

System kódovania porúch zariadení s cieľom efektívne využiť metodiku MTBF

Na základe požiadaviek znížiť nákladovosť údržby pri zachovaní požadovanej dostupnosti a spoľahlivosti zariadení bolo vykonané nové hodnotenie údržbárskych činností s cieľom stanoviť jednotný a povinný systém označovania jednotlivých porúch zariadení a ich príčin. Výsledkom je zostavenie efektívnejšieho modelu predpovedania potreby preventívnej údržby a zvýšenie spoľahlivosti zariadení.

Opis problematiky a stanovenie základných cieľov

V minulosti sme sa často stretali s otázkou, či spravujeme naše zariadenie tak, že prostriedky na jeho udržiavanie a opravy sú vynakladané efektívne, resp. či je starostlivosť o naše zariadenie skutočne tá optimálna. Verili sme, samozrejme, že všetko je v poriadku, že z údržbových aktivít nemožno už v žiadnom prípade nejakú vypustiť, že náš plán preventívnych činností je absolútne účinný, že proces, ktorým riadime starostlivosť o zariadenia, nemá úzke miesta a pod. Dnes je nám jasné, že priestor na zlepšenie existuje vždy a vždy možno veci optimalizovať. Vždy sa dá pozrieť na danú problematiku inak a rozpoznať rezervy.

My sme boli pred takúto úlohu postavení v priebehu krízového roka 2009. Vtedy bol náš segment priemyslu výrazne postihnutý krízou. Celosvetový pokles záujmu o rafinérské produkty vytvoril tlak na rafinérské kapacity, ktorý neustále viacero spoločností v Európe. Tie boli nútené svoje spracovateľské kapacity výrazne redukovať alebo jednoducho svoju činnosť ukončiť. Samozrejme, i my sme boli vystavení mohutnému tlaku z externého prostredia. Boli sme nútení začať sa intenzívne zaujímať práve o to, kde sú naše rezervy. Z hľadiska spoľahlivosti a riadenia procesov údržby sme sa zamerali hlavne na dve oblasti:

- MTBF (Mean Time Between Failures),
- korózná mapa.

Načreli sme do sfér, ktoré sme pokladali za zmapované a dobre fungujúce, ale skúsili sme pri tom aplikovať nové princípy prístupov, akcentujúce „individualitu“ každého zariadenia. Zmenený pohľad teda spočíval hlavne v tom, že sme sa namiesto výrobných celkov sústredili na konkrétne zariadenia. V prvom kroku sme sa snažili o ich detailné opísanie a stanovenie štandardných činností v rámci procesu udržiavania a ich čo najpresnejšie onormovanie. Práve z tohto princípu vznikla úloha zmapovať poškodzovacie mechanizmy zariadení a opísať ich priebeh a vplyv na spoľahlivosť konkrétneho zariadenia. Ako som už spomínal, vysoký dôraz sme kládli práve na špecifickosť každého zariadenia. Naším cieľom bolo vypracovať taký systém, ktorý by nám umožnil v rozmanitej spleti zariadení ich jednoduché roztriedenie, a to nie len z hľadiska druhov a typov zariadení, ale hlavne z hľadiska poškodzovacích mechanizmov, ktoré v nich prebiehajú, a ich vplyvov na celkovú efektívnosť a mechanickú dostupnosť zariadenia pre výrobný proces.

Výstupom malo byť:

- umožnenie tvorby rozpočtu údržby na budúce obdobie, postaveného na princípoch MTBF,
- prehodnotenie plánu preventívnej údržby,
- efektívnejšie plánovanie výkonu odstraňovania porúch (RBWS – Risk Based Work Selection) na základe dostupných údajov MTBF.

Základným očakávaním bolo, samozrejme, zníženie nákladov na údržbu pri zachovaní (resp. drobnom zvýšení) mechanickej dostupnosti.

Spoľahlivosť

Vzhľadom na správnu implementáciu a využitie známej spoľahlivostnej metódy MTBF sme sa sústredili na tri aspekty tejto problematiky:

- celkové MTBF zariadenia s predpoveďou spoľahlivosti, resp. stanovenie pravdepodobnosti vzniku poruchy,
- posúdenie MTBF daného zariadenia z hľadiska jednotlivých

porúch, ktoré na ňom boli identifikované,

- posúdenie príčin vzniku jednotlivých porúch s cieľom stanovenia programu ich odhaľovania.

Pre každý z daných aspektov sme stanovili kľúčový parameter ich sledovania. Na ich základe vznikol systém kódovania:

- problémov – toho, čo obsluha zariadenia vníma ako reálny problém, prečo zariadenie nemožno ďalej prevádzkovať (napr. neobvykle hlučný chod, netesnosť, zariadenie nemožno ovládať alebo pracuje mimo stanovených parametrov),
- porúch – toho, čo údržbár identifikuje ako dôvod odstavenia zariadenia (napr. upchatý prívod, poškodené ložisko, skorodované teleso),
- príčin porúch – teda toho, čo poruchový stav zapríčinilo (napr. nedostatočné mazanie, vibrácie, nesprávna montáž).

