



EKONOMICKÉ PRÍNOSY DIAGNOSTIKY A ÚDRŽBY

ECONOMIC BENEFITS OF DIAGNOSTIC AND MAINTENANCE

Michal DŽURNÝ – Rastislav HUDÁK – Jozef SVETLÍK

Abstract

In enhancing economic efficiency and profits of the company must follow uptime of machinery and equipment used in manufacturing, where machines are the main corporate profits. With a backlog of maintenance condition can occur when a company is unable to production. This is connected with considerable losses primarily related to the shutdown and the cost of repairing the fault. For smooth operation and early detection of failures is necessary to diagnose the machine, especially their key nodes and determine the extent of administrative and maintenance plan.

Key words

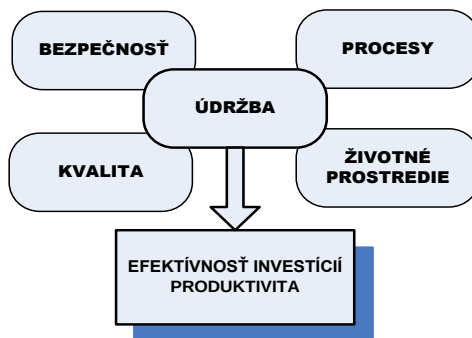
Economics, Diagnostic, Maintenance.

Úvod

V súčasnosti sa kladie dôraz na zvyšovanie efektívnosti výroby, s čím sú spojené aj dosahované zisky výroby. Podniky a podnikatelia, ktorých hlavnú zložku tvoria stroje, výrobné zariadenia, výrobné linky, ktoré sú zamerané na cieľovo orientovanú výrobu, určuje ich postavenie na trhu a ich konkurencieschopnosť. Na jednej strane sa kladie dôraz na spoľahlivosť, výrobnosť, presnosť a ekonomickú efektívnosť stroja pri výrobe a na druhej jeho minimálna údržba a poruchovosť. V minulosti sa uvažovalo, že poruchovosť strojov úmerne rastie s jeho vekom, a že pravdepodobnosť poruchy sa zníži s rastúcim počtom generálok. Ale nie je to tak, na vzniku poruchy stroja sa podieľajú mnohé faktory. Vyradenie stroja z prevádzky môže mať katastrofálne následky na ekonomiku podniku, zvlášť náchylné sú výrobné linky, kde porucha stroja môže odstaviť celú výrobnú linku a zastaviť produkciu podniku. Zabrániť strate nemalého zisku sa dá predísť správnou údržbou a vhodne stanovenou diagnostikou.

Efektívnosť údržby

Pri tvorbe modelu údržby alebo jeho zmeny je stále aktuálna a neoddeliteľná otázka efektívnosti využitia investícií a rizika ich návratnosti (obr.1). Pri nesprávnom stanovení údržby a jej rozsahu dochádza k finančným stratám spojenými s prehodnotením údržby a opätovným vykonaním.



Obr.1 Súvislosti medzi efektívnosťou investícií, údržbou a dosahovanými účinkami



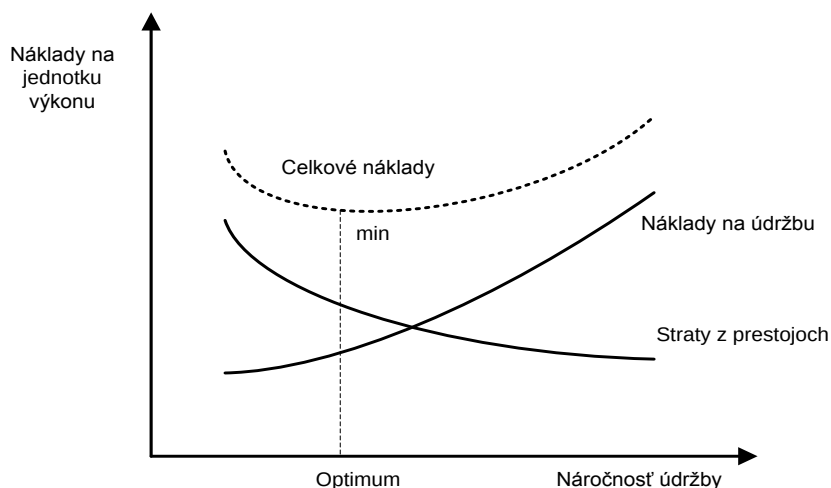
Najspornejšou témou samotnej tvorby projektu a funkcie údržby je zabezpečenie spoľahlivosti, bezporuchového chodu strojov vo výrobnom procese. Práve to kritérium je nutné považovať za prioritné, podľa ktorého sa bude voliť projekt a úroveň údržby. Minimalizácia strát z prestojov vystihuje základné poslanie údržby.

