

Ing. Matěj BÍLÝ, DrSc., ČSMS SAV Bratislava
Dr. Ing. Miroslav TUMA, ČSc., Ing. Vladimír TYDLAČKA,
ČSMS, ZVVP SAV a ZTS Martin

Použitie rýchlych on-line analyzátorov meraných signálov pri určovaní prevádzkových zatažení

V poslednom čase sa množia sugestívne formulované inzeráty (úmyselne uvádzame typický firemný inzerátový slang) ako je [6]:

"Spracovanie resp. monitorovanie prvotných prevádzkových dát je teraz bez nároku na obsluhu jednoduchšie a lacnejšie. Ako skúšobák sa už nemusíte spoliehať na dlhodobú simulovanú prevádzku, alebo na krátkodobé diagnostické skúšky. DATAMYTE 400 s mikroprocesorom vám opíše realitu napätí a zatažení, ktoré sa vyskytujú v prevádzke. A cena je relatívne nízka. Raz ste prístroj jednoduchým spôsobom zainštalovali a môžete odísť a nechať ho svojmu osudu. DATAMYTE pracuje bez nárokov na obsluhu nekonečne dlho /aj mesiace/ napájaný z vozidlového zdroja. Pri vypnutí zdroja sa záznam nestratí. Nepotrebuje zložitú kabeláž k snímačom, nepotrebuje telemetriu a drahé prispôbovanie signálov. Sum má zanedbateľný vplyv. Údaje sa priebežne spracovávajú, pamätajú sa len predspracované dáta, na terminale máte v ľubovoľnom čase k dispozícii výsledok v konečnom tvare. A výsledok je šitý na vašu mieru podľa toho, aký program si na spracovanie výsledkov vyberiete...."

Problém spracovania náhodných procesov je taký starý ako samotný problém kumulácie únavového poškodenia; od prvých prác Palmgrena, Minera a Gassnera uplynulo už viac ako pol storočia. Najskôr sa začalo používať spracovanie procesov metódami charakteristických parametrov [1, 12], čo je vlastne pokus o diskrétnu náhradu náhodného procesu sústavou cyklov. Dlhो používané jednoduché metódy [1] sa v poslednom čase rozšírili o modernejší postup "stekania dážďa" /rain flow/, ktorý má z hľadiska kumulácie únavového poškodenia isté fyzikálne opodstatnenie [2].

Rozvoj elektroniky /pevných pamätí a mikroprocesorov/ znova oživil z časti zabudnuté klasifikátory [3]. Mikroprocesor s pamäťou umožnil naprogramovať aj také spôsoby vyhodnotenia, ktoré vyžadujú pamätať si časť procesu /napr. rozkmity a stredné hodnoty, párové rozkmity, ale najmä "rain flow" [4 až 6] /. V snahe držať krok s rozvojom teórie náhodných procesov zaradili výrobcovia on-line analyzátorov do "softwar-hardwar"

vystrojenia aj metódy z korelačnej teórie náhodných procesov, napr. vyhodnocovanie hustoty pravdepodobnosti skúmaného procesu. Z hľadiska matematického pohľadu na spracovanie aplikovali výrobcovia spomínaných zariadení postupy platné pre stacionárne a ergodické procesy. Už skôr sme upozornili na isté problémy s vyhodnocovaním nestacionárnych procesov [7].

Na rozdiel od spracovania náhodných procesov metódami korelačnej analýzy, metódy početností charakteristických parametrov nevyžadujú apriórny preukaz stacionarity; formálne je možné aplikovať niektorú z metód početností tak na stacionárne, ako aj nestacionárne procesy. Analýza výsledkov však ukazuje, že z fyzikálneho hľadiska treba s nestacionárnymi procesmi narábať veľmi opatrne.

Z definície princípu metódy relatívnych a absolútnych vrcholov vyplýva, že ani jedna z nich nie je vhodná pre spracovanie procesov nestacionárnych v strednej hodnote. Procesy nestacionárne v rozptyle je možno takto spracovať. Pre obidva typy nestacionarit je aplikovateľná metóda priechodov a metóda relatívnych rozsahov, a zvlášť výhodná je dvojparametrická metóda relatívnych rozsahov a príslušných stredných hodnôt.

Je problematické jednoznačne posúdiť vhodnosť spracovania pomocou metódy stekania dážďa. Možno ľahko ukázať, že keď sa rozptyl procesu zväčšuje, alebo sa mení jeho stredná hodnota, vo výsledku spracovania sa okrem iného objaví veľká amplitúda, odpovedajúca v extrémnom prípade najväčšiemu rozsahu procesu. Výsledok spracovania nie je z hľadiska nestacionarit invariantný.

Hustotu pravdepodobnosti súradníc procesu vyhodnocujeme formálne rovnako pre stacionárny ako aj pre nestacionárny proces. V prípade nestacionárneho procesu však celý postup vyhodnotenia nie je invariantný; nestacionárna podstata procesu môže podstatne zmeniť výsledky.

Môžeme teda stručne zhrnúť, že použitie on-line analyzátorov je bezproblémovo možné iba vtedy, ak máme o vlastnostiach procesov vopred také znalosti, ktoré nás oprávňujú použiť postupy platné pre spracovanie stacionárnych a ergodických náhodných procesov.

Mnohí experimentátori sú toho názoru, že na prípravu podkladov o zaťaženiach pre odhady životnosti stačí so sledovaným strojom dostatočne dlho pracovať. Dostatočnú dĺžku prevádzky považujú za faktor, ktorý dovoľí prehlásiť výsledky za typický a reprezentatívny súbor zaťažení. Tento názor je chybný.

