

Dr.h.c.mult. prof. Ing. Juraj SINAY, DrSc.
prezident ATD SR

SLOVO PREZIDENTA ASOCIÁCIE TECHNICKÝCH DIAGNOSTIKOV SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Vážené dámy a páni,

Technická diagnostika ako vedný odbor v poslednom období zaznamenáva zvýšený záujem nielen vo vedeckej sfére, ale aj v oblasti aplikácie jej výsledkov v rámci novovyvíjaných metód a ich využitia v odbornej praxi. Využitie metód technickej diagnostiky pri zohľadnení spoľahlivosti nameraných výsledkov v súčinnosti s novými metódami IT predstavuje jeden zo základných nástrojov pre efektívne riadenie údržbárskych činností a eliminovanie nežiadúcich stavov zariadení s dopadom na výrobu alebo ďalšie aspekty ovplyvňujúce prosperitu podniku. Cenová dostupnosť diagnostických prístrojov na jednej strane a vysoká výpovedná schopnosť nameraných údajov na strane druhej, umožňuje podnikom optimalizovať náklady vynaložené na plynulosť výroby, jej bezpečnosť a kvalitu konečných produktov. Dovoľte v tejto súvislosti vysloviť presvedčenie, že Asociácia technických diagnostikov Slovenskej republiky je už tradične platformou pre integráciu všetkých odborníkov v oblasti technickej diagnostiky s cieľom akcelerovať jej uplatnenie v podmienkach podnikov Slovenskej republiky pri aktívnej spolupráci s partnerskými organizáciami v zahraničí ako aj firmami, ktoré sa zaoberajú výrobou a predajom diagnostických prístrojov a kompletných diagnostických reťazcov.

Náplňou činnosti Asociácie technických diagnostikov Slovenskej republiky – ATD SR v najbližších rokoch bude predovšetkým stala propagácia a popularizácia technickej diagnostiky ako súčasť moderných metód údržby, rozvoj jej jednotlivých metód – a toto všetko na základe najnovších poznatkov vedy a techniky práve v tejto oblasti – realizovanie výmeny skúsenosti a to tak v oblasti jej reálnej aplikácie ako aj v oblasti teoretických princípov jednotlivých druhov diagnostických metód ako aj združovanie osobnosti, pre ktorých sa technická diagnostika stala životným osudom. Jednou z významných aktivít ADT SR je v súčasnosti rozvíjanie systému certifikácie odborného personálu – COP TD (Certifikačný orgán pracovníkov v technickej diagnostike), ktorý bude aj v budúcnosti niest jej rukopis. Sme radi, že už máme niekoľko úspešných držiteľov tohto certifikátu a veríme, že to bude aj motivácia pre ďalších odborníkov z priemyslu.

V budúcich rokoch našej činnosti budeme vychádzať zo skúsenosti odborníkov, ktorí majú záujem vytvoriť také podmienky, aby sme v SR zabezpečili rozvoj nášho krásneho a vysoko aktuálneho odboru ako súčasť moderných údržbárskych stratégií. Stále platí a zrejme aj bude platiť, že stroj potrebuje aby sme sa o neho starali a on nám to viacnásobne vráti. Budeme mať radosť, že pracuje bez porúch, že pracuje bezpečne a spoľahlivo.

V tejto súvislosti mi dovoľte obrátiť pozornosť na Stratégiu konkurencieschopnosti SR do roku 2010 ako súčasť aplikácie Lisabonskej stratégie v podmienkach Európskej únie, ktorá sa postupne realizuje aj v podmienkach Slovenskej republiky. Teší ma, že je v nej možné nájsť priame odvolávky na postavenie a úlohy

technickej diagnostiky v podmienkach slovenského priemyslu. Nájdete v nej štyri základné piliere rozvoja spoločnosti vychádzajúce z rozvoja:

- ľudských zdrojov a vzdelania,
- informačnej spoločnosti,
- podnikateľského prostredia,
- vedy, výskumu a inovácii.

Stalo sa už dobrou tradíciou v rámci odbornej komunity technických diagnostikov, že sa každý rok uskutoční jedinečné podujatie svojho druhu na Slovensku a to medzinárodná konferencia „DIS“ (Diagnostika strojov). V tomto roku to bude už 10 krát, a opäť v našom krásnom meste v Košiciach v termíne 2. a 3. októbra 2007. Je to už pekné jubileum, ktoré tiež dokazuje, že komunita diagnostikov má záujem o výmenu poznatkov, vzájomné stretávanie sa a odbornú, ale aj priateľskú komunikáciu. Som rád, že Vás v mene organizátorov konferencie DIS 2007 môžem na našej tradičnej odbornej akcii srdečne privítať.

Dovoľte mi vyjadriť presvedčenie, že pre našu prácu a spoločné ciele získame v budúcnosti podporu aj niektorých tradičných firiem a spoločností – mimo našich už tradičných partnerov – ktoré majú podobné zmysľanie a záujmy ako my. Bez nich si je možné ťažko predstaviť, že budeme vedieť využívať všetko to, čo nám moderné metódy technickej diagnostiky poskytujú a to čo moderná stratégia údržby napr. vo forme TPM potrebuje.

Teším sa na spoluprácu s Vami všetkými!



Dr.h.c.mult. prof. Ing. Juraj Sinay, DrSc.

SPRAVODAJ ATD SR 1/2007



Šéfredaktor: Dr.h.c.mult. prof. Ing. Juraj Sinay, DrSc.

Hlavný redaktor: doc. Ing. Hana Pačaiová, PhD.

Redakčná rada: Dr.h.c.mult. prof. Ing. Juraj Sinay, DrSc.
doc. Ing. František Helebrant, CSc.
prof. Ing. Jozef Balla, DrSc.
Ing. Viera Petková
doc. Ing. Hana Pačaiová, PhD.
prof. Ing. Igor Ballo, CSc.
Doc. Ing. Juraj Grenčík
RNDr. Ondrej Valent, CSc.
Ing. Peter Trinida, CSc.
Ing. Jiří Svoboda
Ing. Milan Baranec

Vydavateľ: Asociácia technických diagnostikov
Slovenskej republiky
Technická univerzita v Košiciach
Letná 9
042 00 Košice
tel.: 055/602 25 01

Grafická úprava: Mgr. art. Linda Marenčíková

Tlač: Edičné stredisko a redakcia
Acta Montanistica Slovaca
Park Komenského 19
042 00 Košice

Rozširuje: Ing. Katarína Holotová
sekretariát ATD SR
tel.: 055/602 25 10

Objednávky časopisu a inzercie prijíma vydavateľ. Za pôvodnosť, vecnú správnosť alebo záväzky ručia autori príspevku.

Plánovaná expedícia – október 2007

OBSAH

SLOVO PREZIDENTA ASOCIÁCIE TECHNICKÝCH DIAGNOSTIKOV SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Dr.h.c.mult. prof. Ing. Juraj SINAY, DrSc. 1

MONITOROVANIE TECHNICKÉHO STAVU A DIAGNOSTIKA MÔŽU ZLEPŠIŤ A ROZŠÍRIŤ KRITÉRIÁ AUDITU A BENCHMARKINGU ÚDRŽBY

Juraj GRENČÍK
Václav LEGÁT 3

DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU V LOŽISKU

Karel CHMELÍK
Václav ČECH
Jiří FOLDYNA 8

CERTIFIKÁCIA PRE TECHNICKÝCH DIAGNOSTIKOV

Viera PEŤKOVÁ 12

UPLATNENIE DIAGNOSTICKÝCH METÓD V LETECKEJ TECHNIKE

Aurel SLOBODA
Ján PILA
Aurel SLOBODA, ml. 13

ČISTOTA OLEJE, ŽIVOTNOSŤ A PROVOZNÍ SPOLEHLIVOSŤ

František HELEBRANT
Ladislav HRABEC
Vladislav MAREK 16

ZÁKLADNÉ TRENDY V RIADENÍ ÚDRŽBY A PROBLÉM PRI ICH ZAVÁDZANÍ

Hana PAČAIOVÁ 18

REDUKOVANIE HLUKU NA PRACOVISKÁCH

Michaela BALÁŽIKOVÁ 19

ISBN 978-80-8073-866-2

Juraj GRENČÍK, Václav LEGÁT

MONITOROVANIE TECHNICKÉHO STAVU A DIAGNOSTIKA MÔŽU ZLEPŠIŤ A ROZŠÍRIŤ KRITÉRIÁ AUDITU A BENCHMARKINGU ÚDRŽBY

1. Úvod

Stratégia a koncepcia údržby ovplyvňujú výkonnosť hmotného majetku zvlášť v stredne a dlhodobom časovom horizonte. Toto sa obzvlášť odráža v efektívnosti, produktivite a ekonomickej účinnosti údržby a v plnení základných požiadaviek kladených na údržbu, ako sú:

- udržiavanie hmotného majetku v prevádzkyschopnom stave,
- predchádzanie vzniku porúch a následným poruchovým stavom s využitím preventívnej údržby vrátane monitorovania stavu,
- operatívne odstraňovanie vzniknutých porúch,
- znižovanie účinkov výrobných zariadení na životné prostredie,
- zabezpečenie bezpečnosti prevádzky,
- vynakladanie optimálnych nákladov na údržbu.

Cieľom príspevku je naznačiť štruktúru a metodiku a návrh komplexných hodnotiacich kritérií obsahujúcich aj diagnostické signály.

2. Audit

Audit možno charakterizovať ako systematický, nezávislý a dokumentovaný proces získavania dôkazov z auditu a jeho objektívneho hodnotenia s cieľom určiť rozsah plnenia kritérií auditu. Kritériá auditu kvality manažmentu údržby sú väčšinou kvalitatívne a obsahujú požiadavky na správnu organizačnú štruktúru a manažment všetkých procesov údržby [1, 2, 4, 6, 8]. Postupne je možné vytvoriť aj kvantitatívne kritériá vyjadrené konkrétnymi hodnotami merateľných veličín, ako sú prístupnosť a trvanie činnosti údržby, podiel preventívnej údržby, podiel externej údržby, všetky finančné ukazovatele o údržbe atď. Základným nástrojom na získanie týchto kvantitatívnych kritérií je benchmarking – viď ďalej.

Je vhodné rozdeliť kritériá auditu do niekoľkých oblastí manažmentu údržby [7]. Navrhovaný príklad obsahuje 10 oblastí:

- Charakteristika podnikateľských činností a výrobných zariadení v organizácii.
- Stratégie a systémy údržby v organizácii.
- Organizácia a riadenie pracovníkov údržby.
- Administratíva a dokumentácia manažmentu údržby.
- Preventívna údržba založená na pevných intervaloch alebo na sledovaní stavu.
- Plánovanie, rozvrhovanie a pracovné príkazy v údržbe.
- Realizácia procesov údržby.
- Nákup, skladovanie a riadenie zásob náhradných dielcov.
- Meranie účinnosti a efektívnosti údržby, jej zlepšovanie a hodnotenie spokojnosti zákazníkov.
- Počítačová podpora riadenia údržby.

3. Benchmarking

Vytvorenie stratégie údržby vyžaduje znalosť množstva ukazovateľov, ktoré sa majú využiť pri tvorbe návrhu, zavádzaní a verifikácii výsledkov dosiahnutých v priebehu procesu zlepšovania stratégie údržby. Benchmarking sa zameriava na porovnávanie procesov a produktov voči procesom a produktom uznaným za najlepšie s cieľom odhaliť príležitosti na zlepšenie kvality. Umožňuje určiť ciele a priority úloh pri príprave plánov, ktoré vedú ku konkurenčnej výhode na trhu. Tieto všeobecné princípy benchmarkingu platia pre akýkoľvek proces údržby a môžu sa tiež použiť v manažmente údržby.

3.1 Hodnotiace kritériá na globálnej úrovni

Z vyššie uvedených charakteristík auditu a benchmarkingu je zrejmé, že ako audit, tak aj benchmarking údržby potrebujú dobre premyslené a pokiaľ možno štandardizované kvantitatívne ukazovatele (indikátory) výkonnosti údržby (KPI).

Existuje množstvo rozličných ukazovateľov výkonnosti údržby, napr. 13 kľúčových ukazovateľov definovaných EFNMS, alebo ukazovatele definované v norme EN 15 341 „Údržba. Kľúčové ukazovatele výkonnosti“ [3] atď.

Bola ambíciou EFNMS vykonať celoeurópsku štúdiu o výkonnosti údržby založenú na 13 ukazovateľoch zadaných pracovnou skupinou Benchmarking údržby. Ale napriek tomu, že ukazovatele boli dostatočne publikované v členských štátoch EFNMS výsledok nezodpovedal snahe a nevytvorila sa európska databáza s 13 vybranými ukazovateľmi, okrem severského prieskumu z roku 2000 [10] a úspešných workshopov konaných v niekoľkých členských krajinách. Silnejší impulz na vytvorenie databázy sa očakáva od vyššie uvedenej európskej normy.

Ďalšou možnosťou na ulahčenie zberu benchmarkingových ukazovateľov je ich automatické generovanie z CMMS. Existuje systém vyvinutý firmou Infor založený na využití ukazovateľov VDM (Value Driven Maintenance). Ďalším je systém vyvinutý firmou Inseko, a.s. pre systém D7i [5], ktorý generuje ukazovatele podľa metodiky benchmarkingu EFNMS a tak umožňuje okamžitý prehľad o aktuálnom stave údržby v podniku. Nové ukazovatele podľa európskej normy, alebo akékoľvek iné požadované, sa analogicky dajú pridať do systému.

EN 15341

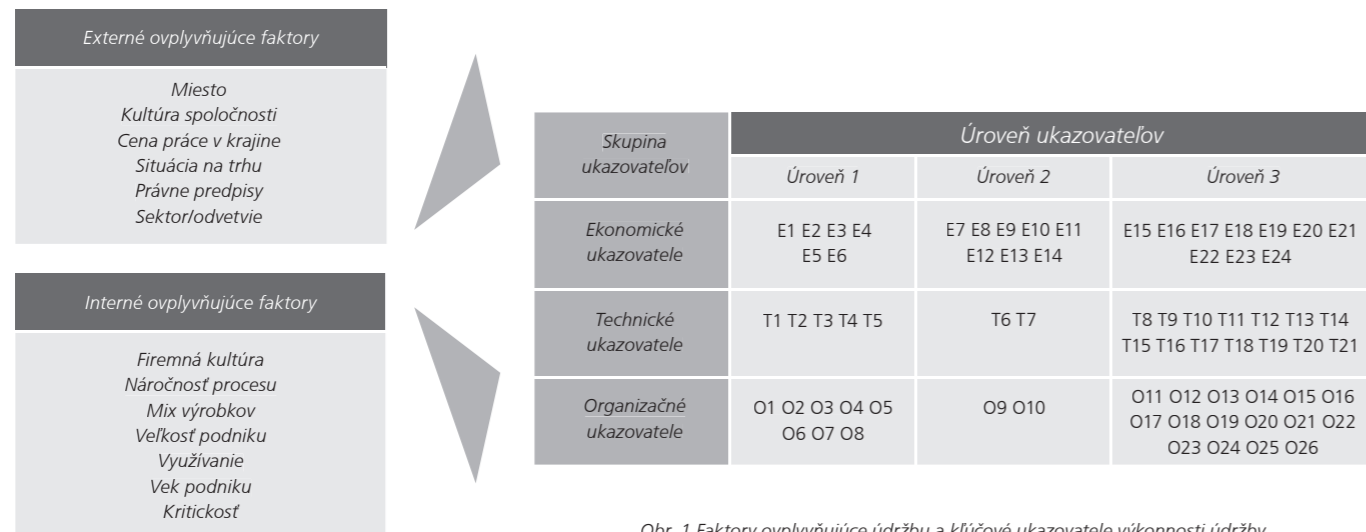
Nová európskej norma EN 15341 pod názvom „Údržba – kľúčové ukazovatele výkonnosti“ bola schválená začiatkom roku 2007. Okrem iného by mala vyriešiť problém s definíciami a dať väčšiu váhu benchmarkingu údržby, nakoľko sú ukazovatele teraz predmetom európskej normy. Problém porozumenia ukazovateľom sa tak posunie k problému ich správneho a efektívneho používania. Nová norma ich obsahuje 71, čo je značne veľký počet do určitej miery popiera pôvodný úmysel EFNMS, ktorý sa snažil vybrať čo najmenší počet čo najvyhovujúcejších ukazovateľov. Nová norma necháva na používateľoch, ktoré ukazovatele budú používať, avšak tým sa zároveň sťažuje možnosť vzájomného porovnávania, ak spoločnosti nebudú používať rovnaké ukazovatele. Zároveň sa tu ukazuje nové pôsobenie pracovnej skupiny EFNMS, aby pripravila a presadzovala jednotný pohľad na využitie normy, samozrejme na základe skúseností z popredných podnikov.