Optimalizácia údržby

Z analýz ekonomickej efektívnosti a produktivity strojov a zariadení vyplýva požiadavka na minimálne hodnoty strát prestojov a minimálne náklady na údržbu. Najefektívnejším kritériom údržby je dosiahnutie minimálnych finančných nákladov a prostriedkov vzťahujúcich sa k jednotke výkonu - prepojenie strát z prestojov vo výrobe a nákladov na údržbu. (obr.2)

Okrajové podmienky sú:

- vysoké straty pri nízkych nákladoch na údržbu,
- neprimerane vysoké náklady na údržbu oproti vzniku nepatrných strát.



Obr.2 Grafické vyjadrenie optimalizácie údržby

Pod pojmom náklady na údržbu (N_u) v spojení s preventívnym zásahom alebo následnými činnosťami, rozumieme:

- náklady na vlastné úkony (mzdy, náklady na dopravu),
- náklady na cudzie výkony (externé),
- náklady na materiál (náhradné diely).

Pod pojmom straty z prestojov (N_s) zaradzujeme:

- výkonové straty: predĺženie výrobného cyklu, nesprávne nastavenie strojov, úmyselné spomalenie,
- operačné straty: nedostatok materiálu a ľudí, výpadky zariadenia, nastavovanie strojov, zmena produkcie, zlá obsluha, úzke miesta, chyby,
- plánované straty: testy, skúšky, preventívna údržba, víkendy, dovolenka, upratovanie, vývoj,
- nekvalita výroby: nepresnosť výroby, chyba materiálu, opravy.



Celkové náklady (N_c) dostaneme zlúčením nákladov na údržbu s ekonomickým vyhodnotením strát výroby. Optimum celkových nákladov je, ak:

$$N_c = \min(N_u + N_s)$$

Trendový záznam stavu stroja

Jednorazové merania pre identifikáciu stavu zariadení, majú oveľa nižšiu vierohodnosť ako pravidelný záznam vývoja odmeraných veličín za rovnakých technických podmienok. Za predpokladu, že je zariadenie funkčné a namerané hodnoty veličín sa v nejakom dlhšom časovom období nemenia, potom sa s veľkou pravdepodobnosťou nemení ani technický stav stroja. Ak by hodnoty začali rásť (mení sa trend), potom môžeme jednoznačne identifikovať začiatok zmeny technického stavu a týmto spôsobom efektívne predísť vzniku závažnej poruchy.

Pre správne využívanie popisovanej metódy je dôležité dobre odhadnúť hustotu diagnostických meraní (stanovenie intervalov kontrolných meraní) a nastavenie limit pre zahájenie údržbárskych zásahov. Tento odhad sa zväčša robí na základe skúseností a znalosti miery rizika. Nesprávny odhad spôsobuje buď zbytočne zvýšené náklady na diagnostiku a tiež môže vyvolať falošný alarm, resp. sa môžu zvýšiť náklady spôsobené vznikom závažnej poruchy v dôsledku neidentifikovania kritického stavu. Najčastejšie meranou veličinou z hľadiska diagnostiky strojov je frekvencia kmitania, rozmerové zmeny (opotrebenie a deformácia) a tiež teplota. Pre správne určenie trendu je vhodné dodržiavať zásady merania.

