

Aktuálne témy z údržby strojov (6)

S ohľadom na špecifiká turbulentnosti prostredia a stavu, v ktorom sa v súčasnosti nachádza priemyselná prax, možno perspektívu údržby a opráv vidieť aj vo využívaní nástrojov odhaľujúcich fyzikálnu podstatu javov nespoľahlivosti. Súvisí to so stanovením vhodnej alternatívy riešenia technického a ekonomického problému a aplikáciou na relevantné metódy opravárenských technológií.

Analýza prevádzkyschopnosti stroja

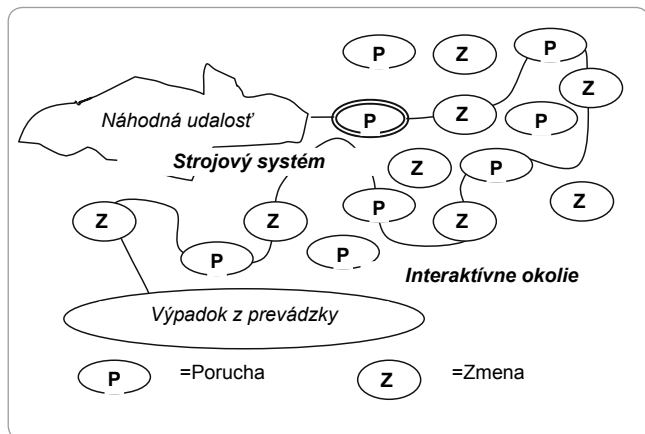
Výkon údržby a opráv výrobných strojov sa opiera o základné informácie zamerané na technický stav stroja a jeho prevádzkové znaky, ako je napr. porucha, chyba a prevádzkyschopnosť. Ďalej je to základná báza metód a techník analýzy, údržby a opráv strojov a ich základných princípov a postupov, ktoré treba modelovo a situačne spracovať.

Posudzovanie chýb a porúch výrobných strojov

Definovanie atribútov prevádzkyschopnosti

Hľadanou vlastnosťou stroja je jeho technický stav, t. j. súhrn vlastností, ktoré vystihujú jeho schopnosť vykonávať požadované funkcie v danom okamihu za stanovených podmienok jeho používania. Pri strojárskych výrobkoch to môže byť [5, 6]:

- bezchybný stav, keď objekt zodpovedá všetkým požiadavkám stanoveným výrobnou-technickou dokumentáciou,
- prevádzkyschopný stav, keď je objekt schopný plniť stanovené funkcie a dodržiava hodnoty stanovených parametrov v medziach stanovených technickou dokumentáciou,
- poruchový stav, pri ktorom objekt nie je schopný plniť požadovanú funkciu v medziach stanovených technickou dokumentáciou.