Program meraní musí byť dôsledne zostavený tak, aby sa uvažili všetky druhy činnosti a všetky podmienky, ktoré majú rozhodujúci vplyv na zaťaženie skumaného objektu v reálnej prevádzke. V práci [13] sme rozobrali podrobne problematiku prevádzkových podmienok a definovali sme hypotetickú jednotku technického života stroja ako náhradu prevádzkových podmienok skutočnej prevádzky pre účely odhadov a preukazov životnosti konštrukcie.

Hypotetická jednotka technického života konštrukcie, reprezentovaná "maticou"

$$I_b \sim \begin{vmatrix} v_1 & \dots & v_j & \dots & v_q \\ x_{11} & \dots & x_{1j} & \dots & x_{1q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{iq} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & \dots & x_{nj} & \dots & x_{nq} \end{vmatrix}$$

je taký výber faktorov prevádzky x_{ij} a im odpovedajúcich pravdepodobností výskytu v_j , s použitím ktorého bude alebo výpočtový odhad technického života zhodný s pravdepodobnosťou dostatočne blízkou jednej s technickým životom pri pôsobení prevádzkových podmienok skutočnej prevádzky, alebo pri preukaze životnosti bude rozsah poškodenia po určitom čase trvania skúšky s pravdepodobnosťou dostatočne blízkou jednej, zhodný s rozsahom poškodenia pri pôsobení prevádzkových podmienok skutočnej prevádzky počas tej istej dĺžky prevádzky.

V referátoch [14 až 16] sme na príklade špeciálneho lesného kolesového ťahača ukázali možnosť kvantifikovania definovanej hypotetickej jednotky technického života stroja.

Pravdepodobnostný model prevádzkových podmienok ukazuje jednu z možností zostavenia takého programu experimentu, aby jeho výsledkom boli typické a reprezentatívne podklady pre odhad, alebo preukaz životnosti stroja.

Použitá literatúra

1. BÍLÝ, M.; IVANOVA, V. S.; TERENCEV, V. F.: Pevnosť súčasti a materiálov pri premennom zatažení, Bratislava, Veda, 1976, 448 str.
2. RICHARDS, F. D.; LAPOINTE, N. R.; WETZEL, R. M.: A Cycle Counting Algorithm for Fatigue Damage Analysis, SAE Paper 740278, 1974
3. KLASSIERGERÄT KS 16/T, Bedienungsanweisung. /Prospekt 703.04-1002 Ba/. Hottinger Baldwin Messtechnik, 1964
4. PORTABLE Data Analyser ... for multichannel field acquisition, reduction and analysis of data. /Prospekt/. Minneapolis, MTS Systems Corporation
5. HISTOGRAMM-RECORDER Serie 4400. /Prospekt DF-68/. Offenbach, Honeywel, 1977
6. UNTENDED field data processing/recording now both practical and cost effective. /Inzerát firmy Electro General Corporation, Minnetonka, USA/. Experimental Mechanics, Vol. 20, 1980, No. 5, p. 10N
7. BÍLÝ, M.; TYDLÁČKA, V.: K problému nestacionarít prevádzkových procesov napätí, In: Zborník referátov 16. čs. konferencie Experimentálna analýza napätí, Bratislava, ÚSTARCH SAV, 1978
8. KROPAČ, C.: Nestacionárni náhodné procesy - problémy jejich klasifikace, identifikace a simulace, Strojnícky časopis, 31 /1980/, č. 1, str. 15
9. ČÁČKO, J.; BÍLÝ, M.: Simulation of a non-stationary stochastic process with respect to its probability density function, Journal of Sound and Vibration, 62 /1979/, No. 2, p. 293
10. BÍLÝ, M.; ČÁČKO, J.: K problému overovania spoľahlivosti mechanických konštrukcií, Strojnícky časopis, 30 /1979/, č. 5, str. 523
11. BÍLÝ, M.; ČÁČKO, J.: Nestacionárni procesy - súčasný stav a perspektívy jejich klasifikace, zpracování a simulace, Strojnícky časopis, 32 /1981/, v tlači
12. POLÁK, J.; KLESNÍL, M.: Predikce nízkocyklové únavové životnosti při zatěžování proměnnými rozkmity, In: Zborník referátov z konferencie Dynamické a pevnostné problémy strojníckych konštrukcií, Bratislava, ÚMS-SAV, 1978
13. TYDLÁČKA, V.; BÍLÝ, M.: Prevádzkové podmienky ako vstupná charakteristika pre výpočet ukazovateľov životnosti, In: Zborník prednášok Prevádzkové zatažení strojnych a stavebných konštrukcií, Košice, DT SVTS, 1976
14. TYDLÁČKA, V.; DROPPA, B.: Objektivizácia podkladov na určenie prevádzkových zatažení, ako 12.
15. TYDLÁČKA, V.; DROPPA, B.: Kvantifikácia pravdepodobnostného modelu prevádzkových podmienok /na príklade špeciálneho lesného kolesového tahača/, In: Zborník referátov z II. konferencie Dynamické a pevnostné problémy strojníckych konštrukcií, Bratislava, ÚMS-SAV, 1980
16. PECL, J.; PERNICA, J.; PŘIBYL, F.; TYDLÁČKA, V.: Podrobné štúdium technologického nasadenia stroja ako základ objektivizácie podkladov na určenie jeho prevádzkových zatažení, ako 15.