Systém ukazovateľov pozostáva z troch skupín:

- Ekonomické ukazovatele (čas/peniaze; peniaze/peniaze)
- Technické ukazovatele (čas/čas; počet/čas; čas/počet)
- Organizačné ukazovatele (napr. osoby/osoby atď.)

Poslaním ukazovateľov je, aby slúžili na podporu riadenia k dosahovaniu excelentnej údržby tak, aby sa zariadenia využívali najlepším konkurencieschopným spôsobom. Väčšina ukazovateľov je použiteľná vo všetkých priemyselných odvetviach.

Pozn.: Všeobecne pri každom audite je určitá subjektivita a toto platí zvlášť pri audite údržby, nakoľko tu nie sú normy ako ISO 9001:2000, ISO 190011 atď. Napriek tomu sa však audity údržby môžu vykonávať a možno robiť závery a dávať odporúčania pre tvorbu stratégií manažmentu údržby.



Obr. 1 Faktory ovplyvňujúce údržbu a kľúčové ukazovatele výkonnosti údržby

Ukazovatele sa majú používať na:

- meranie stavu;
- porovnanie (interné a externé porovnávacie kritériá);
- diagnózu (analýza slabých a silných stránok);
- identifikáciu a definovanie cieľov, ktoré sa majú dosiahnuť;
- plánovanie akcií na zlepšovanie;
- stále meranie zmien v priebehu času.

Ukazovatele sa môžu vyjadriť ako pomer medzi faktormi (čitateľ a menovateľ), ktoré merajú činnosti, zdroje alebo udalosti podľa daného vzorca. Kedykoľvek je v definícii faktora použité slovo „interný“ alebo „externý“, odvodený ukazovateľ by sa takisto mal používať len na „interné“ alebo „externé“ vplyvy.

Aby sa vybrali relevantné ukazovatele, prvým krokom je definovať ciele, ktoré sa majú dosiahnuť na každej úrovni podniku. Na úrovni spoločnosti je požiadavka identifikovať, ako možno riadiť údržbu, aby sa zlepšila celková výkonnosť (zisky, tržobný podiel, konkurencieschopnosť atď.). Na úrovni systémov a výrobných liniek sa ciele údržby môžu týkať niektorých konkrétnych faktorov výkonnosti, ktoré sa identifikovali v priebehu predchádzajúcej analýzy, ako sú zlepšenie pohotovosti, zlepšenie nákladovej efektívnosti údržby, udržanie zdravia, bezpečnosti a zachovanie životného prostredia, zlepšenie v nákladovo efektívnom riadení hodnoty inventára údržby, riadenie dodávateľských služieb atď. Na úrovni zariadenia, strojov alebo typov strojov môže byť potrebné lepšie riadenie faktorov, ako sú spoľahlivosť, náklady, udržateľnosť a zabezpečenosť údržby atď. Obrázok 1 ukazuje externé a interné faktory ako aj skupiny a úrovne ukazovateľov.

Následne po definovaní cieľov a identifikovaní parametrov výkonnosti, ktoré sa majú merať, ďalším krokom je nájsť ukazovatele, ktoré umožnia meranie týchto parametrov. Pri výbere ukazovateľov pre riadenie údržby môže systém obsahovať napríklad schopnosť udržiavania zariadenia (ktorá zahŕňa udržateľnosť zariadenia, logistickú podporu a organizáciu práce), spoľahlivosť zariadenia, účinnosť činnosti údržby, zdravie, bezpečnosť a životné prostredie atď. Ukazovateľ je relevantný, keď jeho hodnota alebo jeho hodnotenie je v korelácii s hodnotením parametra výkonnosti, ktorý sa má merať. Relevantný ukazovateľ má byť jedným z prvkov rozhodovania. Je potrebné presne definovať

- údaje, ktoré sa majú zberať, aby sa dali určiť hodnoty potrebné pre ukazovateľ;
- metódu merania (prevádzkový režim);
- nástroje potrebné na meranie (dokumenty, počítačové senzory, analyzátory, počítačové systémy riadenia údržby atď.). Na umožnenie hodnotenia a uľahčenie porovnávania je potrebné, aby zhromažďované údaje boli v súlade s normalizovanými definíciami

mi tam, kde existujú (STN EN 13306, IEC 60050-191). Ak definície neexistujú, bude potrebné takúto definíciu odvodiť.

Je potrebné vopred určiť frekvenciu výpočtu a uvažovať dostupnosť a časové oneskorenie oneskoreniu relevantných údajov, zmeny v priebehu času meranej výkonnosti a reakcii systému na prijaté opatrenia.

Mimo rozsahu tejto normy ale zostáva definovanie skóre, analýza a prijatie potrebných opatrení. Norma samotná obsahuje sústavu ukazovateľov, ale analýza bude vyžadovať ďalšie projekty.

Meratele SMRP (USA)

SMRP, (Society of maintenance and reliability Professional – Spoločnosť profesionálov v údržbe a spoľahlivosti) definovala a postupne definuje ukazovatele (metrics – meratele) najlepšej praxe na meranie výkonnosti údržby [11]. Tento proces prebieha a meratele sú verejnosti k dispozícii na www.smrp.org. SMRP pôsobí predovšetkým v USA a Kanade, má vyše 1500 členov, z ktorých je vyše 150 predstaviteľov manažmentu spoločností.

Cieľom komisie SMRP je definovať najlepšie praktiky v údržbe a spoľahlivosti a na k tomuto postupne zostaviť súbor najpoužívanejších merateľov a definícií.

Komisia pre najlepšie praktiky SMRP vybrala 45 merateľov (počet ešte nie je konečný), ktoré budú postupne definované (viď aj obr. 2).

Tieto meratele sú rozdelené do nasledovných kategórií:

- Obchod a manažment.
- Spoľahlivosť výrobných procesov.
- Spoľahlivosť zariadení.
- Schopnosti pracovníkov.
- Riadenie práce

Nakoľko ukazovatele EFNMS sú teraz zahrnuté do normy EN 15341 „Údržba – Kľúčové ukazovatele výkonnosti“ a SMRP vytvára svoj systém, tieto dve aktivity viedli počas konferencie Euromaintenance 2006 k vzájomnému stretnutiu s cieľom porovnať oba systémy ukazovateľov, nájsť podobnosti a rozdiely.

Pre lepšie porozumenie a použitie ukazovateľov sa dohodlo, že EFNMS a SMRP zorganizujú na túto tému workshopy, z ktorých prvý je plánovaný na konferencii Euromaintenance 2008, Brusel, apríl 2008.

So vzrastajúcou globalizáciou s globálnym pôsobením spoločností rastie aj potreba používania spoločných ukazovateľov na meranie výkonnosti údržby a pohotovosti a preto bezpochyby v budúcnosti možno očakávať celosvetový štandard na ukazovatele výkonnosti údržby. Tomuto nasvedčuje skutočnosť, že COPIMAN (Technický výbor údržby panamerickej federácie technických spoločností) sa pripája k tejto snahe o porovnanie indikátorov.

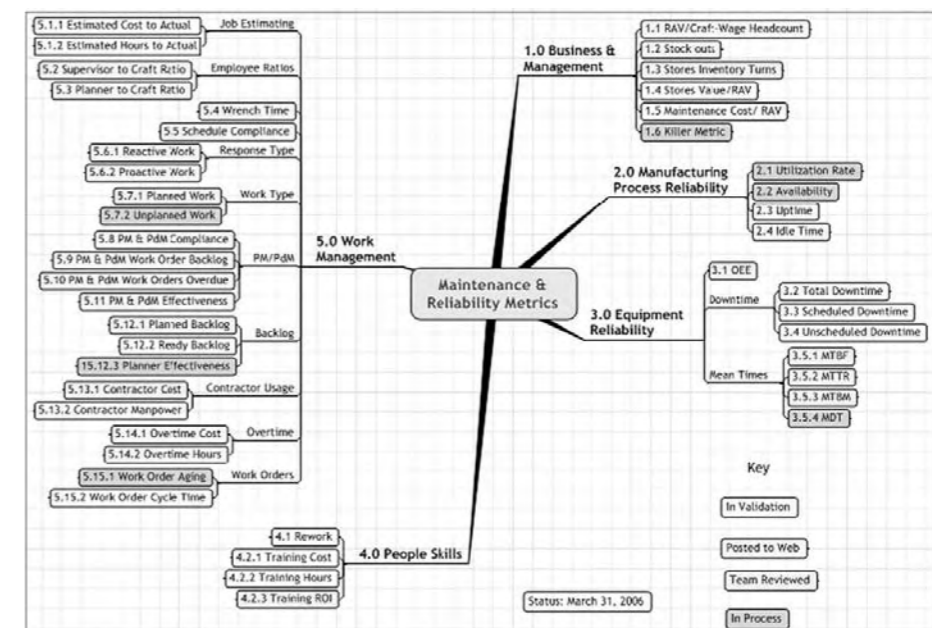
SMRP MERATELE		EN 15341 „ÚDRŽBA – KLÍČOVÉ UKAZOVATELE VÝKONNOSTI“	
1.5 Ročné náklady na držbu voči RAV	Ročné náklady na držbu RAV (reprodukčná hodnota majetku)	E1	Celkové náklady na údržbu Reprodukčná hodnota majetku
1.4 Skladový materiál	Hodnota inventárneho materiálu Reprodukčná hodnota majetku	E7	Priemerná hodnota invent. materiálu na údržbu Reprodukčná hodnota majetku
5.13.1 Náklady dodávateľskej údržby	Náklady dodávateľskej údržby Celkové náklady na údržbu	E10	Celkové dodávateľské náklady Celkové náklady na údržbu
3.5.2 MTTR	Celkový čas opravy Počet opráv	T21	Celkový čas obnovy (MTTR) Počet porúch
5.6.2 Proaktívna práca	Práce vo vzťahu k PM & PdM Celková práca	O18	Človekohodiny preventívnej údržby Celkové človekohodiny údržby
1.2 Výdaj zo skladu	Požadovaný materiál nedodaný Celkový požadovaný materiál (inverzný)	O26	Počet požadovaných náhradných dielcov dodaných zo skladu Celkový počet náhradných dielcov požadovaných údržbou (inverzný)

Prvé ukazovatele, ktoré boli porovnané a identifikované ako podobné medzi EN 15341 a SMRP ukazovateľmi sú:

3.2 Diskusia k existujúcim ukazovateľom

Z uvedeného stručného prehľadu súčasného stavu riešenia danej problematiky je zrejme, že vo svete existujú rôzne prístupy k tvorbe a klasifikácii KPI údržby. Prvý návrh EFNMS (13 KPI) nemá žiadne triedenie do skupín (aj keď na workshopoch boli rozdelené na prácnosť, náklady na údržbu, pohotovosť a rôzne) ani nejakú hierarchiu dôležitosti. Druhý návrh (norma EN 15 341) rozširuje okruh KPI na 71 a vytvára tri kategórie (ekonomickú, technickú a organizačnú) a tri hierarchické úrovne z hľadiska šírky pokrytia výkonnosti údržby. Indikátory nazývané v norme ako technické prakticky žiadny technický obsah nemajú (sú založené na časových údajoch a počtoch porúch). Túto kategóriu ukazovateľov by bolo žiaduce rozšíriť o indikátory technického stavu (diagnostické signály, technické prevádzkové parametre), ktoré by charakterizovali technický stav strojov a zariadení, a tým aj úroveň a výkonnosť údržby. Americký (SMRP) prístup vytvára 45 KPI v piatich kategóriách (obchod a manažment, spoľahlivosť výrobných procesov, spoľahlivosť zariadení, schopnosti pracovníkov, riadenie práce) a z obr. 2 je možno vidieť aj určité hierarchické usporiadanie KPI (napr. OEE je na vyššej úrovni než down time apod.)

Aj keď sa už na úseku KPI údržby veľa urobilo, pociťujeme určité slabiny v oblasti štruktúrovania a hierarchie tvorby týchto KPI. Štruktúra podľa kategórií by sa mohla vytvárať napr. podľa uvedených 10 oblastí auditu kvality manažmentu údržby. Vlastný súbor KPI údržby by tvoril náplň deviatej oblasti (Meranie účinnosti a efektívnosti údržby, jej zlepšovanie a hodnotenie spokojnosti zákazníkov), pričom jednotlivé KPI by pokrývali zostávajúcich 9 oblastí auditu manažmentu údržby. Dá sa očakávať, že pre oblasť 4. (Administratíva a dokumentácia manažmentu údržby) a pre oblasť 10. (Počítačová podpora riadenia údržby) by sa merateľné KPI veľmi ťažko definovali. Na druhej strane dôsledná štruktúra KPI podľa oblastí auditu by zvyšovala jeho objektivitu a zlepšila jeho použiteľnosť. Bohužiaľ ani uvedených 10 oblastí auditu kvality manažmentu údržby nie je normovaných a ktokolvek môže namietnuť, prečo by audit kvality manažmentu údržby nemohol mať väčší alebo menší počet oblastí a s iným obsahom, ako je uvedený v tomto príspevku. Ďalšia možná štruktúra KPI údržby môže byť založená na aplikácii normovaného systému manažmentu kvality podľa ISO 9001:2000, ktorý podľa procesného modelu je možno rozložiť na štyri hlavné oblasti: (1) zodpovednosť a výkonnosť manažmentu údržby, (2)



Obr. 2 Prehľad merateľov najlepších praktik SMRP

manažment a výkonnosť zdrojov údržby, (3) realizácia a výkonnosť údržby a (4) meranie, analýz a zlepšovanie údržby. Vlastný súbor KPI údržby by tvoril náplň štvrtej oblasti a KPI by boli roztriedené do zostávajúcich troch veľkých kategórií.

Z vykonanej stručnej analýzy ukazovateľov výkonnosti údržby ďalej vyplýva, že chýbajú komplexné (súhrnné) ukazovatele, ktoré by pokiaľ možno jedným číslom prezentovali výkonnosť údržby. V súčasnosti dobe k takým súhrnným ukazovateľom patrí ukazovateľ celkovej efektívnosti údržby (OEE). Slabina tohto ukazovateľa spočíva v tom, že neobsahuje žiadne údaje ekonomického charakteru.

3.3 Návrh súhrnných ukazovateľov

Už na samom začiatku týchto úvah je nutné povedať, že definovanie „absolútneho“ súhrnného indikátoru celkovej kvality manažmentu a výkonnosti údržby je veľmi ťažké a z povahy úlohy až takmer nemožné. Napriek tomu sa pokúsme navrhnúť ukazovatele, ktoré by aspoň čiastočne spĺňali požiadavky kladené na súhrnný ukazovateľ, ktorý by jedným číselným výsledkom charakterizoval úroveň manažmentu údržby, teda jej výkonnosť efektívnosť a účinnosť. Autori navrhujú dva súhrnné ukazovatele na ďalšiu diskusiu:

- prírastok zisku spôsobený údržbou
- ukazovateľ kvality a výkonnosti manažmentu údržby

A. V praxi sa vyžaduje zanechať filozofické a strategické predstavy a prísť s praktickým riešením. Ako možno zabezpečiť efektívnosť vynakladania finančných zdrojov v údržbe v praxi? Najjednoduchšie riešenie ja založené na sledovaní zmien prínosu údržby k ziskom organizácie spôsobených zmenami celkovej efektívnosti výrobného zariadenia a zmenami nákladov na údržbu. Prínosy údržby sa vyhodnocujú oddelene, pričom všetky ostatné faktory zostávajú konštantné. *Prírastok zisku spôsobený údržbou* možno vyjadriť nasledovne: (1)

$$\Delta \text{PROFITm}(\Delta T) = \Delta \text{REVENUESm}(\Delta T) - \Delta \text{COSTSm}(\Delta T) = \text{REVENUESnom}(\Delta T) * [\text{TEE}(T_2) - \text{TEE}(T_1)] - [\text{COSTSm}(T_2) - \text{COSTSm}(T_1)]$$

$\Delta \text{PROFITm}(\Delta T)$	prírastok prínosu údržby k ziskom organizácie za čas ΔT
$\Delta \text{REVENUESm}(\Delta T)$	prírastok prínosu údržby k výnosom organizácie za čas ΔT
$\Delta \text{COSTSm}(\Delta T)$	prírastok nákladov na údržbu za čas ΔT
$\text{REVENUESnom}(\Delta T)$	nominálne výnosy (výnosy v prípade 100% efektívnosti výrobného zariadenia) za čas ΔT
$\text{TEE}(T_2)$	priemerná úroveň celkovej efektívnosti zariadenia v súčasnom čase ΔT
$\text{TEE}(T_1)$	priemerná úroveň celkovej efektívnosti zariadenia v predchádzajúcom čase ΔT
$\text{COSTSm}(T_2)$	náklady na údržbu v danom čase ΔT
$\text{COSTSm}(T_1)$	náklady na údržbu v predchádzajúcom čase ΔT
ΔT	skúmané kalendárne obdobie (mesiac, štvrťrok atď.)