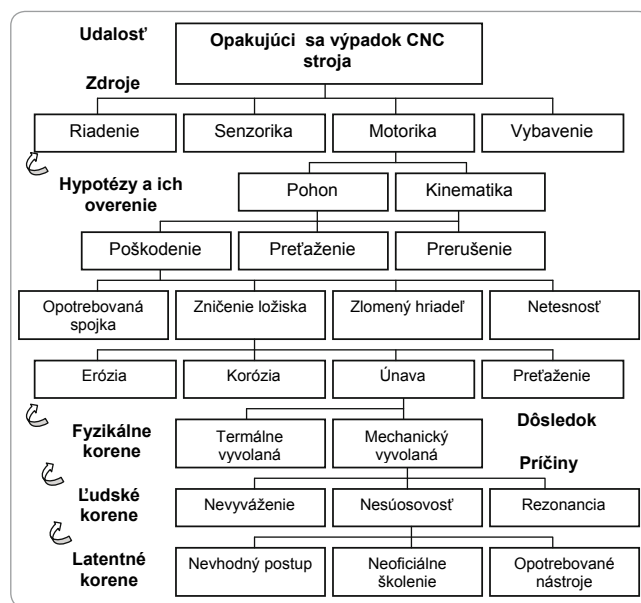
Obr. 1 Fenomén porúch a zmien

Z hľadiska rôznych možných stavov sa často používa aj tzv. dvojstavový model. Znamená to, že sa vždy uvažuje o dvoch základných, vzájomne sa vylučujúcich stavoch, a to o stave bezporuchovej prevádzky a stave poruchovom (o prestoji). Takýto dvojstavový model je uplatňovaný najmä v elektrotechnickom priemysle, no strojárskym výrobkom nevyhovuje, pretože pri týchto výrobkoch dochádza k zmenám technického stavu (k zmene parametrov oproti predpísaným technickým podmienkam) väčšinou plynulo od začiatku prevádzky, a to buď následkom prevádzkového namáhania (opotrebenie, únava) alebo vplyvom prirodzeného starnutia (korózia, starnutie materiálu), tzn. k postupnej zmene hodnôt príslušného parametra (obr. 1). Okrem postupných a náhlych porúch sú veľmi nebezpečné poruchy ojedinelé, ktorých trvanie je časovo obmedzené. Po určitom čase stroj opäť dosiahne bezporuchový stav bez vonkajšieho zásahu.

Modelovanie javov nespoľahlivosti

Aby sa zaistila bezporuchovosť strojného zariadenia, je veľmi dôležité identifikovať všetky relevantné chyby a poruchy vyplývajúce z konštrukcie alebo spôsobu predpokladaného použitia tohto zariadenia. Na to boli vyvinuté rôzne metodické postupy zamerané

na identifikáciu, analýzu, posúdenie a hodnotenie javov nespoľahlivosti. Jednou z takýchto metód je metóda analýzy stromom porúch (FTA – Fault tree analysis), ktorú možno využiť na identifikáciu a analýzu javov spôsobujúcich výskyt špecifikovanej poruchy [3]. Analýzou pomocou stromu (logický strom) porúch vytvoríme prehľadné a systematické vizuálne zobrazenie javov nespoľahlivosti (obr. 2 – pre CNC výrobný stroj), z ktorého je na prvý pohľad zrejmé, akým spôsobom prispievajú základné prvky k poruchovosti systému.



Obr. 2 Identifikácia javov nespoľahlivosti – kompletný logický strom

Model logického stromu možno využiť na úplné zobrazenie príčin a dôsledkov. Ukazuje nám, ako čo najjednoduchšie a najpresnejšie odhaliť koreňovú príčinu. Súčasťou modelu sú procesy overovania príčin a dôsledkov, na čo využívame diagnostické modely. Tie sú vhodné na štúdium vplyvu chýb a porúch na technický stav a správanie objektu, tzn. simuláciu chýb a porúch objektu s následnou analýzou dôsledkov týchto chýb a porúch, na relačnú štruktúru, návrh a overenie diagnostických metód a postupov a analýzu trendov technického stavu objektu [8].

Dekompozícia poruchovosti stroja

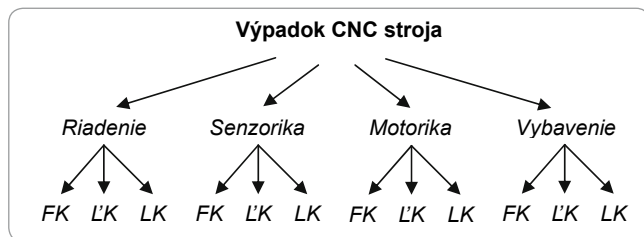
Model vzťahov

Najzložitejšie je riešenie príčiny poruchy (havárie) pri strojoch a zariadeniach, ktoré sú postavené na viacčlennom spoločnom energetickom a informačnom reťazci, tzn. v súčinnosti (spolupôsobnosti) je viac prvkov. Typickým príkladom môžu byť obrábacie centrá, príp. pracovné stanice s vysokou technickou zložitou, bohatou výbavou, špecializovanou obsluhou, širokou interakciou a rôznorodou komunikáciou [6].

Znalec či odborník v danom odbore musí určiť podiel jednotlivých prvkov na havarijnom stave, t. j.:

- motoriky strojového systému (MW) vrátane jeho výbavy a príslušenstva, popr. periférneho zariadenia,
- riadenia (HW a SW) strojového systému vrátane senzorického dovybavenia,
- riadiaceho člena (obsluhy) strojového systému, príp. iných prvkov interaktívneho okolia (riadenie prevádzky) bezprostredne zabezpečujúcich činnosť strojového systému.

