplata), se postupně šíří a po čase je nutné vyměnit celý list. Výměna je poměrně nákladná a na-

Centered Maintenance), kombinující především preventivní predeterminovanou a prediktivní údržbu [1]. Snahou je dosáhnout maximální spolehlivosti technologického zařízení při minimálních nákladech.

Kodifikovaný přehled metod údržby je uveden na obr. 1. Základní vlastnosti hlavních metod údržby jsou pro porovnání shrnuty v tab. 1.



Obr. 3. Vývoj poruchy v čase podle [12]

víc může trvat až dvacet dní, kdy je elektrárna mimo provoz, a tudíž vznikají ztráty z ne-realizované výroby. Jestliže se ovšem použije monitorovací systém, v daném případě infračervená termografie a ultrazvuková diagnostika, lze případnou prasklinu včas zjistit a poté opravit dříve, než dojde k nenávratnému poškození listu a nezbytné nákladné výměně.

Oblasti CBM je v poslední dekádě věnována mimořádná pozornost. To neznamená, že konvenční přístupy zůstávají opomenuty, přesto však je patrný jejich ústup do pozadí, popř. jsou metody údržby kombinovány. Velká pozornost je také věnována optimální údržbě a tzv. proaktivní údržbě – spolehlivostně orientované údržbě RCM (Reliability

sledného zpracování, vyhodnocení a prezentace. Návaznost jednotlivých bloků zpracování dat v systémech prediktivní údržby vycházejících z normy ISO 13374 je ukázána na obr. 2.

Základními pilíři metody CBM jsou technická diagnostika (bloky DA, DM, SD a HA z obr. 2) a technická prognostika (blok PA z obr. 2), které hrají klíčovou roli při zlepšování bezpečnosti, při plánování údržby a při předcházení nečekaným odstávkám zařízení. Úkolem technické diagnostiky je zjišťovat aktuální stav zařízení, což zahrnuje vedle detekce poruch zařízení i detekci jeho drobnějších anomálií. K tomu jsou využívány různé techniky měření. V poslední době jsou roz-

výjeny zejména bezkontaktní a nedestruktivní měřicí metody a k nim příslušné způsoby zpracování a interpretace měřicích signálů. Technická diagnostika je již zavedený poměrně široký interdisciplinární obor – viz např. [9], [12].

Technická prognostika je ve vztahu k technické diagnostice vnímána jako přidaná hodnota. Při spojení diagnostických a prognostických metod jsou odborníci schopni nejen usuzovat na současný stav zařízení, ale zároveň, na základě známé degradace jednotlivých komponent, znalosti provozních podmínek, výskytu chybových stavů atd., s určitou přesností predikovat zbývající dobu provozního života zařízení.

2. Technická diagnostika a prognostika v systémech CBM

2.1 Struktura systémů CBM

Problematiku CBM a zejména kompatibilitu různých komponent (bloků) tohoto systému se snaží zformalizovat a standardizovat norma ISO 13374, která obsahuje základní požadavky na specifikaci softwarových produktů a vytváří prostředí umožňující předávat naměřené či jiné údaje ze sledovaných strojů způsobem nezávislým na platformě včetně jejich následného zpracování, vyhodnocení a prezentace.

2.2 Technická prognostika

2.2.1 Základní pojmy

Jak se vzájemně doplňují technická diagnostika a technická prognostika, ukazuje obr. 3. V technické prognostice jsou s určitou pravděpodobností určovány zejména hodnoty následujících parametrů (ať už pro jednotlivé komponenty, nebo celé zařízení):

- zbytková doba provozního života (remaining useful life – RUL): časový interval začínající od daného časové okamžiku po okamžik, kdy zařízení přestává být provozuschopné,
- doba do poruchy (time to failure – TTF): časový interval začínající od daného časové okamžiku po okamžik, kdy se objeví porucha, které však nemusí znamenat ztrátu provozuschopnosti zařízení.