Analýzou vzťahu (1) môžeme zistiť, že ako rastie TEE v nasledujúcich obdobiach, tak rastie aj prírastok údržby k zisku organizácie v čase ΔT (pozitívny prírastok prírastku údržby) a ak TEE v nasledujúcich obdobiach klesá, prírastok údržby k zisku za čas ΔT klesá tiež (prírastok prírastku údržby je negatívny, teda pokles vo výnosoch). V prípade nárastu nákladov na údržbu (za obdobie ΔT) v nasledujúcich obdobiach, prírastok nákladov na údržbu $\Delta \text{COSTSm}(\Delta T)$ za obdobie ΔT je pozitívny. V prípade klesania nákladov na údržbu (za obdobie ΔT) v nasledujúcich obdobiach je prírastok nákladov na údržbu $\Delta \text{COSTSm}(\Delta T)$ za obdobie ΔT negatívny (toto zvyšuje prírastok údržby k zisku).

Možno zhrnúť, že prírastok údržby k zisku organizácie bude rásť najrýchlejšie keď náklady na údržbu budú klesať a úroveň manažmentu bude rásť (bude rásť TEE) – Tabuľka 1, 1. variant. Prírastok prírastku údržby k zisku organizácie môže byť pozitívny tiež v prí-

pade vzrastajúcej úrovne celkovej efektívnosti zariadenia a ak náklady na údržby zostávajú nezmenené, alebo budú rásť pomalšie ako prírastok údržby k zisku – Tabuľka 1, varianty 2 a 3. skutočne zlá ekonomická situácia (strata) nastane keď celková efektívnosť zariadenia zostáva konštantná (na nižšej úrovni) alebo klesá, pričom náklady na údržbu rastú – Tabuľka 1, varianty 4 a 5.

Ukazovateľ prírastku údržby k zisku organizácie *umožňuje sledovať dynamiku finančného dopadu manažmentu údržby a financovania údržby na zisk danej organizácie. Pozitívny prírastok* tohto ukazovateľa za určité časové obdobie predstavuje pozitívny, žiaduci trend v manažmente údržby. Na druhej strane dočasné negatívne fluktuácie tohto ukazovateľa by nemali byť podľa definície považované za nepriaznivé, pretože výpočet prírastkov výnosov nezahŕňa faktory bezpečnosti, životného prostredia, zníženia skladových zásob, získanie zákazníka atď.). Negatívne prírastky možno samozrejme tiež očakávať v prípade, keď sú zmeny vo faktoroch, ktoré sa považujú za konštantné (napr. podstatné rozšírenie výroby, zníženie výroby, zmeny vo výrobnom programe atď.). V tomto prípade je treba uvažovať tieto faktory. Keď sa dosiahla vysoká úroveň manažmentu údržby (ostatné faktory zostávajú konštantné) prírastky prírastku údržby by sa mali zachovávať nulové, pretože celková efektívnosť výrobného zariadenia a úroveň manažmentu údržby dosiahli svoj vrchol a držia sa na ňom, a náklady na údržbu zostávajú nezmenené na svojej optimálnej úrovni (neuvažuje sa inflácia). Z vyššie uvedeného je zjavné, že najvýraznejšie prírastky tohto ukazovateľa možno očakávať počas zlepšovania manažmentu údržby (pozitívny prírastok) a počas poklesu kvality manažmentu údržby (negatívne hodnoty). Overenie tohto ukazovateľa v praxi ukáže jeho možné využitie.

B. Základné vstupy pre druhý navrhovaný *súhrnný indikátor kvality manažmentu a výkonnosti údržby* by mali tvoriť nasledovné položky:

a) *celkové náklady na internú a externú údržbu* C_m všetkého hmotného a nehmotného majetku organizácie vzťahované k určitému kalendárnemu obdobiu, napr. mesiac, štvrťrok, rok apod. (priame mzdy pre priamovýkonných pracovníkov údržby, platy vedúcich pracovníkov údržby a jej podpory, ďalšie mzdové náklady pre vyššie uvedené osoby (dane, poistenie, zákonom stanovené príspevky), prestavovanie a zoraďovanie, náklady na náhradné dielce a materiál pre priame použitie na údržbu, náklady na náhradné dielce kúpené do zásoby, náklady na spotrebný materiál účtovaný údržbe, náklady na náradie a zariadenia na účely údržby, náklady dodávateľov (náklady dodávateľov zahŕňajú pracovné náklady, náhradné dielce, materiály, zariadenia a dopravu, ktorú dodávateľ počas údržby zaisťí či použije a priemerný zisk – všeobecne ide o čiastku uvedenú na faktúre dodávateľa), náklady na poradenské služby v oblasti údržby, administratívne náklady na údržbu, náklady na vzdelávanie pracovníkov údržby, náklady na údržbu vykonávanú vlastnou obsluhou, náklady na nadčasy zamestnancov údržby, náklady na dopravu, hotely apod., energiu a technické vybavenie náklady na dokumentáciu, počítačovú podporu a plánovacie systémy), odpisy údržbárskeho zariadenia; *nezahŕňajú sa* náklady na zmenu výrobkov alebo čas výmeny (napr. výmenu zápustiek), odpisy strategických náhradných dielcov; náklady na prestroje.

b) *súčiniteľ celkovej efektivity výrobného zariadenia* (OEE) vzťahovaný k určitému kalendárnemu obdobiu napr. mesiac, štvrťrok, rok apod.; tento súčiniteľ tvorí ukazovateľ *pohotovosti A* zahŕňajúci prestroje ovplyvniteľné údržbou (preventívna údržba vykonávaná počas požadovaného času prevádzky, údržba po poruche, prestavovanie a zoraďovanie), ukazovateľ *výkonnosti W* zahŕňajúci zníženú výkonnosť zariadenia v dôsledku horšieho technického stavu ovplyvniteľného údržbou a ukazovateľ *kvality Q* vyjadrujúci podiel nezhodných výrobkov ovplyvniteľný údržbou (prestavovaním a zoraďovaním) a počíta sa zo vzťahu:

$$OEE = A * W * Q; \quad OEE, A, W, Q \in (0; 1]; \quad (2)$$

Podrobnejšiu metódu určenia OEE nájdeme napr. v [9].

VARIANT	1	2	3	4	5
REVENUES _{nom} (ΔT)	1 000 000,-	1 000 000,-	1 000 000,-	1 000 000,-	1 000 000,-
TEE(T_2)	0,8	0,7	0,9	0,45	0,90
TEE(T_1)	0,5	0,6	0,9	0,45	0,95
COSTSm(T_2)	60 000,-	50 000,-	40 000,-	60 000,-	55 000,-
COSTSm(T_1)	100 000,-	50 000,-	60 000,-	50 000,-	50 000,-
$\Delta \text{PROFITm}(\Delta T)$	340 000,-	100 000,-	20 000,-	-10 000,-	-55 000,-

Tab. 1 Ilustrácia typických variantov prírastku údržby k zisku organizácie – počítané podľa vzťahu (1)

c) *ideálne tržby (výnosy) organizácie* R_{id} pre súčiniteľ celkovej efektívnosti výrobného zariadenia $OEE=1$ (ideálny stav, keď výroba by prebiehala bez akýchkoľvek strát spôsobených údržbou a všetka ideálna produkcia nachádza platiacich zákazníkov) vzťahované k určitému kalendárnemu obdobiu napr. mesiac, štvrťrok, rok apod.

d) *reálne tržby (výnosy) organizácie* R_{real} zodpovedajúce skutočnému súčiniteľu celkovej efektívnosti výrobného zariadenia a vzťahované k určitému kalendárnemu obdobiu napr. mesiac, štvrťrok, rok apod.

e) *náklady na prestroje, ekologické havárie a úrazy* C_{edi} ovplyvnené údržbou a vzťahované k určitému kalendárnemu obdobiu napr. mesiac, štvrťrok, rok apod.

Na základe týchto vstupných údajov je možné vytvoriť vzťah, ktorý vyjadruje *súhrnný ukazovateľ kvality a výkonnosti manažmentu údržby* I_{qp}

$$I_{qp} = 1 - \frac{C_m + C_{edi} + (1 - OEE)R_{id}}{R_{real}} \quad (3)$$

Uvedený súhrnný ukazovateľ kvality a výkonnosti manažmentu údržby (3) môže mať teoreticky ideálnu hodnotu jedna, a to v prípade, že náklady na údržbu C_m a náklady na ekologické havárie a úrazy C_{edi} budú nulové a OEE bude rovné jednej. V realii bude hodnota tohto ukazovateľa vždy menšia než jedna, predsa však je jasné, že približovanie k hodnote jedna (alebo 100%) je pozitívny a vítaný trend.

Výhoda tohto ukazovateľa spočíva v jeho vlastnosti zachytiť a reprezentovať viac vplyvov a faktorov manažmentu údržby (napr. vplyv pomeru internej a externej údržby, preventívnej údržby a údržby po poruche, zvládnutie procesov prestavovania a zoraďovania, vplyvy zhoršovania technického stavu na výkonnosť zariadenia, vplyvy nezhodných výrobkov, vplyvy údržby na ekologické havárie a úrazy, vplyvy úrovne výcviku pracovníkov údržby, vybavenia údržby apod.)

Nevýhoda spočíva v náročnosti získavania niektorých podkladov, v inflačných finančných procesoch, kurzových vplyvoch, v trhových a iných obmedzeniach maximálneho využívania výrobných kapacít; v krátkodobom intervale môže byť špekulatívne či inak ovplyvnený dočasným obmedzením nákladov na údržbu apod.

4. Záver

Autori prírastku predstavili súčasný stav v oblasti ukazovateľov výkonnosti údržby, ktoré sa používajú v benchmarkingu údržby a zdôraznili možné prepojenie s auditom manažmentu údržby ako aj rôzne možnosti tvorby štruktúry týchto ukazovateľov.

Bolo by veľmi užitočné rozšíriť tieto ukazovatele auditu a benchmarkingu o parametre technického stavu strojov a zariadení založené na sledovaní stavu a diagnostike.

Na základe analýzy boli navrhnuté dva súhrnné ukazovatele na ďalšiu diskusiu. Tieto ukazovatele spájajú meranie výkonnosti údržby s ekonomikou – teda v zásade vzťah pohotovosti výrobného zariadenia s nákladmi na jeho údržbu.

Ale čo je ešte dôležitejšie, význam ukazovateľov spočíva v ich vývoji počas časového obdobia, čo umožňuje rozpoznať zmeny po tom ako bola prijatá nová stratégia riadenia údržby.

Literatúra

- [1] Campbell, J. D.: UPTIME Strategies for Excellence in Maintenance Management, Productivity Press Portland, Kreton, 1995, ISBN 1-56327-053-6
- [2] ČSN EN ISO 19011:2003: Directions for auditing of quality of system management and/or system of environmental management
- [3] EN 15341: Maintenance – Key Performance Indicators
- [4] Grencik, J., Legat, V.: Audit and benchmarking – tools to develop maintenance strategy In: Conference proceedings Euromaintenance 2006, 20–22 June, 2006 Basel, pp. 543–548, ISBN 3-9523151-0-9
- [5] Grencik, J., Lazar, M., Hrubsa, A.: Benchmarking of maintenance by EFNMS in the maintenance information system environment, conference proceedings Central European Forum on Maintenance 2005, SSU, 2005, Vysoké Tatry, pp.192-198, ISBN 80-8070-392-2
- [6] ISO/TS 16949, 2002: Catalogue of questions to audit of quality management based on processed orientated approach towards to audit. Catalogue of questions to audit according to ISO/TS 16949. ČSJ Praha 2002. ISBN 80-02-01518-5
- [7] Legat, V., Jurca, V., Hladik, T.: Money Centred Maintenance. In: Conference proceedings Euromaintenance 2004, AEM, 11–14 May, 2004 Barcelona, pp. 239–250
- [8] Müller, M.: Quick check of maintenance management. Conference proceedings National Forum on Maintenance 2004, SSU, 2004, Vysoké Tatry, pp. 19–30, ISBN 80-8070-248-9
- [9] Nakajima, S.: TPM Development Program. Implementing Total Productivity Maintenance. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press 1989.
- [10] Svantesson, T.: Nordic Benchmarking Analysis and EFNMS Key Figures. In: Conference proceedings Euromaintenance 2002, KPY, 3–5 June, 2002, Helsinki, pp. 129–142
- [11] www.smrp.org

Karel CHMELÍK, Václav ČECH, Jiří FOLDYNA

DIAGNOSTIKA ELEKTRICKÉHO KONTAKTU V LOŽISKU

1. Úvod

Poškození valivých nebo kluzných ložisek u elektrických nebo i jiných strojů není žádnou zvláštností. Úkolem diagnostiky je včasné zjištění počínající závady nebo poruchy ložiska a někdy také zjištění příčiny eventuální havárie ložiska. V poslední době, vlivem značného rozšíření napájení elektromotorů ze statických měničů, se častěji objevují poruchy ložisek zapříčiněné průchodem elektrického proudu. Objevuje se snaha každou poruchu ložiska, u motorů napájených uvedeným způsobem, přičítat ložiskovým proudům. Z tohoto důvodu se snažíme objektivně analyzovat vzniklé poruchy a hledat důvody vzniku hřídelových napětí, mechanismy degradačního působení elektrického proudu a zabránění jeho průchodu ložiskem.

2. Možnosti zamezení průchodu elektrického proudu ložiskem

Funkce valivého ložiska ve stroji není převádět proud. Za určitých podmínek se může vytvořit na ložisku napětí a začne protékat ložiskem proud. Vznik vysokofrekvenčních ložiskových proudů je spojen s napájením motorů z měničů. Protože použití měničů je stále rozšířenější je i otázka vysokofrekvenčních ložiskových proudů aktuální.

Pro objasnění vlivu frekvenčních měničů na životnost ložisek strojů a účinnost preventivních opatření provádíme několik činností:

- Experimenty pro určení vlivu vysokofrekvenčního kapacitního proudu.
- Zkoušky preventivních opatření.
- Rozbor poruch ložisek u reálných pohonů.

Existuje několik možných konstrukčních úprav pro zabránění průchodu proudu:

- Odstranění všech nesymetrií el. i mg. obvodu.
- Izolace ložisek nebo ložiskových stojanů.
- Připojení uzemněného kartáče na hřídel.
- Keramická nebo hybridní ložiska.

Odstranění jakékoliv možné nesymetrie magnetického a elektrického obvodu je žádoucí u všech elektrických strojů a to bez ohledu na jejich výkon, velikost či použití. U zbývajících úprav pak rozhoduje výkon, druh stroje a jeho konstrukční řešení a v neposlední řadě i náklady na předpokládanou konstrukční úpravu. Takovéto hodnocení by již vybočovalo ze zaměření této konference a proto se budeme dále zabývat pouze rozbohem možné degradace vlastností izolovaného valivého ložiska.

3. Vlivy frekvenčních měničů na asynchronní motor

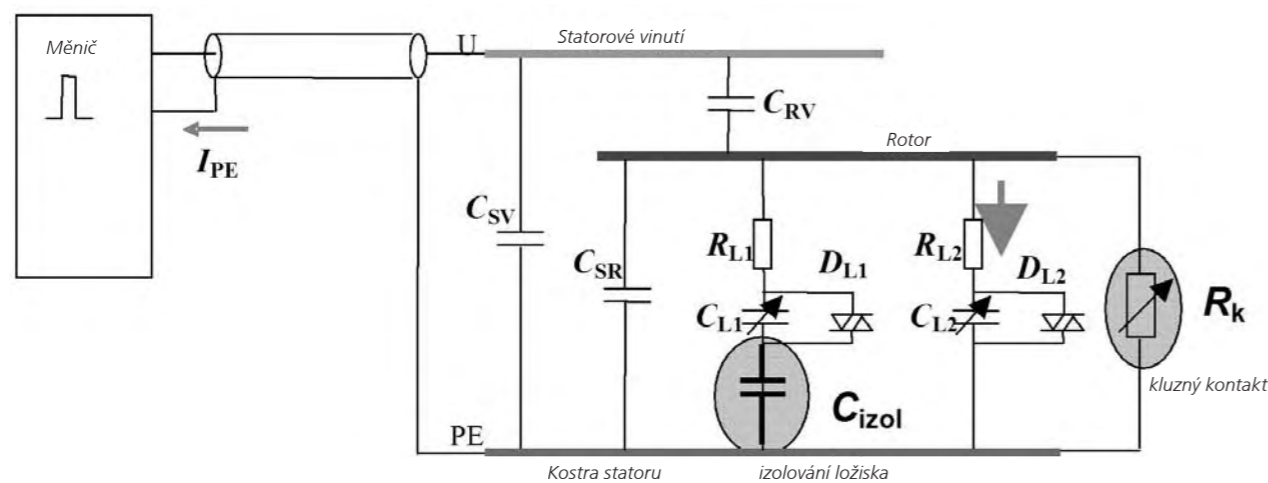
Vedle namáhání izolačního systému vinutí, vzniku parazitních momentů a hluku je nejzávažnější negativní působení napěťových pulzů při napájení motoru nesinusovým napětím z měniče frekvence napěťového typu.