Špeciálnu úlohu zohráva obsluha stroja, ktorá sa môže podieľať na havárii pri výrobnom stroji aj pri vlastnom riadiacom systéme. Vyšetrovací proces sa môže skončiť pri zistení bezprostrednej príčiny (prvku) havárie. Ide o rozhodovací proces, ktorý možno znázorniť vo forme grafu so stromovou štruktúrou (obr. 3).



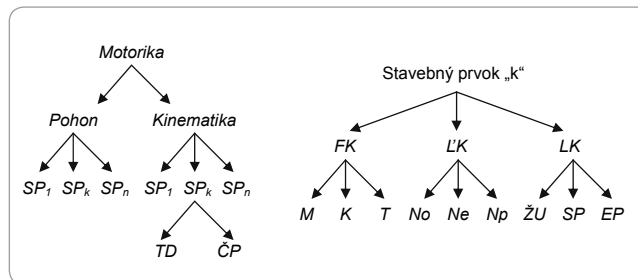
Obr. 3 Stromová štruktúra zistenia príčin výpadku

Z obr. 3 vyplýva, že vrchol grafu predstavuje zodpovedajúci vyšetrovaný jav – výpadok. Ten môže byť spôsobený štyrmi subsystémami: riadením, senzorikou, motorikou alebo vybavením (perifériami). Vrcholy označené FK znamenajú, že za výpadkom (poruchou) sú fyzické, ľudské – vrchol LK (napr. nesprávna obsluha) – alebo latentné – vrchol LK (náhodný vplyv) – korene. Ďalej predpokladajme, že znalcovi (expertovi) sa podarilo identifikovať, že príčinou havárie je motorika. Aby sme mohli postupovať ďalej, musíme sa zoznámiť so štruktúrou motoriky CNC stroja, pretože vrcholy grafu sa môžu ďalej vetviť (obr. 4).

Porucha motoriky (obr. 4a) môže súvisieť so stavebnou podskupinou (pohon, kinematika), za ktorou je porucha stavebného prvku (1., ..., k., ..., n). Porucha stavebného prvku môže spôsobiť totálnu deštrukciu (TD) alebo čiastočné porušenie (ČP).

Fyzikálnymi koreňmi poruchy (obr. 4b) stavebného prvku „k“ môžu byť:

- chyba materiálu (M),
- konštrukčná chyba (K),
- nevhodná technológia pri výrobe a montáži (T).



Obr. 4 Vetvenie štruktúry CNC stroja a špecifikácia príčin a následkov výpadku

Ľudskými koreňmi poruchy (obr. 4b) stavebného prvku „k“ môžu byť:

- nedostatočná organizácia (porušenie prevádzkových a bezpečnostných predpisov) (No),
- neodbornosť obslužného personálu (nedostatočné a nevhodné návyky) (Ne),
- nenáležité použitie stroja (preťaženie stroja) (Np).

Latentnými koreňmi poruchy (obr. 4b) stavebného prvku „k“ môžu byť:

- živelné udalosti (ŽU),
- sociálne extrémny (sabotáž) (SP),
- technické a logistické defekty (EP).

Ostatné stavebné skupiny, ako sú riadenie, senzorika a vybavenie CNC stroja, majú rovnaké vrcholy grafu ako motorika, a pri analýze príčin a následkov postupujeme rovnako. Všeobecne bude proces vetvenia každého relevantného vrcholu pri konkrétnom výpadku postupovať tak dlho, až skončíme na konkrétnom prvku. Tento na prvý pohľad jednoduchý proces obsahuje mnoho problémov, ktoré sa menia v závislosti od príslušnej rozhodovacej roviny. Vo vyšších úrovniach grafu (obr. 3) sa môže znalec opierať o svedecké výpovede, ale pri postupe k nižším (obr. 4b) sa vo veľkej miere opiera o svoje odborné znalosti z konštrukcie a technológie strojov a strojnych