Parametry RUL či TTF nesou také informaci o tom, s jakou pravděpodobností a v jakém prognostickém výhledu jsou jejich hodnoty platné. Způsob práce s parametrem RUL je znázorněn na obr. 4. Podle zbytkové doby provozního života lze plánovat údržbu zařízení, výměnu komponent apod. Sloučí-li se údaje zjištěné u jednotlivých zařízení v celé flotile (flotila armád-

Tab. 1. Porovnání metod údržby

Metoda údržby	Přednosti	Nedostatky	Oblast použití
korektivní	- maximální využití doby fyzického života komponenty/zařízení, - žádné nebo minimální náklady na sledování stavu zařízení	- větší náklady při případné výměně celého zařízení, - nutná dostupnost náhradních dílů pro případ nečekaného selhání	- málo důležitá a nákladově nevýznamná zařízení
preventivní – predeterminovaná	- umožňuje prodloužit dobu života zařízení, - nápravné akce lze dobře plánovat, a tím usnadnit organizaci práce	- větší náklady v důsledku příliš časté výměny komponent, - časté odstávky zařízení zvyšují celkové náklady, - citlivost na statistické určení intervalu údržby	- většina zařízení v průmyslu
prediktivní – údržba podle technického stavu	- znalost aktuálního stavu zařízení, - údržbu lze plánovat podle aktuálního stavu a potřeb, - případné selhání je dostatečně identifikováno a oprava je tak snazší a rychlejší	- náklady na pořízení diagnostických snímačů, měřicích zařízení a softwaru, - dodatečné provozní náklady na údržbu samotného diagnostického systému	- většina zařízení v průmyslu
proaktivní – spolehlivostně orientovaná	- znalost aktuálního stavu zařízení, - selhání zařízení může být predikováno na základě spolehlivostních modelů	- náklady na pořízení diagnostických snímačů, měřicích zařízení a softwaru, - nedostatečně obecné prognostické modely, - dodatečné provozní náklady na údržbu samotného diagnostického systému, - nepřesnost spolehlivostních modelů	- zařízení, jejichž selhání má fatální následky (škody na zdraví, životech a majetku)

ních helikoptér, nákladních automobilů speditérské firmy, výrobních robotů apod.). lze optimalizovat využití všech zařízení flotily. Těto problematice se věnuje obor tzv. optimální údržby.

Historie technické prognostiky je, na rozdíl od historie oboru technické diagnostiky, poměrně krátká. Technická prognostika je tudíž poměrně novým zájmovým polem a je také v daném kontextu stále ještě nejslabším článkem – zejména z důvodu (ne)přesnosti a (ne)komplexnosti odhadu budoucího vývoje stavu sledovaného zařízení. Systémově orientovaný přístup k prognostice se neobejde bez rozšíření samotné detekce chyb či anomálií v zařízení o informace týkající se degradace jednotlivých dílů zařízení a jejich významu pro chod zařízení jako celku. Jinak řečeno, pozornost je třeba věnovat nejen selháním jednotlivých komponent, ale i dopadu těchto selhání na ostatní komponenty, popř. zařízení jako takové [2], [6]. V současné době existuje mnoho prognostických metod, popř. přístupů, které lze principiálně rozdělit do těchto tří základních skupin (obr. 5):

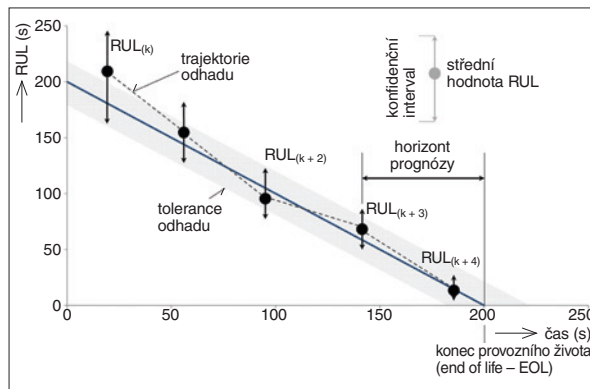
- prognostika na základě objektivních údajů (*data-driven* – DD),
- prognostika s použitím modelu (*model-based* – MB),
- statistické přístupy vycházející z předchozích zkušeností a teoretické spolehlivosti.

Každý z uvedených přístupů má své přednosti a nedostatky, proto jsou v praxi mnohdy kombinovány. V dalším textu jsou jednotlivě stručně charakterizovány. Celkový přehled s naznačením rozsahu použitelnosti a přesnosti uvedených prognostických přístupů je na obr. 6.