Napěťový měnič vytváří pravoúhlé impulsy napětí s pevnou amplitudou, které mají proměnnou šířku a kmitočet. Doby náběhu výstupního napětí moderních měničů mohou být v rozsahu 50 ns–400 ns. Při sinusovém napájení 50 Hz tvoří rozptylové kapacity uvnitř motoru, které jsou velmi malé, vysokou impedanci. Napěťové impulsy s vysokou strmostí však způsobují na těchto kapacitách proudové pulsy. Tyto proudy pak za určitých podmínek protékají přes ložiska stroje. Rozlišuje se pak několik druhů vysokofrekvenčních proudů.

Největší část kapacity motoru se vytváří mezi statorovými vinutími a kostrou motoru C_{SV} , viz obr. 1. Existují jiné kapacity, jako je kapacita mezi čelem statorového vinutí a rotorem C_{RV} , nebo kapacita mezi železem statoru a povrchem rotoru C_{SR} . Elektrické vlastnosti ložiska lze vyjádřit zapojením kondenzátoru C_L , odporu R_L a diaku D_L . Kondenzátor představuje kapacitu mazivové vrstvy, diak pak vyjadřuje její elektrickou pevnost.

Vznik ložiskových proudů je ovlivněn mnoha parametry jak vlastního stroje, tak také způsobem uzemnění a napájení.

Obecné zásady pro zamezení vzniku ložiskových proudů jsou: dodržení symetrie stroje, napájení sinusovým napětím, vhodný systém kabeláže a uzemnění.



Obr. 1 Schématické znázornění pomoci impedancí v motoru

Výrobci a provozovatelé pohonů s frekvenčními měniči provádějí další preventivní opatření a konstrukční úpravy:

- izolování ložisek – požaduje se aby kapacita izolace ložisek byla co nejmenší, použití ložisek izolovaných na vnějším nebo vnitřním kroužku nebo ložisek s keramickými valivými tělesy (hybridních),
- připojení uzemněného kartáče na hřídel.

Lze říci, že funkčnost těchto dodatečných opatření je ověřena pro nízkofrekvenční ložiskové proudy. Pro ložiskové proudy charakteru kapacitních nabíjecích pulsů není jednoznačně známa jejich účinnost.

Na obrázku 2 je impedanční závislost ložiskového uzlu s izolovaným ložiskem. Izolace ložiska je tvořena izolační páskou a destičkami tloušťky 0,3 mm. Toto preventivní opatření je poměrně technologicky náročné, neboť si vyžaduje obrobení ložiskového štítu. Impedance ložiskového uzlu byla měřena mezi hřídelí a ložiskovým štítem. Frekvenční závislost impedance byla určena pomocí frekvenčně regulovatelného zdroje.

Kapacita izolace ložiska je $C_L = 5,8 (nF)$. Z charakteristiky je patrné, že toto opatření má vliv pro nízkofrekvenční ložiskové proudy. Při napájení z měničů frekvence se pohybujeme v oblastech jednotek MHz a zde již impedance izolace je téměř nevýznamná.

$$d = \sqrt{\frac{r}{p \cdot f \cdot m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-7}}{p \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot p \cdot 10^{-7}}} = 0,1 (mm)$$

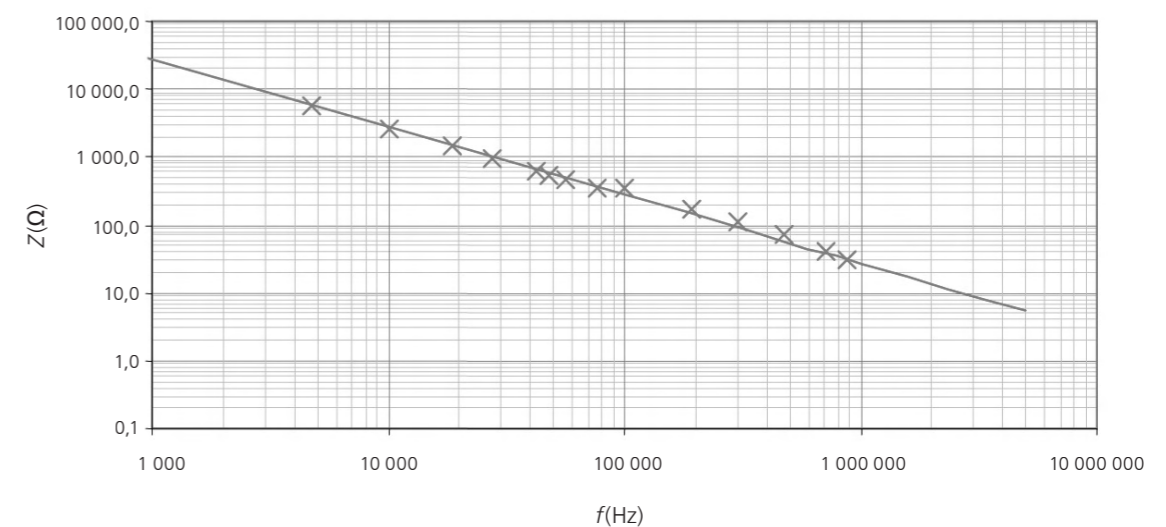
5. Vliv uzemňovacích kabelů

Základní vliv na tvorbu ložiskových proudů má uzemňovací soustava. S rostoucí frekvencí protékajícího proudu se uplatňuje vliv skinefektu. Kapacitní proudové výboje uzavírající se mezi motorem a měničem mají řádově frekvenci jednotek MHz.

Pro měděný vodič a frekvenci 1 MHz je hloubka vniku jen asi 0,1 mm, tj. ve vzdálenosti 0,1 mm pod povrchem se amplituda utlumí na $1/e$ (37%) své hodnoty na povrchu.

Pro názornost byl proveden experiment s dvěma vodiči. Na obr. 4 jsou změřeny úbytky napětí na vodiči 1,5 m spojující kostru motoru a kostru měniče. Průběh s modrou barvou je úbytek napětí na vodiči s kruhovým průřezem 4 mm². Z hlediska elektrické bezpečnosti toto uzemnění vyhovuje. Zelený průběh odpovídá vodiči obdélníkového průřezu 15x1 mm. Napětí kostry motoru vůči kostře měniče je pro vodič kruhového průřezu 60 V a je přibližně 20x větší než při uzemnění pásovým vodičem 3 V. Napětí kostry motoru se pak zvyšuje ve srovnání s hladinou uzemnění zdroje.

Impedance izolovaného ložiskového uzlu



Obr. 2 Frekvenční závislost impedance ložiskového uzlu s izolovaným ložiskem

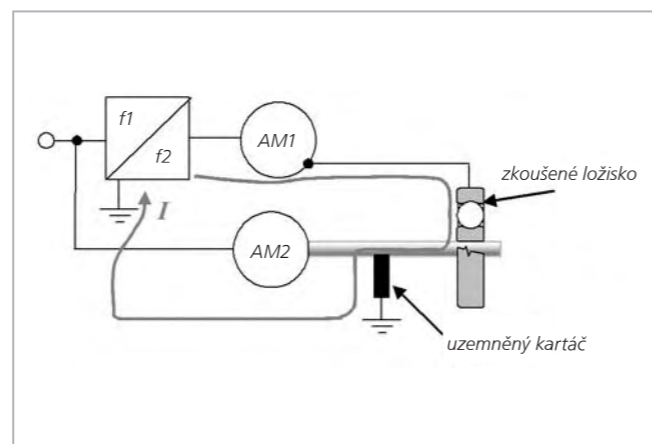
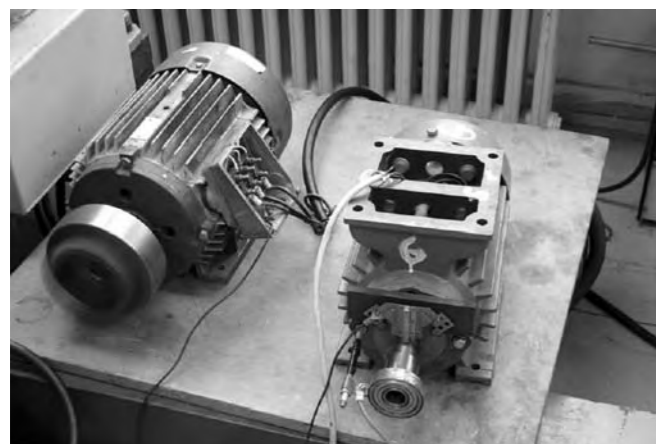
4. Vliv elektrického proudu na životnost ložisek

Provedli jsme pokusy s několika kuličkovými ložisky a to běžného provedení, ložiska s keramickou izolací a ložiska s keramickými elementy viz tab. 1. Přes otáčející se ložisko se záměrně nechal dlouhodobě protékat proud, při omezení ostatních negativních vlivů. Proudové pulzy byly generovány souhlasným napětím, objevujícím se na kostře motoru napájeného z frekvenčního měniče. Toto zapojení modelovalo situaci, kdy je rotor lépe uzemněn než kostra motoru a kapacitní proud se uzavírá přes ložiska motoru. Zapojení obvodu a pohled na zkoušený motor jsou na obr. 3.

Ložiska byla následně rozřezána a podrobena analýze. Bylo zjištěno, že u běžných ložisek dochází po krátké době k narušení oběžných ploch ložiska i maziva. Obdobné narušení bylo i u izolovaného ložiska. U ložiska s keramickými elementy poškození zjištěno nebylo.

6. Diagnostika valivého ložiska

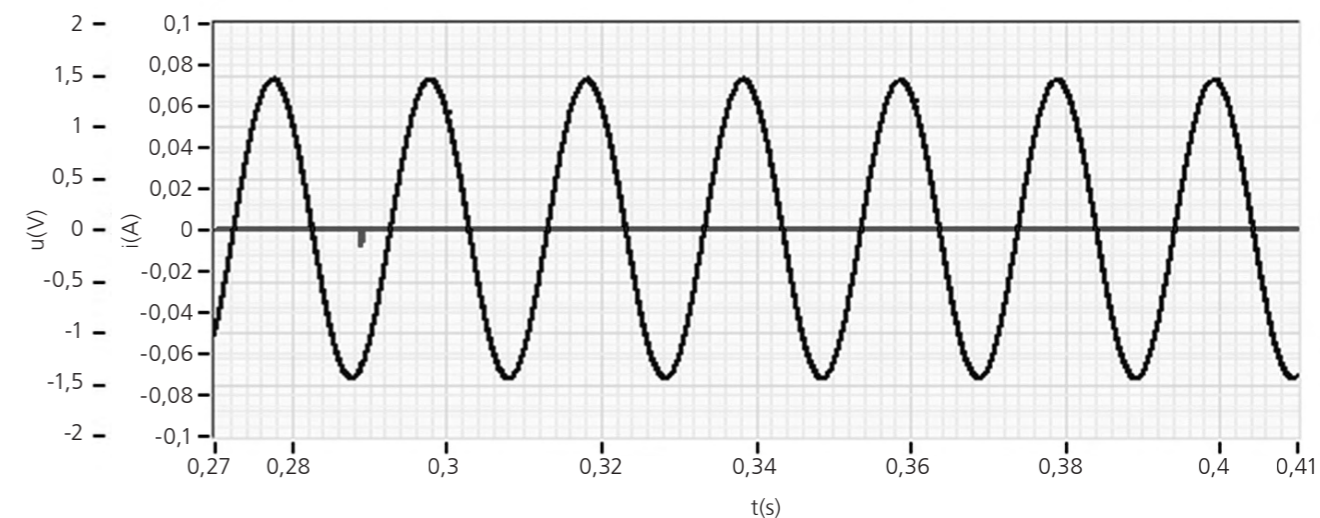
Pro ověření účinnosti používaných preventivních opatření provádíme řadu experimentů. Vyhodnocení provádíme na základě jednotlivých měření a vzájemných porovnávání výsledků. Jsou realizovány také dlouhodobé experimenty, princip zkoušek je obdobný jako u ložisek viz kap. 4. Zkoušky probíhají na standardně připravených ložiskových uzlech, jedná se o ložiskový uzel pro motor s osovou výškou 220 mm. V průběhu zkoušek se dlouhodobě monitorují napětí, proud na uzlu, vibrace a teplota. Po dokončení zkoušek jsou ložiska demontována rozřezána a posouzena pomocí metalografického zkoumání. Naší snahou bylo diagnostikovat začínající poškození ložiska ještě před demontáží. Dlouhodobé monitorování jsme proto doplnili dalším měřením. Mezi vnější a vnitřní kroužek ložiska zkoušeného ložiskového uzlu přikládáme v pravidelných intervalech zdroj 1 V/50 Hz/30 mA a poté jsou odměřeny průběhy úbytku napě-



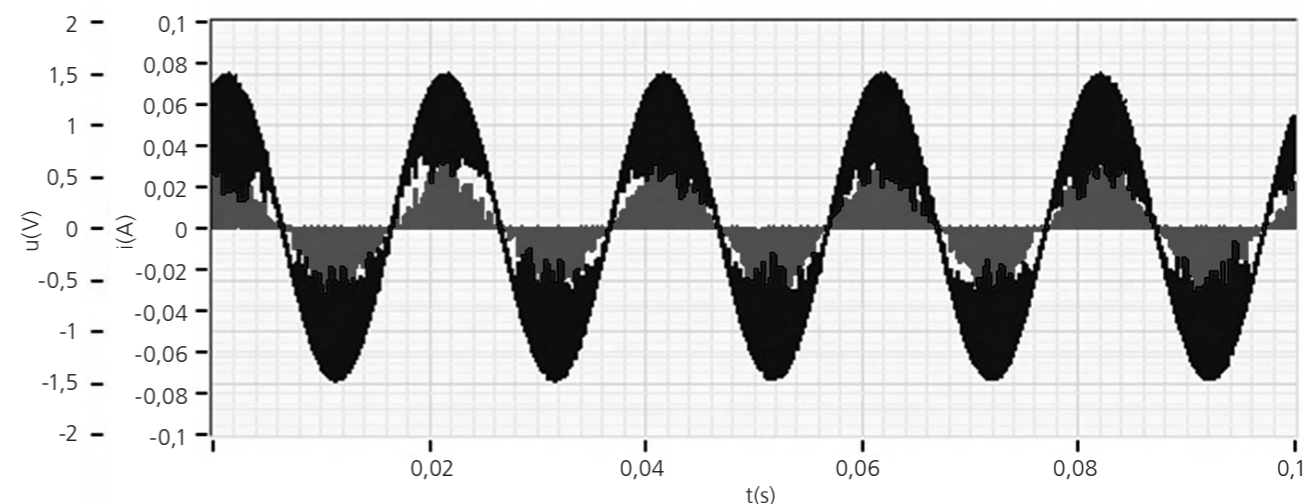
Obr. 3 Princip zkoušek

DRUH LOŽISKA	POČET ZKOUŠEK	DĚLKA ZKOUŠEK (hod)	ZÁVĚR
normální ložisko	4	60/100/100/300	U všech vzorků bylo po rozřezání ložiska patrné poškození oběžných drah kroužků, valivého tělesa i maziva.
ložisko izolované na vnějším kroužku	1	100	Po rozřezání pozorováno poškození obdobné jako o normálního ložiska, bylo však pro danou dobu méně výrazné.
hybridní ložisko (nekovový valivý člen)	1	100	Po rozřezání nebylo pozorováno žádné poškození.

