

Výběr zařízení pro dynamické plánování údržby

Příspěvek je věnován filosofii výběru jednotlivých strojů/vybavení, které je ekonomicky výhodné zahrnout do revize plánu údržby. Jsou představeny možnosti porovnání přínosů a nákladů na zavedení dynamického plánu údržby, jako např. Cost Benefit Analysis, Reliability Block Diagram, RCM apod. Jako základní vstupní informace do rozhodovacího procesu budou vstupovat informace o ceně zařízení, počtu zařízení daného typu v majetku organizace, náklady na provoz a údržbu zařízení nebo kritičnost potenciálního výpadku. V úvahu bude brán vliv poruchy zařízení na výrobu, bezpečnost práce i poškození životního prostředí.

Motivace práce

Plánování údržby je relativně nová vědní disciplína. Není tomu tak dlouho, co byla naprostá většina zařízení provozována do poruchy a údržba se vlastně skládala pouze z korektivních zásahů, tzv. havarijní údržba. V posledních desetiletích minulého století začala být stále častěji prováděna údržba preventivní, a sice preventivní zásahy na základě pevného časového intervalu. Postupem doby se provozovatelé naučili sledovat aktuální stav svého zařízení a na jeho základě provádět preventivní a proaktivní úkony údržby. Takto nastavený systém údržby je označován jako dynamický plán údržby. S rostoucími požadavky na efektivní provádění a snižování nákladů údržby rostou také nároky na metodiku sestavování dynamických plánů údržby. Ukazuje se, že dynamické plány údržby nejsou ekonomicky efektivní pro všechna zařízení, dokonce lze v některých průmyslových provozech tvrdit, že nejsou vhodné pro naprostou většinu zařízení. Samotné sledování stavu běžných a tedy relativně levných komponent bývá dražší, než potenciálně uspořené náklady na poruchu nebo nevyužití celého technického života komponenty. Předkládaný příspěvek ukáže několik možných přístupů k nalezení takových zařízení, pro která se vyplatí dynamický plán údržby sestavovat a pro která nikoliv.

Výběr zařízení na základě rizika

Při sestavování plánů údržby se často uvažuje o výhodnosti provádění údržby. Ta je vyjádřena např. indexem efektivnosti údržby, tzv. MEI (z angl. Maintenance Effectiveness Index), viz rovnici (1).

$$MEI = \frac{R_{NO} - R_{UO}}{N_{PU}} = \frac{\frac{N_F}{MTBF_{NO}} - \frac{N_F}{MTBF_{UO}}}{N_{PO}} \quad (1)$$

kde:

R_{NO} – riziko neudržovaného objektu (bez preventivní údržby) [Kč.rok⁻¹]
 R_{UO} – riziko udržovaného objektu (s preventivní údržbou) [Kč.rok⁻¹]
 N_F – následky poruchy ve finančním ocenění [Kč]
 N_{PU} – náklady na preventivní údržbu [Kč.rok⁻¹]
 $MTBF_{NO}$ – střední doba mezi poruchami neudržovaného objektu [rok]
 $MTBF_{UO}$ – střední doba mezi poruchami udržovaného objektu [rok]

Pomocí tohoto indexu jednoduše rozeznáme, zda je navrhovaný úkon údržby efektivní či nikoliv. Pokud je MEI vyšší, než jedna, znamená to, že náklady na preventivní údržbu nedosahují výše úspor, které dosáhneme prováděním údržby, a tedy že se údržbu v této podobě vyplatí provádět. Co však dělat, pokud vyjde index MEI nižší, než 1? Běžně je doporučováno ponechat takovéto zařízení běžet a opravovat ho až po poruše. V tomto okamžiku již bylo vynaloženo úsilí k nalezení ideální údržby, které bývá často také nákladné. Abychom se vyvarovali pracného a nákladného analyzování položek, které nemají dostatečný potenciál pro úspory, bude vhodné vybírat pouze takové, jejichž porucha s sebou nese vysoké náklady.

Matrice rizika

Jednou z možností, jak vybrat vhodná zařízení pro plánování dynamické údržby, je použití tzv. matice rizika, viz obr. 1.

Risk Matrix		Risk Matrix Data				
Equipment	Failure Mode	Low	Medium	High	Very High	Critical
Category A	Single Fault	L	M	H	Very High	Critical
	Multiple Fault	L	M	H	Very High	Critical
	Single Effect	L	M	H	Very High	Critical
	Multiple Effect	L	M	H	Very High	Critical
Category B	Single Fault	L	M	H	Very High	Critical
	Multiple Fault	L	M	H	Very High	Critical
	Single Effect	L	M	H	Very High	Critical
	Multiple Effect	L	M	H	Very High	Critical

Obr. 1 Příklad matice rizika

Výsledné riziko z provozování komponenty je dáno kombinací faktorů následků nežádoucí události a četností jejího nastoupení. Zatímco frekvence nastoupení nežádoucí události je snadno identifikovatelná na svislé ose matice rizika, celkové následky na vodorovné ose jsou v zobrazeném případě dány součtem následků nežádoucí události na:

- ekonomiku provozu (kde jsou obsaženy ztráty z nevýroby, materiálové náklady na opravu a náklady na pracovníky, kteří opravu provedou),
- bezpečnost a zdraví pracovníků (zde se rozlišuje délka pracovní neschopnosti, lehké/těžké zranění, případně úmrtí jednotlivce nebo skupiny osob)
- životní prostředí (posuzuje se rozsah zasaženého životního prostředí a možnost návratu environmentu do původního stavu před nežádoucí událostí).