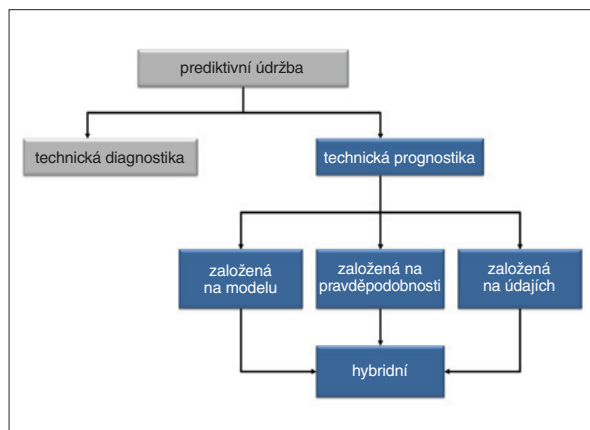
2.2.2 Prognostika na základě údajů (*data-driven prognosis*)

Všechny metody prognózování sem spadající uvedené kategorie využívají a zpracovávají objektivní údaje získané sledováním provozovaného zařízení (hodnoty spektrálního výkonu, vibrací, akustického signálu, teploty, tlaku, elektrického napětí na proudu atd.) [7]. Ve většině prognostických systémů jsou

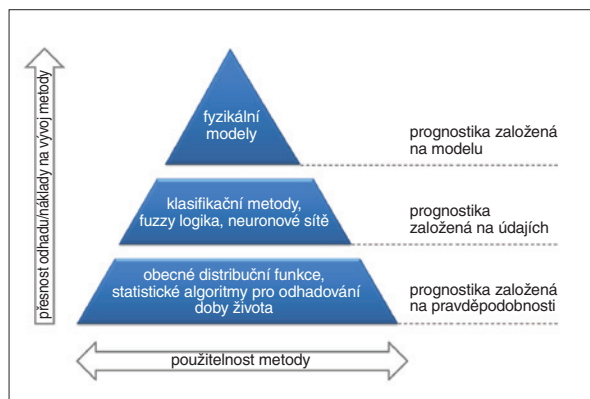
naměřené hodnoty různých vstupních a výstupních parametrů hlavním určujícím zdrojem pro poznání stavu zařízení a jeho případné degradace. Prognostické přístupy založené na údajích vycházejí z předpokladu, že sta-



Obr. 4. Význam odhadu zbytkové doby provozního života (RUL)



Obr. 5. Rozdělení prognostických metod v kontextu prediktivní údržby



Obr. 6. Porovnání prognostických metod (podle [12], [13])

tistická charakteristika údajů je relativně stálá do té doby, než se v systému objeví selhání. Základem prognostiky vycházející z údajů je především teorie rozpoznávání vzoru (*pattern recognition*), která využívá množství různých technik – od multivariačních statistických metod (princip statické a dynamické komponenty, lineární a kvadratické determinanty, parciální metoda nejmenších čtverců,

kanonická variační analýza), přes metody „černé skříňky“ založené na neuronových sítích [7], [13] (pravděpodobnostní neuronové sítě, rozhodovací stromy, několikavrstvé perceptrony, kvantizovaný učící se vektor), grafické metody (Bayesovy sítě, skryté Markovovy modely), analýzy signálů (FFT, filtry, auto-regresivní modely) až po fuzzy rozhodovací systémy.

Významnou předností prognostiky na základě údajů je schopnost transformovat a redukovat značná množství údajů do mnohem menšího počtu validních a významných údajů charakteru informací, dat dále použitých při diagnostickém a prognostickém rozhodování. Nedostatkem tohoto prognostického přístupu je výrazná závislost na kvantitě a kvalitě získaných provozních údajů, s nimiž efektivnost prognostiky výrazně roste, popř. klesá. Proto je tento přístup používán zejména u komplexních zařízení, jejichž provozní chování nemůže být zcela popsáno fyzikálním modelem [3] a kde neexistuje přesný matematický model.

2.2.3 Prognostika s použitím modelu (*model-based prognosis*)

Prognostika založená na modelu je myslitelná za předpokladu, že je k dispozici poměrně přesný matematický a fyzikální model zařízení. Metody založené na modelu využívají při odhadu doby do selhání zařízení jako základní parametr princip rezidua. Rezidua jsou výsledkem porovnávání výstupů ze sledovaného zařízení s výstupy získanými výpočtem podle jeho matematického modelu. Jde o období přístupu používaného u adaptivních regulátorů s modelem. Vychází se ze skutečnosti, že rezidua jsou výrazně velká v případě selhání a malá za normálního provozního režimu (i s ohledem na nepřesnost modelu, šum signálu apod.). K určení mezní hodnoty odchylky se používají statistické metody. Existují tři základní metody pro generování reziduí [2]: odhadování parametrů, pozorování (Kalmanovy filtry) a vztahy rovnosti.