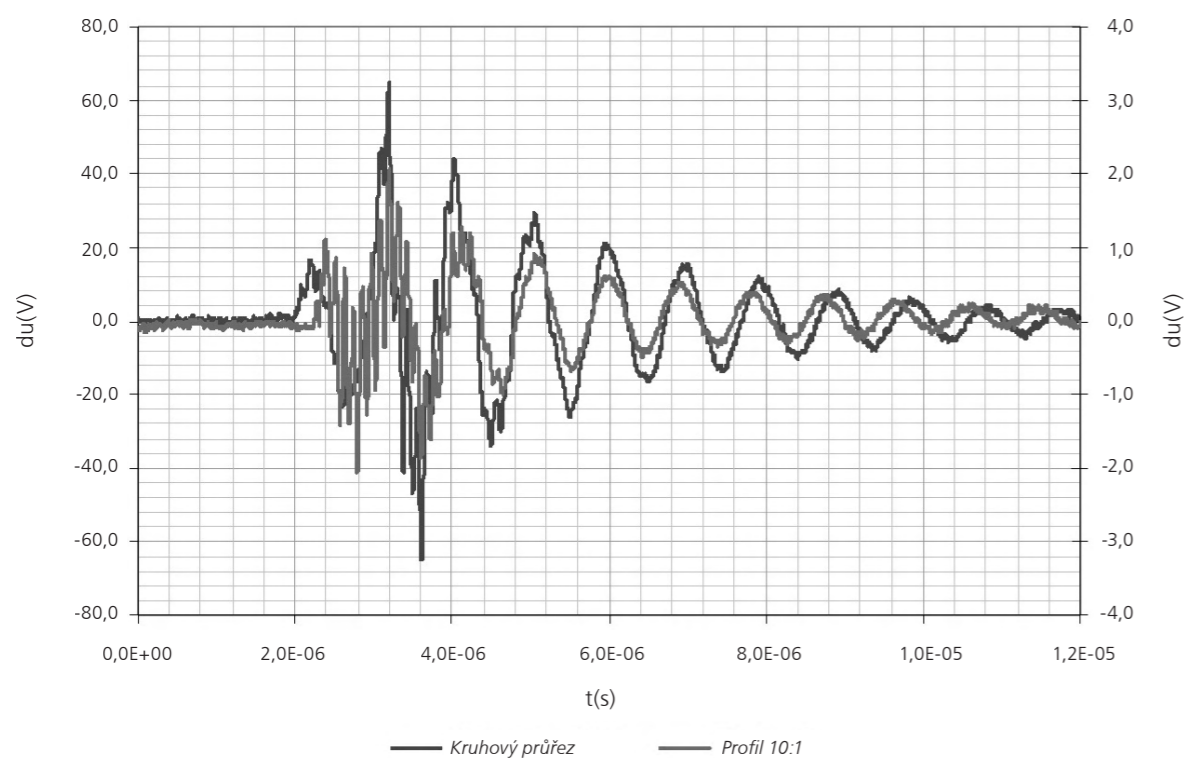
Tab. 1



Obr. 5 Průběh napětí a proudu na ložisku před dlouhodobým testem



Obr. 6 Průběh napětí a proudu na ložisku během dlouhodobého testu



Obr. 4 Úbytek napětí na zemním vodiči při průchodu kapacitního výboje

úbytku napětí na ložisku a procházejícího proudu. Na obr. 5 je průběh okamžitých hodnot napětí a proudu na ložisku před dlouhodobým testem. Mazivový film ložiska vytváří dokonalou izolační vrstvu, obvodem neprotéká proud. Objevují se pouze náhodné krátkodobé průrazy.

Působí-li na ložisko vysokofrekvenční kapacitní výboje, dochází ke změnám, které jsou patrné z obr. 6. Elektrická pevnost mazivové vrstvy již není tak dokonalá, dochází k průchodu proudu. Průchod proudu si lze vysvětlit jednak zvýšením teploty maziva průchodem proudových pulsů a tím změnou vlastností maziva a jednak také vznikajícím poškozením oběžných drah ložiska.

V průběhu zkoušky se pak snižuje efektivní hodnota úbytku napětí na ložisku, proud naopak roste a prochází téměř trvale.

1. Závěr

V současné době provádíme dlouhodobé zkoušky preventivních opatření, které by měly zabránit poškození ložisek vysokofrekvenčními kapacitními výboji. Při přípravě experimentů jsme se zabývali otázkou, jak porovnat jednotlivé ložiskové uzly. Měření vibrací je nedostačující, protože ve spektru vibrací se projeví až velmi výrazné poškození. Doplnili jsme proto zkoušky o měření izolačního stavu mazivové vrstvy, která je mimo jiné také ovlivněna stavem ložiska. Z dosavadních zkoušek lze říci, že poškození oběžných drah ložiska ovlivňuje také izolační schopnosti mazivové vrstvy a tedy i průběh napětí a proudu.

Literatura:

- [1] Pospíšilík, J.: Podmínky vzniku hřídelových napětí a ložiskových proudů při nesinusovém napájení elektrického stroje, Disertační práce, Ostrava 2004
- [2] Sojka, J., Čech, V., Chmelík, K.: Degradace ložisek působením ložiskových proudů, XX. Mezinárodní symposium, Metody hodnocení struktury a vlastností materiálů, Polsko, 7-9.12.2005 Ustroň, ISSN 1429-605
- [3] Chmelík, K., Foldyna, J.: Prostředky pro zamezení znehodnocování ložisek elektrickým proudem, DISEE 2006, 136-139

Kontakt

Doc. Ing. Karel ChMELIK, VSB-Technical University Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Electrical Machines and Apparatus, 708 33 Ostrava, Czech Republic, phone +420 59 699 4275, fax +420 59 691 9597, karel.chmelik@vsb.cz

Ing. Vaclav ČECH Ph.D., VSB-Technical University Ostrava, Faculty of Electrotechnics and Informatics, Department of Electrical Machines and Apparatus, 70833 Ostrava, Czech Republic, phone +420 59 699 4424, vaclav.cech@vsb.cz

Ing. Jiri FOLDYNA, VSB-Technical University Ostrava, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Department of Electrical Machines and Apparatus, 70833 Ostrava, Czech Republic, phone +420 59 699 4277

Viera PEŤKOVÁ, SPP-preprava, a.s., Nitra
vedúca COP TD

CERTIFIKÁCIA PRE TECHNICKÝCH DIAGNOSTIKOV

Rýchly vývoj a rast technických inovácií a narastajúca špecializácia personálu si vyžaduje overenie kvality personálu, a tým pomôcť kvalifikovaným pracovníkom na trhu práce.

Na rozdiel od ostatných typov orgánov posudzovania zhody, ako napr. registračné orgány systému manažérstva, jednou z charakteristických funkcií certifikačného orgánu osôb je uskutočňovanie skúšok cez objektívne kritériá spôsobilosti a klasifikácie.

Certifikácia osôb je jedným z prostriedkov poskytovania záruky, že certifikovaná osoba spĺňa požiadavky kvalifikovanosti, odbornosti a spoľahlivosti informácií o danom zariadení. Dôvera v príslušnú certifikačnú schému sa dosiahne všeobecne prijatým procesom posudzovania. Nasledujúcim dohľadom a periodicky opakovanými posúdeniami spôsobilosti certifikovaných osôb.

Asociácia technických diagnostikov Slovenskej republiky už pri svojom vzniku v roku 1995 si pre svoju činnosť vytýčila cieľ, zavedenia uceleného systému vzdelávania a overovania spôsobilosti pracovníkov v oblasti technickej diagnostiky.

Už pri koncipovaní prvých zámerov v tomto smere sa predpokladalo, že takýto systém by mal mať širší rámec, kompatibilný s podobnými alebo identickými európskymi systémami.

V tomto smere vyvíja iniciatívu aj medzinárodná organizácia ISO. Vydala normy pre certifikáciu pracovníkov v oblasti technickej diagnostiky a akreditáciu orgánov, ktoré túto certifikáciu môžu vykonávať. Európsky výbor pre normalizáciu European Committee for Standardization (CEN) a Európsky výbor pre normalizáciu v elektrotechnike European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) schválili v roku 2003 normu pre stanovenie všeobecných požiadaviek na orgány vykonávajúce certifikáciu osôb, ktorej cieľom je vytvorenie a zavedenie všeobecne prijatej úrovne organizácie uskutočňujúcej certifikáciu osôb.

V súlade s vnútornými predpismi CEN/CENELEC aj Slovenská republika bola povinná prevziať európsku normu STN EN ISO/IEC 17024 „Posudzovanie zhody. Všeobecné požiadavky na orgány vykonávajúce certifikáciu osôb“.

Vývoj nových certifikačných schém osôb, ako ohlas na rastúcu rýchlosť technických inovácií a narastajúcu špecializáciu personálu môže nahradiť variabilitu vo výchove a výcviku a tak pomôcť trhu práce.

Pri Asociácii technických diagnostikov SR (ATD SR) je zriadený Certifikačný orgán pre certifikáciu personálu v technickej diagnostiky (COP TD) so sídlom v SPP-preprava, a.s. v Nitre. COP TD má svoj Výbor pre certifikačnú schému v zložení:

Vedúcou COP TD je Ing. Viera Peťková.

Členovia výboru sú:

Doc. Ing. Hana Pačaiová, PhD. – Technická univerzita Košice

Doc. Ing. Juraj Grenčík, PhD. – Slovenská spoločnosť údržby

Skúšobné stredisko je osvedčené Slovenskou národnou akreditačnou službou na vykonávanie certifikačného systému.

Skúšky sa vykonávajú pod dohľadom skúšobných komisárov, ktorých výber sa vykonáva po zohľadnení kvalifikačných a ďalších požiadaviek stanovených Príručkou kvality a Smernicami pre vibrodiagnostiku a infračervenú diagnostiku. Sú to zástupcovia tech-

nických univerzít na Slovensku ako i zástupcovia technickej praxe. Pri koncipovaní Certifikačného orgánu pre certifikáciu personálu v technickej diagnostike (COP TD) sme prijali zásadu postupného rozbiehania jeho činnosti v jednotlivých odvetviach technickej diagnostiky, v závislosti od reálnych materiálnych, finančných a najmä personálnych možností.

Certifikačný proces začína podaním žiadosti kandidáta o certifikáciu do COP TD v Nitre a žiadosti o vykonanie skúšky. Pred získaním certifikátu kandidát musí absolvovať školenie v príslušnej oblasti a úspešné vykonanie skúšok v oblasti teórie a praxe. Školenie môže vykonávať organizácia resp. osoba nezávislá od vyhodnocovania a certifikácie osôb. Musí byť zabezpečené, že dôvera a nestrannosť nie sú kompromitované.

Kandidátom je žiadateľ, ktorý spĺňa požiadavky stanovené na jeho účasť na certifikačnom procese.

Činnosti, na základe ktorých certifikačný orgán určí, že osoba spĺňa špecifikované požiadavky spôsobilosti sa nazývajú certifikačný proces. Certifikačný proces zahŕňa podanie žiadosti, vyhodnotenie, rozhodnutie o certifikácii, dohľad a recertifikáciu.

Spôsobilosť certifikovaného pracovníka je preukázaná schopnosť používať definované znalosti a skúsenosti a dôležité osobné vlastnosti. Spôsobilosť kandidáta sa overuje skúškou. Skúška je mechanizmus tvoriaci časť vyhodnotenia, ktorým sa meria spôsobilosť kandidáta použitím jedného alebo viacerých spôsobov, ako písomne, ústne tak i prakticky. Aby bol kandidát spôsobilý na skúšku, musí spĺňať minimálne požiadavky na vzdelanie, školenie, skúsenosti a prax v technickej diagnostike, ktoré sú definované. Kandidát sa musí zaviazat, že bude dodržiavať etický kódex.

Pri certifikačnom procese sa berie do úvahy aplikovanie uvedených metód pri diagnostikovaní týchto objektov:

- Systavy parných turbín a generátorov,
- Systavy spaľovacích turbín a generátorov,
- Systavy priemyselných točivých strojov (napr. turbokompresory, turbínové čerpadlá, turbodúchadlá, elektrické točivé stroje, skrutkové kompresory, prevodové kompresory, ventilátory, prevodovky, papierenské stroje a pod.),
- Systavy vodných turbín, čerpadiel a generátorov (vo vodných elektrárňach, prečerpávacích staniciach a podobných zariadeniach),
- Systavy strojov s vratným pohybom (napr. piestové stroje, křídlové kompresory a pod.),
- Systavy elektrických strojov a zariadení,
- Systavy priemyselných pecí, technologických zariadení a stavieb

Kandidát môže získať úroveň špecialista I až IV podľa úrovne vzdelania, praxe, a ďalších podmienok uvedených v príslušných smerniciach.

Na základe týchto splnených podmienok je kandidátovi vydaný preukaz na meno v slovenskom a anglickom jazyku, a ktorý má medzinárodnú platnosť.

Podrobnejšie informácie sa dajú získať na stránke www.atdsr.sk alebo priamo u vedúcej COP TD Ing. PEŤKOVEJ na e-mailovej adrese: viera.petkova@spp-preprava.sk

Aurel SLOBODA, Ján PILA, Aurel SLOBODA, ml.

UPLATNENIE DIAGNOSTICKÝCH METÓD V LETECKEJ TECHNIKE

Kľúčové slová: vibrodiagnostika, tribodiagnostika, vibračné spektrá

1. Úvod

Medzi hlavné požiadavky v prevádzke leteckej techniky patrí vysoká bezpečnosť letu, prevádzková spoľahlivosť jednotlivých agregátov, pravidelné vykonávanie jednotlivých druhov údržby všetkých systémov lietadiel, dodržanie technológie opráv a pod. Bezpečnosť prevádzky a predĺženie technického života lietadiel nie je možné bez používania moderných metód technickej diagnostiky. V súčasnosti sa do popredia dostáva tzv. predikčná údržba. Je to proaktívny nástroj, pomocou ktorého je možné predpokladať vznik poruchy, čo je založené na tzv. „real-time“ využití nástrojov pri zisťovaní skutočného technického stavu zariadení. Najčastejšie používané metódy sú vibroakustická, vibračná a tribotechnická. Každá z týchto metód je charakterizovaná technickými prostriedkami, metodikami hodnotenia, spôsobom merania, diagnostickými parametrami, oblasťou použitia a pod.

2. Diagnostika v leteckej technike

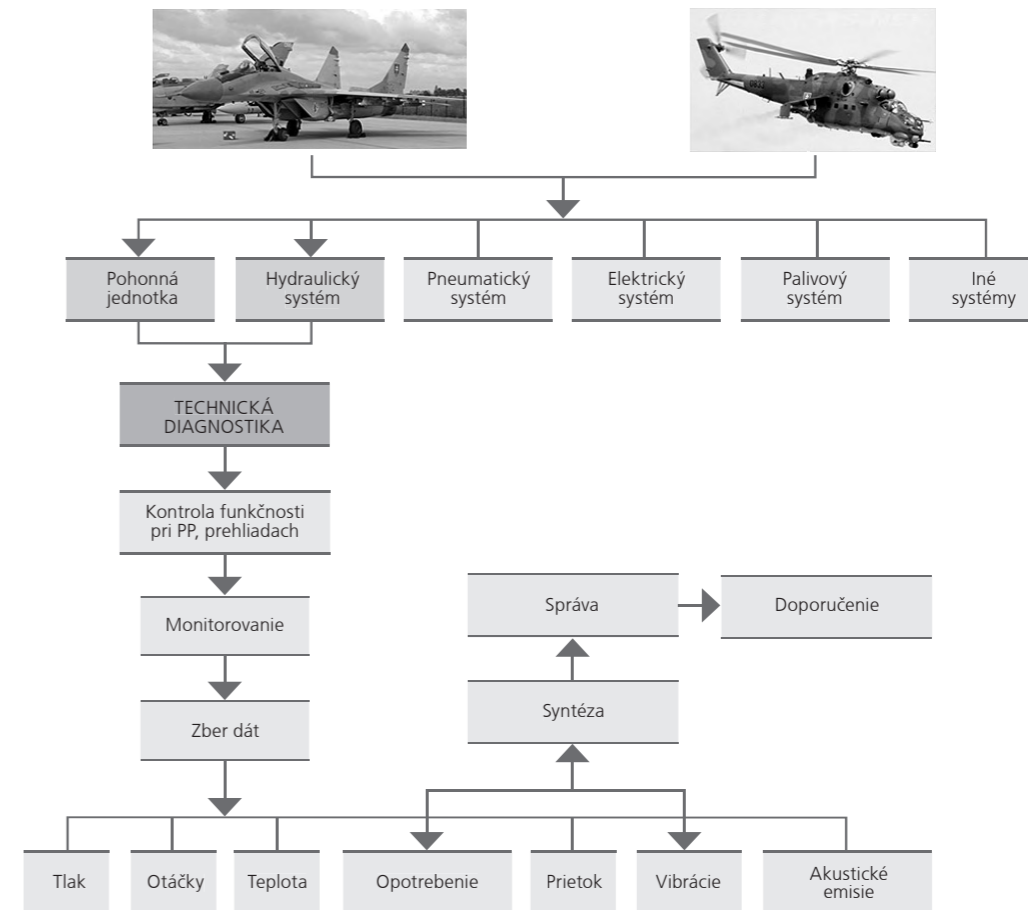
Opravitelnosť lietadlových celkov je daná modulárnosťou ich konštrukcie a možnosťou zabezpečenia ich práceschopnosti nielen v opravárenských podnikoch, ale aj v podmienkach prevádzky.

Údržba lietadiel je z hľadiska organizácie a počtu vykonávaných predpísaných prác ekonomicky náročná. Je to dané objemom vykonávaných prác, realizáciou nežiaducich demontáží, čím sa nepredchádza katastrofickým poruchám, ale často sa vytvára väčšie nebezpečenstvo ich vzniku.

Rozsah možného monitorovania pri údržbe súčasných lietadiel v Európskom sektore s použitím stratégie off-line je znázornený na obr. 1. Technická diagnostika lietadiel sa zakladá na všeobecnej teórii diagnostiky a jej rozvoj je pevne spojený s vývojom lietadiel a ich prevádzkových systémov.

Tribologický systém – je systém základnej úrovne, v ktorom prebieha trenie ako proces v dôsledku vzájomného pôsobenia minimálne dvoch štruktúrnych systémových prvkov. Viazanosťou tribologického systému na materiálne prvky vznikajú energeticky podmienené zmeny, čo sa navonok prejavuje ako opotrebovanie, čo je neželaným materiálovým výstupom.