Príklad správneho merania s akcelerometrom (obr.3):

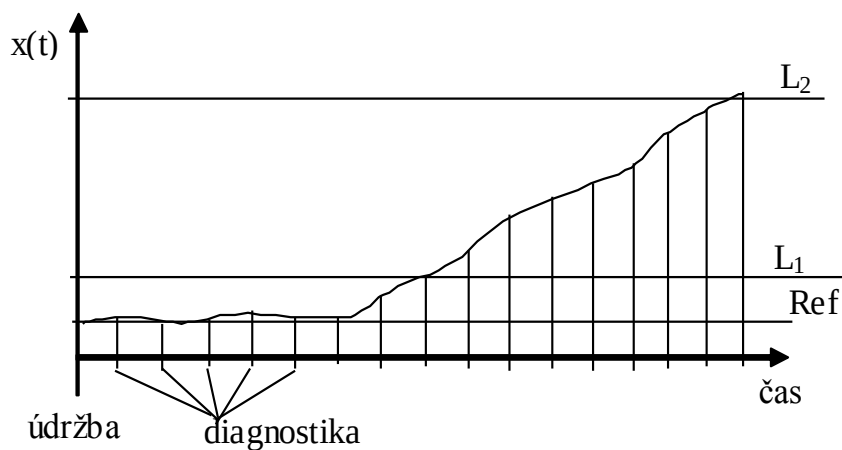
- Meranie je potrebné vykonať s vhodným prepojením snímača na meraný povrch. Z toho hľadiska nie sú ručné sondy dostatočne spoľahlivé. Výhodné je prepojenie magnetickým držiakom a ak potrebujeme merať vo vyššom frekvenčnom pásme tak najvhodnejším prepojením je skrutkový spoj.
- Opakované merania sa musia vykonávať s rovnakými meracími prostriedkami (snímač, prepojenie, kábel, merací prístroj) a v rovnakých smeroch merania pri rovnakých nastaveniach parametrov prístroja.
- Snímač je potrebné opakovane upevniť na rovnaké miesto. Z toho hľadiska je vhodné mať spoľahlivo a presne vyznačené body merania. Vhodným riešením je napr. vytvorenie špeciálnych meracích plošiek s tuhým prepojením na zariadenie.
- Meranie je nutné uskutočňovať vždy za identických technických podmienok (otáčky a zaťaženie, teploty pracovných uzlov, teplota prostredia, časový odstup od posledného údržbárskeho zásahu)
- Tiež je dôležité zaznamenávať zmeny meracích podmienok (mieru kolísania meraného údaju, zmeny prevádzkových podmienok, ...).

Za účelom posúdenia vývoja trendov je dôležité ukladať záznamy o údržbe zariadení a prestojoch s popisom konkrétneho zásahu. Napr. výmena oleja, vyvažovanie rotora, výmena remeňa, ...

Pri všeobecnej voľbe meracích intervalov sa odporúča vykonať 5 až 10 opakovaných meraní v rámci intervalu medzi dvoma údržbárskymi zásahmi.

Limita varovania sa zvyčajne volí na úrovni dvojnásobku referenčnej úrovne trendového záznamu.

Limita kritickej hodnoty sa zväčša volí na úrovni päť násobku referenčnej úrovne trendového záznamu.