To, že jsou následky nežádoucí události určeny jako součet výše uvedených tří faktorů má za následek, že pokud bude nežádoucí událost klasifikována jako N (zanedbatelná, z angl. Negligible) ve všech třech hodnocených kriteriích, budou výsledné následky klasifikovány stupněm L (nízký, z angl. Low) a hodnocení rizika bude posunuto o jedno pole vpravo, tedy k vyšším stupňům rizika.

Výhodou tohoto postupu je jednoduše. Frekvenci nastoupení nežádoucí události umíme většinou snadno odhadnout a následky je možné zadat v semikvantitativním hodnocení. Výsledné riziko potom bude určeno tou buňkou v matici rizika, kde se protne četnost s následky. Pro výběr zařízení k dynamickému plánování údržby bude určen stupeň rizika, které již bude dostatečně vysoké na to, aby potenciální zisk z analýzy údržby položky převážil samotné náklady na vlastní analýzu, např. lze stanovit, že analyzovány budou komponenty, jejichž riziko bude středně vysoké (na obrázku MH z angl. Medium High) a vyšší.

Nevýhodou této metody je nevyváženost mezi hodnocením levných a drahých položek. Je logické, že složitá a nákladná zařízení budou mít vyšší ekonomické následky nežádoucí události, než drobná zařízení. V případě složitých a drahých komponent je však třeba uvědomit si, že náklady na opravu po poruše budou dosahovat vyšších částek a bude se obtížně hledat vhodnější řešení plánu údržby. Očekávání úspor nákladů údržby při výběru zařízení pomocí matice rizika mohou zůstat nenaplněna, přesto lze konstatovat, že matice rizika je vhodným nástrojem výběru komponent pro sestavování

plánů dynamické údržby. Matice rizika totiž odhalí komponenty, které mají vysokou četnost nastoupení poruchy, vysoké náklady na odstranění poruchy nebo vysoké následky nežádoucí události na zdraví a životy osob a na životní prostředí.

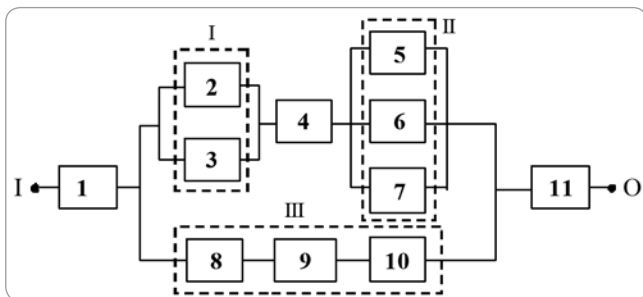
Analýza přínosů a nákladů

Analýza přínosů a nákladů CBA (z angl. Cost Benefit Analysis) je jednou z nejrozšířenějších, protože nejjednodušších metod určení výhodnosti nějaké činnosti. Principem metody je sepsání všech potenciálních nákladů na činnost a jejich porovnání s přínosy, které daná činnost společnosti přinese. Pro správné užití této metody se doporučuje použít váhové faktory hodnoty investic, jako je např. čistá současná hodnota NPV (z angl. Net Present Value), která předpokládá určení diskontní sazby nebo vnitřní výnosové procento. Pomocí posledně jmenovaného je možné určit limitní hodnotu nákladů, při kterých bude ještě výhodné provádění zkoumané činnosti.

Přestože je analýza přínosů a nákladů jednoduchá na zpracování, je poměrně pracná a časově náročná, proto lze předpokládat, že při výběru zařízení pro plánování dynamické údržby budou používané typy komponent a až o těchto typech bude rozhodnuto, zda je výhodné pro ně provádět plánování údržby. V takovém případě ovšem hrozí nebezpečí, že bude přehlédnuta položka, která je netradičně umístěna a jejíž porucha má např. významný vliv na životní prostředí. Analýzu přínosů a nákladů je možné doporučit jako „předvýběr“ zařízení, která budou následně podrobena detailnějším úvahám o zařazení do plánů dynamické údržby.

Blokový diagram bezporuchovosti

Blokový diagram bezporuchovosti RBD (z angl. Reliability Block Diagram) je vhodný pro výběr zařízení pro dynamické plánování údržby, bude-li akcentována stránka provozních nákladů (ztrát) z nevýroby v případě poruchy komponenty. Pomocí RBD je možné namodelovat logickou strukturu jednotlivých zařízení (bloků) a jejich provázanost ve výrobním procesu. Příklad jednoduchého výrobního procesu, popsaného pomocí blokového diagramu bezporuchovosti viz Obr. 2.