Vibrodiagnostika je založená na meraní a analýze vibračných signálov a je prioritnou diagnostikou. Jej aplikácia umožňuje zvyšovanie bezpečnosti a ekonomickosti prevádzky leteckej techniky. Dokonalé zvládnutie vibrodiagnostiky si vyžaduje poznanie vibračných



Obr. 1 Monitorovací systém pre predikčnú údržbu lietadiel

3. Čiastkové výsledky sledovaných diagnostických uzlov

V predkladanej práci poukážeme na čiastkové výsledky tribo-diagnostiky záložného hydraulického zdroja NP-27T z lietadla a vibrodiagnostiky reduktorov transmisie vrtuľníka.

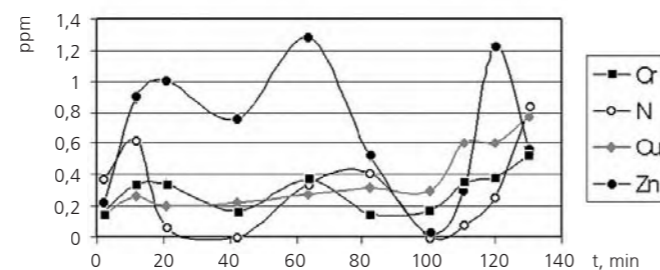
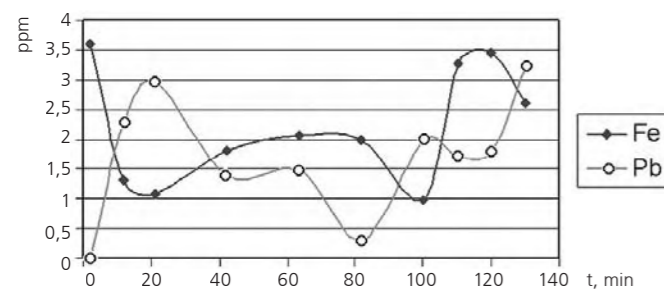
Na skúšobnom stende sme sledovali štyri hydrogenerátory NP-27T. Pohon bol realizovaný vlastným elektromotorom. Celé zariadenie je umiestnené na stojane v zadnej – chvostovej časti lietadla.

Na základe chemického rozboru piestika a valca hydrogenerátora tento bol testovaný v časovej závislosti na množstve prvkov, ktoré boli zisťované v oleji pomocou atómového emisného spektrografa –SPECTROIL M, obr. 2.

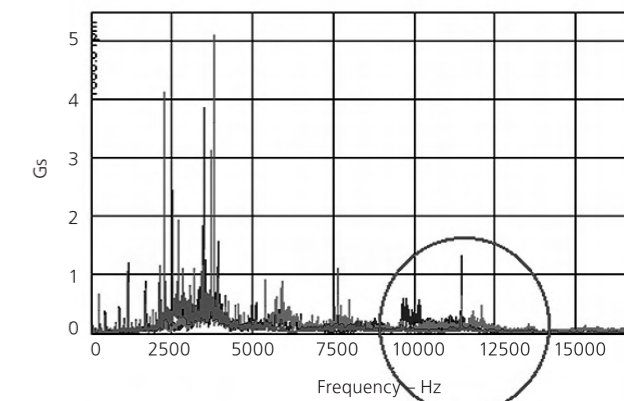
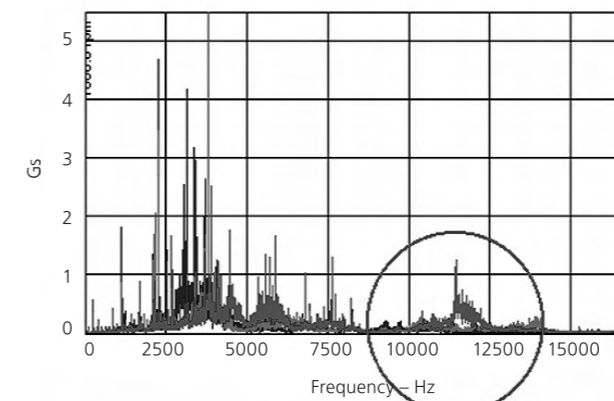
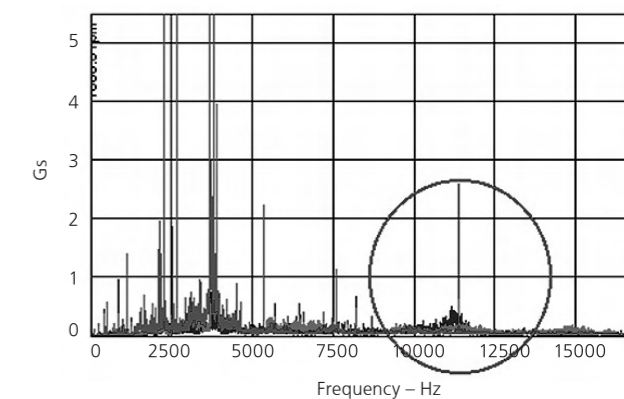
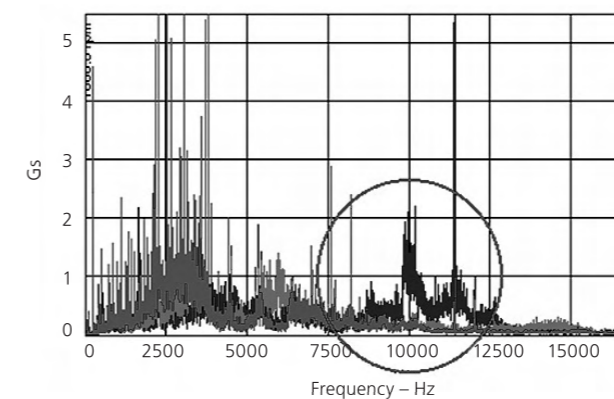
Z priebehu hodnôt je zrejmé nadmerné opotrebovanie hydrogenerátora po cca 100 minútach chodu. Na obr. 2 je to zrejmy nárast Fe a Pb zhruba v 110 minúte. Súčasne bolo zistené nad-

Vibrodiagnostické merania boli vykonávané na ôsmich vrtuľníkoch Mi-24 počas ich reálnej prevádzky na leteckej základni v režime „letový nominál“ so záťažou 2500 kg a podvesenými palivovými nádržami s obsahom 4x500 litrov pri 95% otáčok nosného rotora a uhlom nastavenia páky kolektívu 6 δ . Merania boli realizované pomocou kolektora – analyzátora Microlog CMVA55 a piatich snímačov zrýchlenia. Tri snímače boli umiestnené na hlavnom reduktore pre meranie v troch súradnicových osiach. Jeden snímač bol na vložnom a jeden na koncovom reduktore. Analýza spektier bola vykonávaná v programe PRISM for 4. Vibrácie reduktorov a ich uzlov predstavujú zložitý kmitavý proces. Ich frekvenčné spektrum je znázornené na obr. 3.

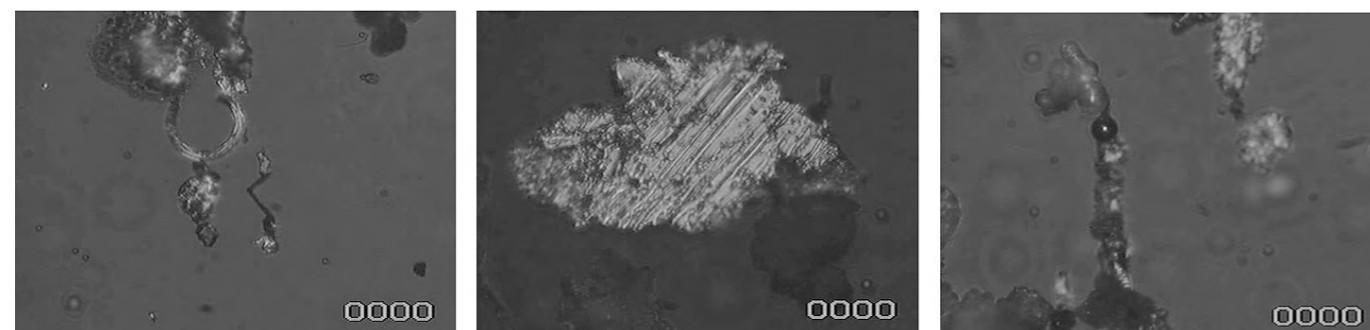
Pre analýzu vibračných signálov sme využíval tri metódy vibračného monitorovania a vibrodiagnostiky: meranie celkových hodnôt vibrácií, frekvenčnú analýzu a obálkovanie spektier.



Obr. 2 Časová závislosť priebehu opotrebovania Fe, Pb, Cr, Ni, Cu, Zn



Obr. 3 Symptómy charakterizujúce degradáciu vrtuľníkového reduktora



Obr. 3 Ferogramy z filtra pri zväčšení 250 krát

a – rezná častica veľkosti 30 μ m pri zväčšení, b – šmyková častica veľkosti 79,5 μ m pri zväčšení, c – sférická častica v únavových časticách pri zväčšení

merné opotrebovanie zrejme na prvkoch Cr, Ni, Cu. Podľa hodnôt ktoré prvky dosiahli môžeme povedať, že od 110 minúty chodu hydrogenerátora je potrebné ho vyradiť z prevádzky z dôvodu nadmerného opotrebovania piestika aj valca. Toto opotrebovanie je doložené vzorkou z veľkého filtra prostredníctvom ferogramov obr. 3.

Na základe ferogramov boli vo vzorkách z filtrov zistené šmykové, rezné a únavové častice. Prejavom takýchto častíc s danými rozmermi poukazuje na havarijný stav hydrogenerátora, ktorý znižuje bezpečnosť daného systému. Následkom čoho je potrebné hydrogenerátor vyradiť z činnosti a nahradiť novým.

Analýzy porúch systémov indikujú, že mnohým permanentným porúcham je možné predchádzať v čase ich nestabilnej činnosti. Nestabilná činnosť môže byť detekovaná zisťovaním trendov. Ak sú v trendových dátach detekované charakteristické symptómy, potom čas potrebný na diagnostiku a teda aj periódu nestability je možné redukovať. Tento prístup v diagnostike sa nazýva trendová analýza, alebo diagnostika založená na symptómoch (symptom-based diagnosis).

Táto metóda založená na sledovaní charakteristik systému počas diagnostického procesu je relatívne nová a využíva „real-time monitoring“ techniky pre zber dát. Počas monitorovania sa sledujú a mapujú symptómy dôležitých uzlov (obr. 3). Ak pri normalnej činnosti stroja

sa objavia nové symptómy, porovnávajú sa s predchádzajúcimi. Na základe porovnania týchto máp je možné vytvoriť algoritmus disperzie určujúci vzťahy medzi poruchami čo do ich veľkosti, časovej následnosti (vývoja) a miesta.

Mechanické systémy hlavného reduktora majú zložitú konštrukciu a tým aj veľa rezonančných frekvencií. Na týchto rezonančných frekvenciách môžu byť budené vlastné kmity alebo vynútené kmity, vyvolané činnosťou určitých síl v reduktore, ktoré môžu byť spojené s prítomnosťou rôznych porúch.

Pri zhode frekvencií najintenzívnejších zložiek vynúteného kmitania s rezonančnými frekvenciami stroja dochádza k rastu ich amplitúd. Vo vibrodiagnostike reduktorov je možné sledovať vlastnosti budiacich síl a tiež aj vlastnosti mechanického systému.

4. Záver

Tribotechnická diagnostika hydrogenerátora potvrdila jeho degradáciu. Vyraďenie hydrogenerátora z prevádzky podľa technických podmienok bolo však z dôvodu zníženia dodávky hydraulického kvapaliny. Tuto diagnostiku doporučujeme ako podporný prvok k vibračnej diagnostike.

K zmene mikroštruktúry reduktora (hydrogenerátora) dochádza v kontaktných plochách kinematických dvojíc vplyvom ich postupnej degradácie, čím sa mení aj charakter ich vzájomnej činnosti. Zmenu štruktúry sledovaných objektov je možné nazvať aj zmenu ich technického stavu v každom časovom okamihu charakterizovanou určitým súborom konkrétnych hodnôt jednotlivých detailov uzlov. Zmena štruktúry parametrov objektov má vplyv na technicko-prevádzkové vlastnosti (napr. zväčšenie vôlei, menší tlak hydrogenerátora

(reduktora), nepresná regulácia, atď.) a zníženie efektívnosti systému. Zmena štruktúry parametrov má svoje zákonitosti pre konkrétne zariadenie, ktoré sme sa snažili zistiť vykonaním experimentov. Diagnostika tvorí veľkú časť údržbárskej činnosti. Značne determinuje efektívnosť údržby, pretože zabezpečuje jej riadenie. Diagnostika systému predstavuje jeho odozvu na poruchu, ktorá umožňuje získať informácie o poruchách ich miestach a pod. Techniky predikcie porúch založené na diagnostike správania sa systému umožňujú dopredu určiť poruchový komponent systému, t.j. skôr než dôjde k vážnemu problému. Systém využívajúci diagnostické nástroje údržby má vyššiu spoľahlivosť.

Použitá literatúra

- [1] PÍLA J.: Využitie tribo-diagnostiky pri diagnostikovaní piestových hydrogenerátorov, Nové trendy v rozvoji letectva, Košice, 2000.
- [2] PÍLA J.: Diagnostika vrtuľníkových reduktorov, Nové trendy v rozvoji letectva, Košice, 2002.
- [3] SLOBODA, A. ml.: Predikčná údržba z pohľadu bezpečnosti leteckej techniky. Bezpečná práca, č.4, Bratislava, 2005, ISSN 0322-8347.
- [4] SLOBODA, A. ml., SLOBODA, A.: Vyhodnotenie tribo-technickej diagnostiky pre hydrogenerátor NP-27T. In.: DIS 2003 DT- KBAKP SJF TU Košice, 2003, ISBN 80-7099-697-8.

Kontaktná adresa

prof. Ing. Aurel SLOBODA, PhD., KBAKP SJF, TU Košice, Letná 9, 041 87 Košice.

Ing. Ján PÍLA, PhD., KLI, Letecká fakulta TU, Rampová 7, 041 21 Košice.
Ing. Aurel SLOBODA, PhD., ml. Miletičova 68, 821 08 Bratislava.

František HELEBRANT, Ladislav HRABEC, Vladislav MAREK

ČISTOTA OLEJE, ŽIVOTNOST A PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST

1. Úvod

Pro zajištění dlouhodobého provozu všech strojních zařízení je nutné používat jen jakostní maziva. V současné době jsou na trhu maziva od renomovaných firem, která splňují základní jakostní parametry. Je zde reálný předpoklad dlouhé teplotně-oxidační stability a zajištění všech dalších, pro provoz nutných parametrů. Pro zajištění provozu je však nutné zajistit systematickou tribodiagnostiku, tzn. provádět základní vstupní kontrolu nových maziv, další kontrolu provádět systematicky v průběhu provozu. Tím máme průběžně přehled o technickém stavu oleje a předně o technickém stavu jednotlivých strojních zařízení.

2. Vybrané provozní zkušenosti

Již dlouhou dobu provádíme kontrolu olejů u řady významných strojních zařízení. Jedná se především o velké točivé stroje (turbo-kompresory a turbogenerátory), hydraulické okruhy speciálních lisů a obráběcích strojů, kompresorů, motorů a důlních kombajnů. Statisticky byly vyhodnoceny největší problémy a vliv těchto problémů na technický stav strojů. Zde je u jednotlivých zařízení shrnuto, co nejvíce škodí provozu. Jednoznačně se jedná o mechanické nečistoty. Částečně zde také rozhoduje o jaké strojní zařízení se jedná a jak velký je olejový systém. U velkých olejových systémů, např. turbogenerátorů a turbo-kompresorů, kde je v olejovém okruhu od 1.000 do 70.000 l oleje, je největší problém čistota oleje, deemulgační schopnost a obsah vody. Je všeobecně známo, že životnost olejových náplní při dobré péči o olej je 10 až 20 let. Zde je rozhodující sledovat předně čistotu oleje. Jako hraniční čistotu považujeme podle ISO 4406/87 - 18/15. U řady soustrojí systematickou jemnou filtraci a následným dosažením čistoty 16/13 se sníží poruchovost. Kritickými místy jsou v tomto případě ložiska a regulace. Kontrolu systematicky provádíme u vybraných strojů 15 let. Významně se zde snížila poruchovost strojů z hlediska mazání. Při kontrole ložisek není patrné žádné výrazné poškození.