L1 – limit varovania

L2 – limit kritickej hodnoty

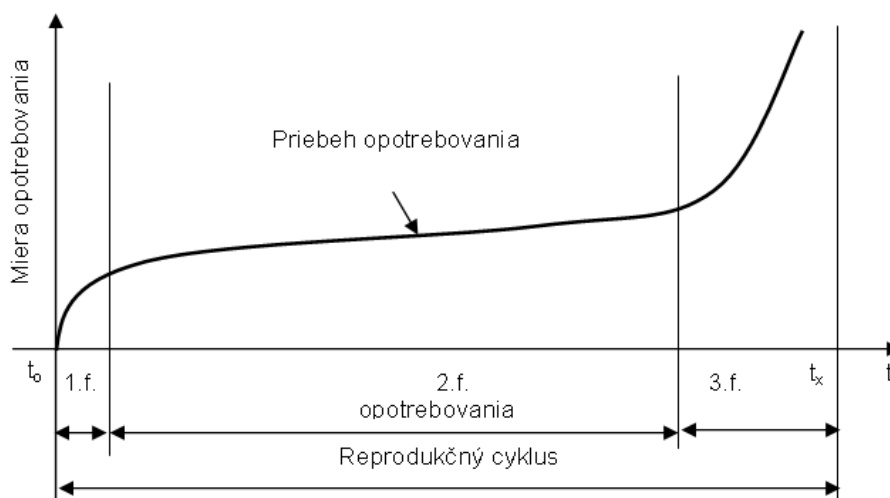
Ref – referenčná hladina záznamu

$x(t)$ – meraná veličina (rýchlosť, zrýchlenie, ...)

Obr.3 Príklad merania akcelerometrom

Opotrebenie stroja

Pri údržbe daného stroja, či zariadenia je nutné poznať stav opotrebenia, k čomu slúžia rôzne diagnostické postupy. Pri opotrebovaní sa podieľajú rôzne dynamicky sa meniace faktory, ktoré môžu byť akýmsi ukazovateľom tvorby údržby. K týmto faktorom zaradujeme napr. faktory prostredia (vlhkosť, prašnosť a pod.), technologické faktory (materiálová štruktúra, technologický postup, pracovné podmienky a pod.), samozrejme nesmieme zabudnúť na ľudský faktor (kvalifikácia obsluhy, organizácia práce a pod.). Priebeh opotrebovania je možné vyjadriť grafom, kde v závislosti je čas prevádzky a miera opotrebenia. Skladá sa z troch etáp, v prvej je opotrebenie malé a výskyt porúch je ojedinelý, druhú fázu môžeme nazvať fáza prevádzky, kde daný stroj je maximálne produktívny s minimálnym výskytom porúch a tretia fáza tzv. fáza dožitia stroja, kedy stroj je tesne pred koncom životnosti a v tejto fáze hrozí veľké riziko poruchy alebo havarijného stavu (obr.4).

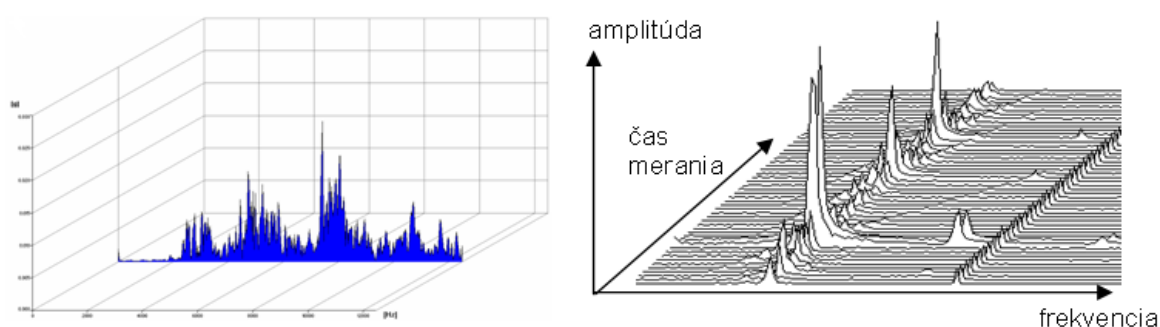


Obr.4 Diagram opotrebenia stroja



Pri odhaľovaní vznikajúcich porúch, resp. znižovanie životnosti rôznych uzlov stroja sa používajú rôzne diagnostické prístroje. Každá negatívna zmena na stroji sa prejaví tvorbou energie, či už vo forme tepla, vibrácii, akustických signálov, elektrických a chemických javov a podobne. Každá z týchto energií sa dá merať a vyhodnocovať. Podľa nosiča energie poznáme termodiagnostiku, akustickú a ultrazvukovú diagnostiku, vibrodiagnostiku, defektoskopickú diagnostiku, tribotechnickú diagnostiku a elektrodiagnostiku o pod.