Obr. 2 Model výrobního procesu pomocí blokového diagramu bezporuchovosti

Analýza výrobního procesu pomocí RBD umožňuje následný výběr položek, kritických pro správné vykonávání funkce výrobního bloku. Takovéto položky mají velký vliv na provoz. Kritičnost položek je obsažena v množinách minimálních kritických řezů, které jsou výsledkem analýzy RBD. Množina minimálních kritických řezů prvního řádu obsahuje položky, jejichž porucha znamená okamžitou disfunkci celé výroby (zde se jedná o bloky 1 a 11), množiny minimálních kritických řezů vyšších řádů obsahují položky, které musí být současně v neprovozním stavu, aby došlo ke ztrátám na výrobě. Řád minimálních kritických řezů udává, kolik prvků musí být minimálně v poruchovém stavu. V uvedeném příkladu je minimálním kritickým řezem druhého řádu kombinace poruch prvků {4, 8}; {4, 9} a {4, 10}. Při výběru zařízení pro dynamické plánování údržby pomocí metody RBD by tedy prvními komponentami, u kterých by byl nový model údržby zvažován, byly prvky 1 a 11, ve druhé vlně analýz potom komponenty 4, 8, 9 a 10.

Uvedená metoda výběru komponent pro plánování dynamické údržby upřednostňuje komponenty s vlivem na výrobu, přičemž

neuvažuje celkové roční náklady na provoz a údržbu jednotlivých zařízení. Je pouze na rozhodnutí analytika, který řád minimálních kritických řezů určí jako limitní úroveň, po kterou budou komponenty detailně analyzovány. Ta zařízení, která nebudou vybrána pomocí metod RBD, CBA ani pomocí matice rizika k analýze dynamického plánování údržby mohou být považována za nevýznamná. Přesto existuje možnost, že porucha takovýchto zařízení s sebou nese extrémně vysoké náklady. Tuto skutečnost je možné odstranit pomocí ručního výběru pomocí jednoduché tabulky.

Výběr pomocí tabulky

Další možností, jak zvolit zařízení, která budou mít s vysokou pravděpodobností velké následky poruchy, je výběr pomocí tabulky. Jako příklad poslouží následující Tab. 1.

Technické místo	Vliv na výrobu [ANO/NE]	Vliv na bezpečnost práce [ANO/NE]	Vliv na životní prostředí [ANO/NE]	Technicky složitě nebo unikátní zařízení [ANO/NE]	Dlouhodobě problémové zařízení [ANO/NE]	Detailní RCM
xxxx-1	ne	ne	ne	ne	ne	ne
xxxx-2	ano	ne	ne	ne	ne	ano
xxxx-3	ne	ne	ne	ano	ne	ano

Tab. 1 Tabulka výběru zařízení pro dynamické plánování údržby

Do uvedené tabulky je možné zadat všechna zařízení seznamu majetku, ze kterých budou následně jednotlivé odbornosti filtrovat zařízení, která je nutné podrobit detailní analýze a případně je zařadit do plánů dynamické údržby. Z praxe vyplynulo, že optimální způsob výběru kritických zařízení pomocí takto strukturované tabulky je takový, že buňky vyplňuje:

technolog + operátor pro „vliv na výrobu“; vyplňují pro celý seznam zařízení

technolog + odbornost pro „vliv na bezpečnost práce“; odbornosti si rozdělí seznam zařízení

technolog + odbornost pro „vliv na životní prostředí“; odbornosti si rozdělí seznam zařízení

odbornost pro „technicky složitě nebo unikátní zařízení“; odbornosti si rozdělí seznam zařízení

odbornost pro „dlouhodobě problémové zařízení“; odbornosti si rozdělí seznam zařízení

Po vyplnění všech buněk je možné vyfiltrovat zařízení, u kterých ani v jednom kritériu (sloupečku) nebylo vyplněno „ano“ a těmito se dále nezabývat. U zbylých zařízení existuje předpoklad, že jejich porucha bude mít velké následky a proto budou vstupovat do detailní analýzy pro přípravu dynamického plánu údržby.

Poděkování

Tato práce byla vytvořena s finanční podporou Technologické agentury České republiky, projekt číslo TE01020036 - Pokročilé technologie pro výrobu tepla a elektřiny.

Literatura

- [1] ČSN IEC 50(191) (010102) Mezinárodní elektrotechnický slovník - kapitola 191: Spolehlivost a jakost služeb.
- [2] Moubray, J.: Reliability-Centered Maintenance; Industrial Press. New York, 1997
- [3] Kamenický J., Zajíček J.: Effectiveness optimization of RCM process; Risk, Reliability and Social Safety, Stavanger, 2007
- [4] Kamenický J.: Vývoj analýz RCM v čase; Stredoúropské fórum údržby 2011, Štrbské Pleso, 2011

Ing. Jan Kamenický, Ph.D.

Technická univerzita v Liberci
Studentská 2, 46117 Liberec, Česká republika
Tel.: +420 485 353 433
jan.kamenicky@tul.cz