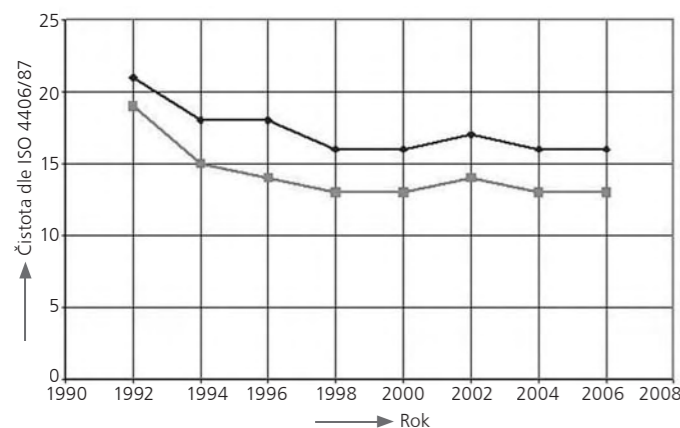
V grafu 1 je ukázka průběhu měření čistoty, a to před zavedením 30 µm filtrace a dále v průběhu dalších let a zajištění systematického dočištění oleje obtokovou přídavnou filtrací.

Došlo k významnému snížení poruchovosti, čímž vznikají značné ekonomické přínosy, a to jak z hlediska údržby, prodloužení životnosti oleje, ale především ve snížení prostojovosti a tím značných výrobních zisků.

Významné výsledky jsou u kontroly olejů u hydraulických prvků od malých olejových okruhů u lisů a obráběcích strojů, kde se převážně používají oleje nižší viskozity (ISO VG 32,46), po velké olejové okruhy hydraulických systémů důlních kombajnů.

U malých olejových systémů, do 200 až 300 l, jsou větší oběhová čísla oleje, a proto se vyžaduje mimořádná čistota oleje. Mimo mechanických nečistot je zde nebezpečí polárních polymerních úsad, tzn. že dochází k nalepení nečistot na funkční místa a tím významně stoupá nebezpečí poruchovosti. Systematická kontrola a nasazení vysoce účinných filtrů značně snížila poruchovost. Při kontrole lisů plastických hmot těsnění pro automobilový průmysl se snížila poruchovost a prodloužila výměna olejů. Z původních hodnot ISO 4406/87 kódu čistoty 20/17 je zde určena horní hranice max. 17/14. V průběhu provozu se však pohybuje čistota oleje nejčastěji u hodnot 15/12. Za poslední 2 roky u 10 sledovaných lisů nebyla žádná mimořádná porucha, nedošlo k omezení výroby, prodloužila se výměna olejů 2 až 3krát. Významně se snížila prostojovost lisů. Podobné výsledky jsou zaznamenány u hydraulických systémů důlních kombajnů. Zde je používán hydraulický olej vysoké viskozity, a to ISO VG 100 a ISO VG 320. Provoz je ve velmi prašném prostředí, zařízení jsou mimořádně namáhaná. Je tedy problematické udržet velkou čistotu jednotlivých olejů. Poruchovost zařízení byla velká, údržba náročná a docházelo k častým odstávkám. Dále byl nevhodně skladován olej, obsluha špatně doplňovala oba typy olejů, docházelo k míchání dvou rozdílných viskozit. Bylo provedeno přetěsnění celého olejového systému, zavedeny přídavné filtry oleje, oleje pro doplňování byly barevně označeny a přeneseny do příručního skladu, kde byly skladovány v potřebné čistotě. Podařilo se proškolit obsluhu a vysvětlit, co je nutné při doplňování olejů zajistit. Zavedlo se pravidelné měsíční odebírání vzorků a jejich vyhodnocování. Po 3 měsících se zcela změnil přístup pracovníků k údržbařským úkonům a došlo k významnému poklesu poruch, a tím odstávek kombajnu. Před zavedením filtrace a monitorování technického stavu oleje docházelo k poruchám jednotlivých součástí každý měsíc, a to i několikrát denně. V současné době v těchto těžkých provozních podmínkách nedošlo k poruše hydraulických okruhů více než rok.

Významné provozní zkušenosti jsou z provozu šroubových kompresorů. Olej u mazaných šroubových kompresorů má řadu povinností. Musí mazat ložiska, sloužit jako regulační kapalina, utěsňuje šroubovice a v neposlední řadě odvádí teplo ze stlačeného vzduchu. Do 1 kg vzduchu se vstříkne 4 až 5 kg oleje. Tento olej se musí ze vzduchu v další etapě provozu maximálně odloučit. Jako odlučovače se používají velmi jemné odlučovače ze skelných vláken. Mimo odloučeného oleje, který z odlučovače odtéká odvodovou vrstvou, zde zůstanou pevné částice. Tyto částice znehodnocují drahé odlučovače, zvyšuje se tlaková ztráta a buď včas provedeme výměnu odlučovačů nebo dojde k jejich protržení a pak všechny olej odteče se vzduchem do potrubí. Tyto problémy odstraní vysoká čistota oleje i dopravovaného vzduchu. Zde volí-



Graf 1 Ukázka průběhu měření čistoty

	PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI (NÁSOBKY)						
	2	3	4	5	6	7	8
26/23	23/21	22/19	21/18	20/17	20/17	19/16	19/16
25/22	23/19	21/18	20/17	19/16	19/15	18/15	18/14
24/21	21/18	20/17	19/16	19/15	18/14	17/14	17/13
23/20	20/17	19/16	18/15	17/14	17/13	16/12	15/12
22/19	19/18	18/16	17/14	16/13	16/12	15/12	14/11
21/18	18/15	17/14	16/13	15/12	15/11	14/11	14/11
20/17	17/14	16/13	15/12	14/11	13/11	13/10	13/9
19/16	16/13	15/12	14/11	13/10	13/9	12/9	12/8
18/15	15/12	14/11	13/10	12/9	12/8	11/8	
17/15	14/11	13/10	12/9	12/8	11/8		
16/13	13/10	12/9	11/8				

Tab.1 Hydraulické oleje – prodloužení životnosti jednotlivých hydraulických prvků

me dobré vzduchové a olejové filtry a olej, který musí mít velmi malou odparnost, dobrou oxidační stabilitu a předně dostatečnou čistotu. Z hlediska čistoty je nutné pracovat s oleji kódu čistoty ISO 4406/87 max. 16/13. Při provozních zkouškách byla předepsaná životnost oleje 2.000 hodin. Po dořešení filtrace a zaručení čistoty oleje je dnes předepsaná výměna po 4.000 až 8.000 provozních hodinách. U větších kompresorů byla při diagnostice oleje a dobré filtraci oleje a vzduchu životnost oleje až 24.000 provozních hodin.

Ve výčtu provozních zkušeností by bylo možno uvádět další příklady. Důležitost sledování čistoty oleje v provozu je jedním z rozhodujících bodů pro zajištění dlouhodobého bezporuchového provozu. Jaký význam má čistota, uvádí i níže uvedená tab.1, kde je uvedeno, jaký význam má čistota na životnost hydraulických prvků. Každé snížení hodnoty kódu čistoty znamená několikanásobnou ochranu hydraulických prvků. Podobná tabulka existuje také pro motorové a převodové oleje.

V závěru považuji za nutné poukázat na současnou legislativu. Dlouhodobě se používal a stále používá kód čistoty podle ISO 4406/87. Zde hodnotíme nečistoty větší než 5 µm a 15 µm v 1 ml oleje. Od roku 1999 se změnil zkušební testovací prach a tím se změnila i klasifikace. ISO 4406/99 určuje tři třídy, a to větší než 4 µm, 6 µm a 14 µm v 1 ml oleje.

V závěru považuji za nutné poukázat na současnou legislativu. Dlouhodobě se používal a stále používá kód čistoty podle ISO 4406/87. Zde hodnotíme nečistoty větší než 5 µm a 15 µm v 1 ml oleje. Od roku 1999 se změnil zkušební testovací prach a tím se změnila i klasifikace. ISO 4406/99 určuje tři třídy, a to větší než 4 µm, 6 µm a 14 µm v 1 ml oleje.

To v praxi znamená nové přecejchování automatických přístrojů a používání nové klasifikace.

Po dohodě s uživateli, kteří dlouhodobě sledují čistotu podle kódu ISO 4406/87 je možno dále stanovit hodnoty větší než 5 µm a 15 µm s tím, že musíme uvést rok vydané normy, tj. 1987.

3. Závěr

Při hodnocení poruch z hlediska mazání byla stanovena četnost zavinění. V následujícím přehledu je uvedeno pořadí a procentuální zastoupení. Je rozdíl mezi oleji průmyslovými a motorovými.

U průmyslových olejů je pořadí zavinění poruchy dáno že:

- 75% nečistotami,
- 7% vodou v oleji,
- 5% deemulgací,
- 5% změnou viskozity,
- 3% změnou čísla kyselosti,
- 5% ostatními příčinami/korozí.

U motorových olejů je pořadí zavinění poruchy dáno že:

- 40% pronikáním paliva do oleje a následnou změnou viskozity,
- 35% nečistotami,
- 15% kovy z opotřebení,
- 5% karbonizačním zbytkem,
- 3% přítomností glykolu,
- 2% ostatními příčinami.

Ze statistických údajů jednoznačně vyplývá, že rozhodující pro zajištění dlouhodobého a bezporuchového provozu je věnovat pozornost čistotě maziv. To vyžaduje provádět systematickou kontrolu jakosti maziva, kontrolu filtrů a používat kvalitní filtry. V případě nutnosti doplnit tzv. obtokovou jemnou filtraci, která zajistí jak vyčištění oleje, tak odstranění nečistot z celého mazacího okruhu.

Literatura

- [1] Vybrané měřicí protokoly fy TRIFOSERVIS Čelákovice
- [2] Helebrant, F., Rautová, J., Hrabec, L., Marek, V. Triboúdržba v dnešním systému údržby. In 2. mezinárodní odborná konference „ÚDRŽBA 2003“. ČSPÚ+ČZU Praha 2003. s.142-146. ISBN 80-213-1065-0
- [3] Marek, V., Kaiser, M., Helebrant, F., Ziegler, J. Vliv čistoty oleje na provozní spolehlivost strojních zařízení. In Quality an Reliability of Machines – 6rd International Scientific Symposium. SPU Nitra 2001. s.173-176. ISBN 80-7137-873-9

Kontakt

doc. Ing. František HELEBRANT, CSc., tel.: +420 597 324 388, e-mail: frantisek.helebrant@vsb.cz; Ing. Ladislav HRABEC, Ph.D., tel./fax: +420 597 324 600, e-mail: ladislav.hrabec@vsb.cz; VŠB - Technická univerzita Ostrava, FS, katedra 340, 17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika; Vladislav MAREK, TRIFOSERVIS Čelákovice, Rumunská 1457, 250 88 Čelákovice, Česká republika, tel.: +420 326 991 085, e-mail: marek@trifoservis.cz

Hana PAČAIOVÁ

ZÁKLADNÉ TRENDY V RIADENÍ ÚDRŽBY A PROBLÉMY PRI ICH ZAVÁDZANÍ

Úvod

Zavádzanie nových prístupov v riadení údržby nie je otázkou módného trendu ale nevyhnutnosťou v oblasti riadenia nákladov a udržania dlhodobej konkurencieschopnosti podnikateľských zámerov. Nie tak v dávnej minulosti „údržba“, ako pojem definovaný vo vzťahu k zabezpečeniu pohotovosti a spoľahlivosti zariadení, bola transformovaná do pozície nepotrebného a zbytočne nákladného servisu. Tento postoj nevyplýval len z nevedomosti resp. technickej „negramotnosti“ manažmentu, ale aj vývoja spoločnosti orientovanej na manažérske systémy, kde hlavný – výrobný proces resp. služba bola chápaná ako niečo oddeliteľné a individuálne vo vzťahu k ostatným tzv. podporným (pomocným) procesom spoločnosti. Avšak takéto chápanie sa z dlhodobého hľadiska nevypláca, ani po stránke efektívnosti riadenia nákladov, ani po stránke dlhodobej prosperity firmy, najmä z hľadiska možných strát v určitej forme sledovaných legislatívou EU a Slovenskej republiky. Otázka či je „údržba“ v podniku vôbec potrebná sa javí ako otázka potreby vzdelávania v rozvinutej spoločnosti.

1. Súčasný trendy v riadení údržby a ich zhodnotenie

Historická snaha podnikov o vyriešenie problémov týkajúcich sa optimálneho riadenia údržby je späť najmä s plánovanou preventívnou údržbou v podobe bežných, stredných a generálnych opráv. Odtiaľ pramení, v súčinnosti s vývojom a implementáciou výpočtovej techniky, vytváranie tzv. číselníkov zariadení.

Tieto číselníky mali minimálne dva základné ciele:

1. vytvorí prehľadnú štruktúru o stave hmotného investičného majetku (zariadení, budov a pod).
2. umožní sledovať náklady na údržbu tohto majetku (vrátane spotreby náhradných dielov, výkonov údržby a pod.)

Avšak trendy vo svete (USA, Japonsko) poukázali na nevyhnutnosť sledovania nákladov na údržbu, ako aj možných nákladov vznikajúcich ako výsledok zlyhania zariadení v prípade závažnej poruchy (straty). Tento prístup mal za následok vytvorenie nových koncepcií v riadení údržby, a to pod názvom RCM (Reliability Centred Maintenance) – Údržba orientovaná na bezporuchovosť a TPM (Total Productivity Maintenance) – Totálne produktívna údržba.

RCM je typický nástroj na vytvorenia „znalostnej“ databázy o zariadeniach na základe analýzy príčin a následkov porúch (FMEA), t.j. analýza vo svojej modifikovanej podobe (analýza, pri zohľadnení 4 základných typov dôsledkov).

TPM predstavuje koncepciu riadenia údržby postavenú na „disciplinovanosti“ japonského spôsobu riadenia, kde sa údržba chápe ako integrovaná časť systému manažerstva a rozhodnutie o jej plnej implementácii a stratégii riadenia jej krokov je na vrcholovom vedení podniku. Viac menej je to spôsob riadenia údržby, ktorý aktivizuje všetky oddelenia podniku (ako podporne aktivity údržby) sledujúce základný cieľ manažmentu údržby (ako aj vrcholového manažmentu) zvyšovať efektívnosť využitia zariadení na báze vyhodnocovania ukazovateľa tzv. celkovej efektívnosti (resp. účinnosti) zariadení – CEZ (angl.OEE – Overall effectiveness Equipment).

Výsledkom obidvoch koncepcií je vytvorenie takého plánu činnosti údržby, ktorý by zohľadňoval ciele manažmentu, stav zariadení a ciele spoločnosti (verejnosti).

Avšak realnosť týchto výsledkov závisí od kvality a dodržania postupu implementácie niekoľkých základných krokov:

- a) **určenie cieľov** – zdefinovanie cieľov manažmentu podniku a ich zosúladenie s cieľmi manažmentu údržby, poprípade

určenie ďalších cieľov vyplývajúcich z legislatívnych požiadaviek,

- b) **analýza údajov o zariadení** – aktuálnosť, spôsob zberu, spôsob zápisu, forma zápisu, úroveň prepojenosti s inými údajmi (napr. sklad náhradných dielov, dodávateľa, externé služby, a pod.),
- c) **rozsah a podpora implementácie** – stanovenie postupnosti krokov, určenie zodpovednosti za príslušné stupne implementácie (čas, zdroje finančné a personálne), spôsoby a rozsah školení,
- d) **špecifikácia vhodného nástroja a formy výstupov** – napr. softvérová podpora v podobe novej aplikácie alebo využitie tzv. „excelovských výstupov“, plány údržby, štatistické ukazovatele, ukazovatele výkonnosti údržby (KPI),
- e) **spätná väzba** – pravidelné stretnutia manažmentu riadené gestorom projektu za účelom odstránenia nežiaducich postupov popr. spresnenia ďalších aktivít, auditu, benchmarking, atď.

RCM aj TPM dávajú dobrý návod na zlepšenie riadenia údržby na báze efektívnosti nákladov a znižovania strát. Pravdou je, že bez podpory vedenia ostáva táto snaha na „pleciach“ manažmentu údržby v podobe aplikácie metódy FMEA, avšak bez reálne použiteľných výsledkov a v podobe hodnotenia ukazovateľa CEZ len informatívne pre úzky okruh ľudí, bez spätnej väzby (motivácia operátorov a pracovníkov údržby).

2. Oblasti využitia trendov v údržbe

Z hľadiska manažerstva spoľahlivosti existuje snaha o definovanie nákladov na celkovú životnosť zariadení (LCC – Life Cycle Costs, slov. NŽC) [1]. Životný cyklus zariadenia je definovaný šiestimi etapami, a to:

- vytvorením návrhu a základnej koncepcie vývoja,
- etapa vývoja a konštrukcia výrobku,
- proces výroby prvku resp.objektu,
- inštalácia – zavedenie,
- výrobný proces a údržba výrobku (zariadenia),
- vyradenie.