FMEA-K pohybového modulu strojového systému									
Podskupina	Funkcia podskupiny	Typ poruchy	Možný prejav poruchy	Možná príčina poruchy	Spôsob kontroly	Výskyt	Závažnosť	Detekcie	Rizikové číslo
Referenčná základňa	Zaistenie stálosti osí vývodových hriadeľov	Únavový lom	Deštrukcia	Ostrá hrana, materiál	Subjektívny	2	9	8	144
		Tesnosť plávajúceho krúžku	Únik hydraulikkej kvapaliny	Prasknuté tesnenie	Subjektívny	4	9	10	360
		Geometrická presnosť	Hádzanie vretena	Nevhodné predné ložisko	Objektívny	4	7	1	28
Pohon	Zdroj výkonu	Výpadok	Neotáča sa	Porucha napájania	Objektívny	2	2	1	4
		Dynamika pohybu	Pomaly rozbeh	Rozbehová konštanta	Objektívny	2	2	1	4
Transformačné a distribučné členy pohybu (výkonu)	Prenos výkonu	Únavový lom	Deštrukcia	Nevhodné parametre ozubenia	Subjektívny	2	9	8	144
		Znížený záber	Hluk	Priehyb hriadeľa	Subjektívny	3	6	8	144
		Málo mazív	Teplota členov	Prívod mazív	Objektívny	3	6	1	18
Prenosové členy pohybu (výkonu)	Polohovanie modulu, resp. opačne	Únavový lom	Deštrukcia	Ostrá hrana, materiál	Subjektívny	2	9	8	144
		Geometrická presnosť	Presnosť	Hádzanie, vykmít vo vedení	Objektívny	4	7	1	28
Prepojovacie členy	Prepájanie modulov	Geometrická presnosť	Presnosť	Nesúosovosť	Objektívny	3	8	2	48
	Rozvod pohybu	Porušenie prenášaného výkonu	Uvoľnenie	Porušenie elektromagnetu	Objektívny	2	10	1	20
Zberné a distribučné členy energií a informácií	Rozvod energií	Porušenie prenosu energie	Pokles výkonu	Poškodenie zberača	Subjektívny	2	6	5	60
	Rozvod informácií	Porušenie prenosu informácií	Deformácia signálu	Nedoliehanie zberača	Subjektívny	3	6	3	54
Špeciálna výbava	Snímanie polohy	Presnosť polohovania	Snímač nereaguje	Porucha snímača	Objektívny	2	8	7	112

Tab. 1 Formulár pre FMEA-K



zariadení majúce mnohokrát interdisciplinárny charakter. To vyžaduje častú súčinnosť znalcov a odborníkov aj z niekoľkých odborov.

Kvantifikácia vzťahov

Funkčné skupiny a podskupiny tvoria základné stavebné/konštrukčné prvky s jasne definovanými geometrickými a technologickými vzťahmi a funkciami. Na vyjadrenie vzťahov a funkcií „podskupina – skupina“ používame tzv. morfológickú maticu (úplnú), keď sú jednotlivé funkcie realizované pomocou nositeľa funkcií (prvku). Z hľadiska názornosti sa ďalej zaoberáme pohybovým modulom, ktorý predstavuje veľmi frekvencovanú stavebnú skupinu vo výrobe, v manipulačnej a dopravnej technike. Vlastný rozbor zapisujeme do špeciálneho formulára (tab. 1) postaveného na detailnej FMEA-K (Failure Modes and Effects Analysis – konštrukčná), ktorý bol upravený na tieto účely.

Formulár sa vyplňuje tak, aby bol zaistený jednotný prístup a maximálna objektivita hodnotenia. Do stĺpca typ poruchy sa zapisujú všetky mysliteľné typy porúch, aké sú známe z prevádzky podobných strojov alebo aké sa dajú teoreticky predpokladať. Možný prejav poruchy predstavuje možný dôsledok u používateľa. Možné príčiny porúch sú tie, ktoré môže spôsobiť nesprávna konštrukcia. V stĺpci kontrola je uvedené, či možno výskyt poruchy zistiť (bezprístrojovo – subjektívne, prístrojovo – objektívne) a lokalizovať napríklad pri montáži. Pravdepodobnosť výskytu, závažnosť a jej odhalenie (t. j. pravdepodobnosť, že sa dostane porucha k majiteľovi a prevádzkovateľovi stroja) zodpovedá stupnici s triedou podľa [4]. Súčinom tried dostaneme rizikové číslo.