Hlavní předností prognostických metod založených na použití dat je možnost zahrnout do sledování fyzikální znalost zařízení. To např. umožňuje minimalizovat počet přímo měřených veličin a hodnoty dalších parametrů odvozovat přímo z modelu. Významnou předností je i možnost adaptovat model s postupující degradací sledovaného zařízení systému, čímž roste přesnost odhadu náhlé chyby. Velmi často se tato prognostická metoda používá v oblasti navrhování s použitím modelu (*model-based design*), kde bývají pro návrh řídicích členů k dispozici poměrně přesné matematické modely, a tudíž je možné k nim přidat i model degradace jednotlivých komponent v závislosti na době simulace. Jde o poměrně novou a perspektivní oblast prognostiky, jak dokazuje množství případových studií, např. [8]. A bude se jistě nadále rozvíjet, zejména z důvodů dostupnosti fyzikálních modelů vznikajících stále

častěji navrhováním komplexních zařízení s použitím modelu.

2.2.4 Prognostika založená na pravděpodobnosti (*probability-based prognosis*)

Pravděpodobnostní prognostické metody mají nejdlejší historii, vyžadují nejméně detailní data a využívají zejména různé distribuční funkce pravděpodobnosti, které byly parametrizované pro jednotlivá zařízení, popř. jejich dílčí celky nebo komponenty na základě např. výrobních parametrů, provozních údajů, statistických dat z historie. Nejčastěji se používá normální, Weibullovo a exponenciální rozdělení pravděpodobnosti. Typickým rozdělením popisujícím intenzitu poruch v závislosti na čase je tzv. vanová křivka, která byla poprvé publikována již v roce 1965 a dodnes má své opodstatnění. Tento přístup k prognostice poskytuje také meze určitosti, v nichž se pohybuje, což je důležité pro stanovení přesnosti a pravděpodobnosti získaného odhadu. Distribuční funkce pravděpodobnosti se používají při analýze spolehlivosti technických prvků. Jde o doposud nejrozšířenější a velmi dobře použitelný přístup v elektrotechnickém průmyslu.

3. Závěr

Technická prognostika je poměrně nový a stále se rozvíjející obor, který se zatím potýká s omezenými možnostmi reálného využití v praxi. Poslední vývoj však ukazuje, že nové metody, zejména neuronové sítě a fuzzy rozhodovací stromy, jsou použitelné, poskytují uspokojivé výsledky a po další optimalizaci by měly být vhodné k použití ve vestavných systémech v oblasti letectví či automobilového průmyslu. Lze také očekávat značný nárůst prognostiky, která bude těžit zejména z rozvoje metod navrhování s použitím mo-

delu, a tudíž lepší dostupnosti komplexnějších fyzikálních modelů.

Literatura:

- [1] SUNG, H. J.: *Optimal maintenance of a multi-unit system under dependencies*. A thesis presented to the academic faculty. Georgia, Georgia Institute of Technology, December 2008. Dostupné z < <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/26511> > Poslední aktualizace: 16. 4. 2010.
- [2] LUO, J. – NAMBURU, M. – PATTIPATI, K. – QIAUIO, L.: *Model-based prognostic techniques*. Autotestcon 2003, IEEE Systems Readiness Technology Conference, Proceedings, September 2003, pp. 330–340, ISSN 1080-7725, print ISBN 0-7803-7837-7.
- [3] LUO, J. – TU, F. – AZAMA S. M. – PATTIPATI, K. R. – WILLETT, P. K.: *Intelligent model-based diagnostics for vehicle health management*. Proc. of SPIE, September 2003, Vol. 5107, 13, pp. 13–26, ISSN 0277-786X.
- [4] BESNARD, F. – BERTLING, L.: *An Approach for Condition-Based Maintenance Optimization Applied to Wind Turbine Blades*. IEEE Transactions on Sustainable Energy, July 2010, Vol. 1, Issue 2, pp. 77–83, ISSN 1949-3029.
- [5] BARBERA, F. – SCHNEIDER, H. – KELLE, P.: *A Condition Based Maintenance Model with Exponential Failures and Fixed Inspection Intervals*. The Journal of the Operational Research Society, August 1996, Vol. 47, No. 8, pp. 1037–1045.
- [6] SCHWABACHER, M. A.: *A Survey of Data-Driven Prognostics*. American Institute of Aeronautics and Astronautics AIAA-2005-7002, September 2005, pp. 1–5.
- [7] LUO, J. – PATTIPATI, K. R. – QIAO L. – CHIGUSA, S.: *Model-Based Prognostic Techniques Applied to a Suspension System*. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, 2008, Vol. 38, Issue 5, pp. 1156–1168, ISSN 1083-4427.