Odpovedajúce náklady na životný cyklus zariadenia predstavujú kombináciu jednotlivých etáp a je ich možné vyjadriť na základe vzťahu:

$$NŽC = N_{zriadovacie} + N_{vyuzitia} + N_{vyradenia}, \text{ [SK, EUR]} \quad (1)$$

Kde NŽC – predstavuje celkové náklady na životný cyklus zariadenia (výrobku) napr. v SK; *Nzriadovacie* – sú náklady zrejme a často definované pred rozhodnutím o nákupe zariadenia, môžu a nemusia zahŕňať náklady na inštaláciu; *Nvyuzitia* – predstavujú náklady vyplývajúce z prevádzky výrobku, zvyčajne sú vyššie ako zriadovacie náklady a nie sú na prvý pohľad zrejme. Ich výšku je ťažké predpovedať a môžu zahŕňať aj náklady na inštaláciu zariadenia; *Nvyradenia* – tieto náklady často súvisia aj s požiadavkami legislatívy napr. v jadrovom priemysle, poväčšine predstavujú významnú zložku NŽC.

Je zrejme, že náklady na údržbu patria do skupiny nákladov nie celkom presne odhadnuteľných nákladov.

Tieto náklady sa počas životného cyklu zariadenia menia a vyvíjajú a je ich možno členíť na tzv. *priame náklady*, a to:

- **náklady spojené s preventívnou údržbou** – náklady na inštaláciu a testovanie pri nábehu zariadenia, náklady na úvodné zaškolenie personálu, náklady spojené s vytvorením dokumentácie (postupy údržby, vytvorenie plánov); náklady na výkony (mzdy), náhradné diely a pod.

- **náklady na korektívnu údržbu** – ktoré môžu byť v podobe ojedinelých nákladov pri využití špeciálnej techniky, náhradných dielov a práce spojených s poruchami pri nábehu zariadenia; pravidelne sa opakujúce pri tzv. chronických poruchách v podobe nákladov na výkon, náhradné diely a školenia; ako aj náklady predstavujúce kompenzáciu pri strate dodávky produkcie, náklady spojené so stratou na zisku v dôsledku poruchy,

ako aj *nepriame náklady* v podobe obchodných strát, strát imidžu spoločnosti, náklady vzťahujúce sa na zodpovednosť za škodu (úraz, poškodenie environmentu), a pod.

Všetky tieto aspekty porovnávajú priamych a nepriamych nákladov na údržbu sú súčasťou koncepcií RCM a TPM.

Tak ako sa vyvíjala údržba od klasickej plánovanej preventívnej údržby (PM), až po sledovanie stavu zariadení (CMMS), tak aj RCM sa vyvíjala od RCM po tzv. RCM2 až do podoby RCMCost. Táto umožňuje na základe FMEA analýzy, posúdenia priebehov porúch a nákladov na výkony údržby vytvoriť optimálne plány údržby pri zohľadnení nákladov na možné straty v prípade tej, ktorej stratégie údržby. Je vhodná pre rôzne typy podnikov ale najmä tam, kde je zrejmy vznik závažnej havárie pri vzniku poruchy zariadení významných z hľadiska požiadaviek na ich bezpečnú prevádzku (napr. vyhradené technické zariadenia, zariadenia s vysokou požiadavkou na presnosť alebo spoľahlivosť prevádzky a pod.).

TPM je typickou koncepciou pre aplikáciu v automobilovej výrobe, kde je automatizovaná výroba s vysokou požiadavkou na kvalitu a presnosť výroby.

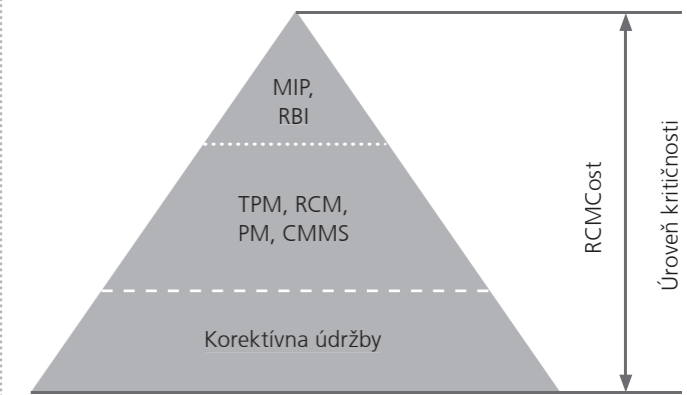
V súčasnosti sa objavujú podporne nástroje na riadenie prevádzky napr. prepravy plynovodov kde je integrovaná snaha o riadenie a údržbu potrubí pri využití posudzovania rizík a s cieľom o optimalizáciu nákladov na údržbu a prevádzku týchto zariadení. Je známa pod názvom „*manažérstvo integrity plynovodov (MIP)*“ a uplatňuje sa najmä v oblasti plynárenského priemyslu.

Pre podniky spadajúce pod požiadavky zákona o prevencii závažných priemyselných havárií [2], v Európe známym pod názvom SEVESO, vznikli podporne koncepcie využívajúce kvalitatívny a kvantitatívny postup analýzy rizík u zariadení v ktorých množstvo vyrábanej, skladovanej alebo inak používanej látky, prekračuje prahové hodnoty deklarované týmto zákonom. Názov tejto koncepcie je Risk Based In-

spection Maintenance – RBIM, t.j. Inšpekcia údržby založená na rizikách. Oblasti aplikácie rôznych koncepcií v riadení údržby v závislosti na závažnosti („rizikovosti“) sú znázornené na obrázku 1.

Záver

Postavenie údržby sa významne mení. Je zrejme, že svojimi činnosťami v rámci vykonávaných stratégií údržby sa stáva kľúčovým partnerom pre dosiahnutie podnikových cieľov. Je preto zrejme, že jej plánovanie a riadenie sa musí venovať adekvátna pozornosť, pričom zabezpečenie zdrojov údržby a rozvrhovanie rozsahu a intervalov činností musí vyplývať z aplikácie nástrojov na posudzovanie rizík, či na úrovni výberu zariadení (aplikovanie metódy tzv. kritičnosti zariadení) alebo pri hodnotení príčin a dôsledkov porúch.



Obr.1 Vývoj koncepcií údržby v závislosti na rizikovosti prevádzky zariadení

Literatúra

- [1] STN EN 60300-3-3: Manažérstvo spoľahlivosti. Náklady počas životnosti
- [2] Zákon č.261/2002 Z.z. o prevencii závažných priemyselných havárií, v znení platných zákonov.

Kontakt

Doc. Ing. Hana PAČAIOVÁ, PhD., KBaKP, SJF – Technická univerzita v Košiciach, hana.paciaiova@tuke.sk

Článok bol spracovaný v rámci projektu VEGA 1/2220/05 „Výskum metód hodnotenia rizík ZHP a ich aplikácií pri posudzovaní rizík v priemysle“.

Michaela BALÁŽIKOVÁ, Ing. PhD., Technická univerzita v Košiciach

REDUKOVANIE HLUKU NA PRACOVISKÁCH

Lekár *Róbert KOCH* prehliadal: „Pride čas, keď človek bude pokladať hluk za nebezpečného nepriateľa svojho zdravia. Preto bude musieť proti nemu bojovať tak intenzívne, ako kedysi proti cholere a moru.“ [1] Pre svoju aktuálnosť sa hluk stal dôležitou súčasťou aktívnych opatrení v oblasti BOZP, lebo nielenže ohrozuje zdravie pracujúcich v strojových prevádzkach, ale nepriaznivým účinkom postihuje všetkých občanov, ak berieme do úvahy dnešnú oveľa hustejšiu cestnú premávku a čoraz širšie uplatňovanie najmodernejších technických vymožeností. Dnešný človek nie je ušetrený od hluku ani v práci, a hlavne ani mimo nej.

Stratégia znižovania hluku

Hluk: je každý nežiadúci, rušivý, neprijemný alebo škodlivý zvuk. [2] Účinné zníženie hluku sa dosiahne len vtedy, ak sa problém rieši systematicky. Pri formulovaní stratégie znižovania hluku a pri reali-

zácii opatrení na zníženie hluku na nových a existujúcich pracoviskách by sa malo postupovať podľa nasledujúcich krokov [4]:

- 1) stanovenie cieľov a spracovanie kritérií,
- 2) posúdenie hluku identifikovaním – dotknutých oblastí:
 - imisie na pracovných miestach,
 - vplyv rôznych zdrojov hluku k imisii na pracovných miestach,
 - expozície osôb,
 - emisie zdrojov hluku, aby sa určilo poradie ich významnosti,
- 3) zhodnotiť opatrenia znižovania hluku, ako sú:
 - znižovanie hluku zdroja,
 - nižovanie prenosu hluku na pracovisku,
 - znižovanie hluku na pracovných miestach,
- 4) vytvorenie programu znižovania hluku,
- 5) realizovanie vhodných opatrení,
- 6) overenie dosiahnutého zníženia hluku.

Ciele znižovania hluku majú vychádzať z toho, že hluk sa má znížiť na najnižšie možné hladiny. Hlavné ciele sa môžu vyjadriť pomocou imisných hladín hluku *a*/alebo expozičných hladín hluku. Zvyčajne sa berú do úvahy hodnoty s vážením A pre emisiu hluku *a*/alebo expozičnú hluku, ktoré *nemajú prekročiť tieto hodnoty* [2]:

- na pracoviskách v priemysle 75 až 80 dB,
- pri bežných kancelárskych prácach 45 až 50 dB,
- pre zasadacie miestnosti, alebo pri riešení úloh vyžadujúce sústredenosť 40 dB.

Opatrenia na znižovanie hluku môžu podstatne zmeniť okolie stroj – človek. Preto sa odporúča, aby všetky zainteresované strany využili každý návrh opatrení a aktívne sa zúčastnili na jeho príprave. Zúčastníť sa môžu, resp. mali by predstavitelia, ktorý vykonávajú rôzne funkcie: manažment, plánovači, nákupné oddelenie, komisie pre hygienu a bezpečnosť práce, údržba, technologické a výrobné oddelenia, technický personál, odbory, aj samotní pracovníci. V mnohých prípadoch sa odporúča zapojiť aj externé strany: orgány hygieny, bezpečnosti a ochrany práce, odborníkov z akustiky, ergonómie a pod. Na zaistenie efektívnej účasti všetkých zainteresovaných strán je nevyhnutné, aby tomu predchádzali vhodné informácie a školenia. Takáto spolupráca medzi predstaviteľmi spoločnosti a externými stranami zaisťuje, že pri výbere opatrení na znižovanie hluku sa vezmú do úvahy všetky špecifické väzby pre riešený projekt. Úspech plánovania znižovania hluku závisí od aktívneho a záväzného zapojenia predstaviteľov manažmentu spoločnosti.

Identifikácia hlavných zdrojov hluku

Celkovú záťaž hluku človeka na pracovisku prezentujú príspevky konkrétneho stroja, pracovného postupu, resp. technológie alebo pracovného prostredia. Referenčnou hodnotou môže byť normalizovaná hladina hlukovej expozičie stanovená v príslušnej legislatíve alebo smerniciach, ktorá už nemá negatívny vplyv na zdravie človeka.

Normalizovaná hladina hlukovej expozičie je hladina určená vzťahom, [2]

$$L_{AEX, 8h} = L_{Aeq, T_n} + 10 \log(T/T_n) \quad [dB]$$

kde: T je trvanie ekvivalentnej hladiny A zvuku počas pracovnej zmeny; T_n je menovité trvanie pracovnej zmeny 8 h.

Zníženie hluku pracovným zaťažením, výrobou a rekonštrukciou pracovného postupu

Základné metódy na zníženie pracovnej expozičie hlukom na človeka sa uvádzajú podľa priority:

- eliminácia nebezpečenstva pomocou iných pracovných postupov, strojových zariadení alebo prevádzky, napr. automatizáciou alebo mechanizáciou pracovných postupov,
- redukciami hluku zdroja, úpravou strojového zariadenia alebo pracovného postupu, napr. použitím zariadenia s nízkou hladinou hluku,
- redukciami prenosu hluku,
- znížením času expozičie.

Tieto opatrenia sa môžu použiť pre akúkoľvek fázu alebo všetky fázy v konkrétnej pracovnej aktivite.

Treba rešpektovať požiadavky odborníkov na hluk: výrobných technikov, výrobných manažérov ale aj iných odborníkov, ktorých návrhy prispievajú k redukcii hluku a ich cieľom je:

- vyvarovať sa, alebo minimalizovať použitie operácií a mechanizmových prostriedkov, ktoré vystavujú pracovníkov nebezpečnej expozičii hluku,
- pomáhať používať zariadenia a pracovné postupy s nízkou hladinou hluku,
- pomáhať vytvoriť optimálny ergonomický návrh priestoru a pracovných úloh.

Výber strojového zariadenia s nízkou intenzitou hluku

Pred kúpou nového stroja alebo zariadenia si má potenciálny zákazník vždy vyžiadať odpovede na tieto otázky:

- Existujú informácie o hodnotách hluku skupiny príbuzných strojov a o najnižšie dosiahnuteľnej hladine hluku?

- Aká bude hladina hluku nového stroja na mieste, kde bude pracovať?

Na základe týchto informácií sa má vypracovať plán nákupu s ohľadom na požiadavky na intenzitu hluku:

- starostlivo preštudovať dostupné informácie o hladine hluku pre miesto uloženia stroja, alebo ak ešte neexistuje, tak pre iné miesto s podobnou priemyselnou činnosťou,
- brať do úvahy prípustné hodnoty hluku aplikovateľné pre dotknuté pracovné miesto, ako aj prípustné hodnoty hluku pre stroj,
- preskúmať dlhodobý program znižovania hluku vo firme,
- stanoviť prijateľné požiadavky na hluk, ktoré možno vyžadovať od potenciálneho dodávateľa,
- vybrať stroj s najnižšou hladinou hluku.

ÚDRŽBA – stratégia znižovania kmitania a hluku

Je nutné sa venovať stratégii údržby už v etape projektovania výroby, pretože má mimoriadny význam aj v oblasti vibroakustickej. Pri dlhobej prevádzke zariadení dochádza k opotrebeniu a uvoľneniu jednotlivých častí, čoho dôsledkom je kmitanie a následne zvýšený hluk, napriek tomu, že mnoho priemyselných zariadení má dostatočne vysoký hluk už v začiatkoch. Preto je nutné udržiavať zariadenia v dobrom technickom stave, pomocou údržby, aby nedochádzalo k ich negatívnym vplyvom – kmitaniu a hluku, ktoré predstavujú riziko poškodenia.

Aj *Smernica č. 2003/10/EÚ* o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách, pokiaľ ide o vystavenie pracovníkov rizikám vyplývajúcim z fyzikálnych škodlivín (hluk) definuje v čl.5: ustanovenia zamerané na vyhýbanie sa expozičii (odstránenie expozičie) alebo na jej zníženie, jedno z opatrení: *vhodné programy údržby pre pracovné zariadenie, pracovisko a systémy na pracovisku.*

Kontrola a pokuty

Legislatívnym predpisom je Nariadenie vlády č. 115/2006 o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozičiou hluku, ktoré stanovuje limitné hodnoty expozičie a akčné hodnoty expozičie hluku takto [2]:

- limitné hodnoty expozičie $L_{AEX, 8h, L} = 87$ dB,
- horné akčné hodnoty expozičie $L_{AEX, 8h, a} = 85$ dB,
- dolné akčné hodnoty expozičie $L_{AEX, 8h, a} = 80$ dB.

Pri uplatňovaní limitných hodnôt expozičie sa pri určovaní expozičie zamestnanca berie do úvahy tlmenie spôsobené chráničmi sluchu, ktoré zamestnanec používa. Pri akčných hodnotách expozičie sa neberú do úvahy účinky chráničov sluchu.

Hygienici majú právo pri kontrole (hluku) vstupovať do objektov a na súkromné pozemky a požadovať predloženie originálnych povolení a dokladov. Hygienici sú povinní kontrolovať dodržiavanie noriem a zákonov chrániacich verejné zdravie. Fyzické a právnické osoby sú povinné spolupracovať s orgánmi na ochranu zdravia a so štátnymi zdravotnými ústavmi pri plnení ich úloh na úseku ochrany zdravia. Strata sluchu zapríčinená hlukom je podľa Svetovej zdravotníckej organizácie „najrozšírenejšou nevyliciteľnou chorobou z povolania“, preto je potrebné obmedziť hluk vhodnými opatreniami a hlavne vhodnou prevenciou.

Použitá literatúra

- BIEHN-KARLHEINZ: Technischer Lärmschutz. VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1996
- Nariadenie vlády č.115/2006 Z.z o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozičiou hluku
- STN EN ISO 11690-2 (01 1651) Akustika. Odporúčané postupy na navrhovanie nízkoohlučných pracovísk vybavených strojovými zariadeniami. Časť 2: Opatrenia na znižovanie hluku, 1999
- STN EN ISO 11690-3 (01 1651) Akustika. Odporúčané postupy na navrhovanie nízkoohlučných pracovísk vybavených strojovými zariadeniami. Časť 3: Šírenie zvuku a predpovedanie hluku na pracovisku, 2000