Z uvedeného formulára je zjavné, že rizikovou skupinou pre eventuality vznik poruchy – havarijného stavu stroja v prípade pohybového modulu s novými ložiskami môže byť z hľadiska FMEA-K ložisko z použitej ložiskovej sústavy, a to pre možnú netesnosť plávajúceho krúžku [6]. Z týchto dôvodov treba pri konštrukcii zvažovať diagnostiku tlaku hydraulického oleja. Ďalším rizikovým faktorom je možná únava materiálu ako telesa skrine, ktorá v našom prípade predstavuje referenčnú základňu, mimo pohonu aj vlastného systému transformácie, distribúcie a prenosu pohybovej energie.

Týmto spôsobom možno jednoducho a bez veľkých finančných nárokov vniesť do úsilia o spoľahlivosť, diagnostikovateľnosť a identifikovateľnosť dôsledný prístup. Je preto žiaduce, aby sa stala bežným nástrojom nielen konštruktéra, ale i znalca z odboru strojárstva.

Záver

Treba zdôrazniť tú skutočnosť, že metodické postupy zamerané na identifikáciu javov nespoľahlivosti (slabých miest systému), analýzu, posúdenie a hodnotenie chýb a porúch majú svoje ohraničenia, tzn. žiadaný je kompromis medzi zvolenými kritériami. Ak ide o technologický systém, v ktorom je človek – operátor, treba ho brať ako súčasť systému, ktorý môže vykazovať vysokú mieru nespoľahlivosti. Z tohto dôvodu treba pred použitím vybranej metodiky zvážiť, či dostupné informácie získané z posudzovaného systému dostatočne spĺňajú požiadavky predmetného metodického postupu. To znamená, že každý metodický postup identifikácie poruchovosti a analýzy rizík je len pomocný nástroj a expertné skúsenosti členov tu zostávajú nezastupiteľné.

Literatúra:

- [1] KOLÍBAL, Z. – KNOFLÍČEK, R. – BLECHA, P. – VAVŘÍK, I.: Technologičnosť konštrukcie a retrofitting výrobných strojů. Brno: FSI VUT 2008. 367 s. ISBN 978-80-214-3765-4.
- [2] MAREK, J. a kol.: Konštrukcie CNC obrábacích strojů. Praha: MM publishing s r. o. 2010. ISBN 978-80-254-7980-3.
- [3] STN EN 61025: Analýza stromom porúch (zostavenie schémy porúch) – FTA – Fault tree analysis.
- [4] STN IEC 60812: Metódy analýzy spoľahlivosti systému (FMEA).
- [5] VALENČÍK, Š.: Údržba a obnova strojov. Košice: EVaOL Strojnícka fakulta TU Košice 2010. 417 s. ISBN 978-80-533-0514-1.
- [6] VALENČÍK, Š.: Metodika obnovy strojov. Košice: EVaOL Strojnícka fakulta TU Košice 2011. 330 s. ISBN 978-80-533-0679-7.
- [7] VALENČÍK, Š. – ZDRAVECKÁ, E. – TKÁČOVÁ, J.: Technológie opráv v údržbe strojov. Košice: EVaOL Strojnícka fakulta TU Košice 2011. 220 s. ISBN 978-80-553-0745-9.
- [8] VALENČÍK, Š.: Spoľahlivostné a diagnostické metódy prevádzkyschopnosti strojov. In: Transfer inovácií. č. 19 (2011). Košice: Strojnícka fakulta TU Košice 2011, s. 56 – 60. ISSN 1337-7094.

doc. Ing. Štefan Valenčík, CSc.

Technická univerzita Košice
Strojnícka fakulta
Katedra výrobnéj techniky a robotiky
stefan.valencik@tuke.sk