- [8] SAXENA, A. – CELAYA, J. – BALABAN, E. – GOEBEL, K. – SAHA, B. – SAHA, S. – SCHWABACHER, M.: *Metrics for evaluating performance of prognostic techniques*. International Conference on Prognostics and Health Management 2008, Denver, CO, US, 6–9 October 2008, pp. 1–11, ISBN 978-1-4244-1935-7.
- [9] VDOLEČEK, F.: *Technická diagnostika v systémech údržby*. Automa, 2008, roč. 14, č. 5, s. 30–32, ISSN 1210-9592.
- [10] VACHTSEVANOS, G. – LEWIS, F. – ROEMER, M. – HESS, A. – WU, B.: *Intelligent Fault Diagnosis and Prognosis for Engineering Systems*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2006, ISBN 978-0-471-72999-0.
- [11] ČSN EN 13306:2001 *Terminologie údržby*. Český normalizační institut, 1. 9. 2002, verze ICS 01.040.03; 03.080.10.

Autor prohlašuje, že informace uveřejněné v tomto textu jsou výsledkem pouze jeho vlastního výzkumu a nepředstavují názory, postoje a záměry společnosti Honeywell.

*Ing. Miroslav Krupa,
ústav automatizace a měřicí techniky,
Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií VUT v Brně,
Honeywell, spol. s r. o. – HTS CZ o. z.,
divize Aerospace, skupina CBM –
Condition Based Maintenance
(miroslav.krupa@phd.fec.vutbr.cz)*

Ing. Miroslav Krupa je absolventem ÚAMT FEKT VUT v Brně. Pracuje ve firmě Honeywell, divize Aerospace, kde se nejprve podílel na vývoji softwaru pro řídicí jednotky leteckých motorů (FADEC) a nyní pracuje ve skupině CBM, která se zabývá návrhem a zaváděním komplexních systémů CBM v leteckém průmyslu. Současně je také studentem kombinovaného doktorského studia na ÚAMT FEKT VUT v Brně.

► Tandem veletrhů Tube a Wire 2012

Veletrhy Tube a Wire jsou na výstavišti v Düsseldorfu již tradičně pořádány každý druhý rok ve stejném termínu. Letos se uskuteční ve dnech 26. až 30. března. Veletrh Wire je zaměřen na výrobu drátů a kabelů, vystavují se zde také materiály pro opláštění, stroje a systémy pro výrobu a zpracování drátů i pružin a spojovací technika. Stabilitu na trhu drátů a kabelů zajišťují četné energetické projekty, jako je Solartec, jehož cílem je vést do Evropy elektrický proud vyrobený na Sahaře. Na veletrhu Tube jsou vedle trubek vystavovány další produkty: software, zařízení pro ukládání trubek, měřicí a regulač-

ní technika. Jde o mladší veletrh, jehož nomenklatura je obměňována a nedávno byla na žádost vystavovatelů rozšířena o hutní profily. Pro odbyt trubek jsou důležité projekty vedení ropy do Evropy, jako jsou ropovody Nabucco, South Stream, North Stream.

Oba veletrhy jsou zajímavé tím, že na nich vystavovatelé často předvádějí svá výrobní zařízení v chodu. Proto se také rozšiřuje výstavní plocha – koncem roku bylo vystavovateli objednáno 56 000 m², což reprezentuje nárůst o 8,8 % oproti roku 2010 (44 000 m²). V roce 2010 vystavovalo na veletrhu Wire 1 217 vystavovatelů a na veletrhu Tube celkem 1 174 firem. Na uvedených veletrzích nejsou pořádány žádné odborné konference. Pořadatel Messe Düsseldorf vychází ze skutečnosti, že vy-

stavovatelé vynakládají značné prostředky na účast na veletrzích a nepřejí si, aby návštěvníci trávili čas na konferencích, ale mezi výstavními stánky. Konference jsou proto pořádány v jiném termínu a na jiném místě. Na veletrh Wire 2012 bylo koncem roku přihlášeno více než 1 100 společností ze 45 zemí a na veletrh Wire téměř 900 vystavovatelů ze 44 zemí. Z České republiky se letos na veletrhu Tube představí dvanáct vystavovatelů a na Wire jich přijede sedm.

Výhradním prodejcem vstupenek na akce Messe Düsseldorf pro ČR je cestovní kancelář BVV Fair Travel (www.fairtravel.cz), která zprostředkovává také dopravu na veletrhy Wire a Tube 2012 a navíc pořádá čtyřdenní autokarový zájezd s návštěvou veletrhů. Aktuální informace k oběma veletrhům jsou uvedeny na www.wire.de a www.tube.de. (ev)