Napr. pri vibrodiagnostike sa dajú včas odhaliť poruchy ložísk, ozubených prevodov, chyby spojok, či hriadeľov. Každá z týchto chýb môže viesť k totálnemu odstaveniu stroja a tým stratám na zisku. Diagnostikovať sa môže hneď (on-line) a odporučiť údržbu prevažne u časti strojov na prechode medzi druhou a treťou fázou alebo pomocou trendovej analýzy, (obr.5) kedy sa meranie robí v pravidelných časových intervaloch za nezmenených meracích podmienok. Výsledkom je záznam meraní, kde je vidieť ako sa vlastnosť daného prvku mení.



Obr. 5 Trendový záznam

Článok vznikol ako parciálna časť riešenia projektu VEGA: 1/0478/10 „Výskum zvyšovania presnosti obrábacích strojov s využitím numerických simulácií dynamiky procesu obrábania“.

Súhrn

V konečnom dôsledku sú straty a prestoje neoddeliteľnou súčasťou každej výrobnjej prevádzky. Samozrejme je dobré, ak manažment komunikuje s pracovníkmi, ktorý daný stroj denne obsluhujú a vedia povedať, či nastala zmena. Správne naplánovanie údržby a vhodne zvolená diagnostika má nemalý účinok na efektívnosť výroby, a tým aj na ekonomiku podniku, lebo sa minimalizujú nežiaduce prestoje a s nimi ide ruka v ruke strata nemalého zisku.

Kľúčové slová

Ekonomika, diagnostika, údržba.

Použitá literatúra

- [1] MALINDŽÁK, D.: Stratégia, organizácia a riadenie priemyselnej údržby. Špecifický modul I. Košice : TU Košice, 2008,
- [2] RAKYTA, M.: Údržba ako zdroj produktivity. In.: Slovenské centrum produktivity, Žilina, 2002, ISBN 80968312-3-3,
- [3] SMRČEK, J.: Prevádzka údržba automatizovaných zariadení. Košice : Elfa Košice, 1996. ISBN 80-88786-25-8,
- [4] VALENČÍK, Š.: Údržba a obnova strojov. Košice: Viena s.r.o. Košice, 2010. ISBN 978-80-553-0514-1,



- [5] DOBRÁNSKY, J., KREHEĽ, R., Analýza kvality použitého oleja a meranie vibrácií hrotového sústruhu SV 18RA, 2010. In: Strojírenská technológia. Vol. 14 (2010), p. 33-36. - ISSN 1211-4162,
- [6] KREHEĽ, R., KRENICKÝ, T., System verification without dismantling the operations of diagnosis in the paper industry, 2010. In: Scientific Papers : Operation and diagnostics of machines and production systems operational states : volume 3. - Lüdenscheid : RAM-Verlag, 2010 P. 12 - 17. - ISBN 978-3-942303-04-0,
- [7] KREHEĽ, R. Diagnostický systém v oblasti identifikácie prevádzkového stavu strojov a zariadení, 2009. In: Automatizace. Vol. 52, no. 6 (2009), p. 378-380. - ISSN 0005-125X.

Kontaktná adresa

Ing. Michal Džurný

TU, Strojnícka fakulta

Katedra výrobnéj techniky a robotiky

Němcovej 32, 040 01 Košice

e-mail: michal.dzurny@tuke.sk

Ing. Rastislav Hudák

TU, Strojnícka fakulta

Katedra výrobnéj techniky a robotiky

Němcovej 32, 040 01 Košice,

e-mail: rastislav.hudak@tuke.sk

Ing. Jozef Svetlík, PhD.

TU, Strojnícka fakulta

Katedra výrobnéj techniky a robotiky

Němcovej 32, 040 01 Košice

e-mail: jozef.svetlik@tuke.sk