Z hľadiska procesu riadenia údržby sme okrem toho zadefinovali čas, keď treba jednotlivé kódy zadať k zákazkám údržby v informačnom systéme. Pri prijatí každej práce musí zákazka obsahovať kód problému. Na jeho základe systém automaticky priradí každej zákazke tzv. druh údržby. Ide v princípe o to, aby boli klasické poruchy exaktne oddelené od preventívnych úkonov, inšpekcií, resp. činností, ktoré treba vykonať ako podporu výrobných prevádzky, ako činnosti nevyvolané bezprostredne poruchou zariadenia. Kód poruchy, resp. jej príčiny, musí obsahovať každá zákazka reagujúca na odstránenie poruchy, a to najneskôr pri jej ukončení v informačnom systéme. Prakticky to znamená, že v čase, keď sa posudzuje riziko vyplývajúce z nereagovania na vzniknutú notifikáciu (proces RBWS), musí byť jasné, aký problém zistený stav zariadenia predstavuje. Môže, samozrejme, pritom ísť aj o problém znamenajúci ohrozenie obsluhy alebo životného prostredia.

V informačnom systéme sme definovali štyri druhy údržbárskej činnosti, uvedené v tab. 1.

Kód	Opis druhu údržbárskej činnosti	Význam
01	Opravy	Tento kód dostane automaticky každá zákazka, ktorá reaguje na vzniknutý poruchový stav zariadenia. Tento stav je charakterizovaný okrem iného aj parametrom „Kód problému“, ktorý určuje, ako je ovplyvnený samotný výrobný proces.
02	Preventíva	Je automaticky pridelený takej zákazke, ktorá je vygenerovaná v rámci preventívneho plánu alebo je výsledkom inšpekčnej činnosti ako zákazka na zamedzenie nepriaznivo sa vyvíjajúceho sledovaného parametra.
03	Inšpekcie	Je automaticky priradená inšpekčnej činnosti, prehliadkam alebo kontrolám.
04	Podpora prevádzky	Sú všetky ostatné činnosti, ktoré sú reakciou na požiadavku na vylepšenie výrobného procesu alebo zveľadenie pracovného prostredia (napr. vybudovanie potrubnej prepojky, postavenie plotu, nafarbenie dverí).

Tab. 1 Druhy údržbárskych činností

Praktický význam stanovenia spoľahlivosti zariadenia má pritom iba tá činnosť, ktorej je priradený druh údržbárskej činnosti „01“. Ostatné prípady sú z tohto pohľadu zanedbateľné.

Zužitkovanie kódov problémov

V tomto príspevku nechceme vysvetľovať výpočet spoľahlivosti, resp. pravdepodobnosti vzniku poruchy, chceme však poukázať na jeho implementáciu v prostredí informačného systému a využitie.

Každá zákazka, ktorá je smerovaná na konkrétne zariadenie, má prístupné viaceré informácie o spoľahlivosti dotknutého zariadenia a zodpovedajúceho alternatívneho zariadenia, ak existuje. Prakticky je k dispozícii:

Parameter	Opis	Význam
MTBF zariadenia	Stredná doba medzi poruchami v dňoch	Údaj zodpovedajúci zariadeniu, ktorého sa aktuálna oprava týka.
MTBF alternatívy	Stredná doba medzi poruchami v dňoch	Údaj zodpovedajúci alternatívne zariadenia, ktorého sa aktuálna oprava týka.
MTR zariadenia	Stredná doba obnovy zariadenia v dňoch	Údaj zodpovedajúci zariadeniu, ktorého sa aktuálna oprava týka.
Pravdepodobnosť poruchy alternatívy 1	Pravdepodobnosť poruchy v %	S akou pravdepodobnosťou nastane porucha na alternatívnom zariadení v čase uvažovaného ukončenia opravy zariadenia uvedeného v zákazke.
Pravdepodobnosť poruchy alternatívy 2	Pravdepodobnosť poruchy v %	S akou pravdepodobnosťou nastane porucha na alternatívnom zariadení o šesť mesiacov.

Tab. 2 Informácie o spoľahlivosti, dostupné v zákazke v IS

V informačnom systéme sú uvedené údaje k dispozícii v spodnej časti obrazovky uvedenej na obr. 1 v sekcii Podporné info pre plánovanie. Alternatívne zariadenie je uvedené v sekcii „Spoľahlivosť“.



Obr. 1 Obrazovka na spracovanie notifikácií o poruche (RBWS proces)

Skladba zariadení

V prostredí rafinérie je skutočne veľmi rozmanitý strojový park. Dostupná je celá plejáda chemických strojov od kolón cez reaktory, rôzne procesné nádoby, dehydrátory, aerátory až po uskladňovacie nádrže. Samozrejme, môžete tu nájsť celé systémy výmenníkov tepla, chladičov, ohrievačov, kondenzátorov a, samozrejme, potrubí osadených armatúrami rôznych druhov, tlakových a rozmerových tried, poistného a regulačného charakteru. Ďalej systémy regulácie od snímačov cez vyhodnocovače až po rozličné akčné členy, no a tiež rotačné zariadenia – čerpadlá, kompresory, vývevy, dúchadlá, ventilátory a miešadlá, všetko poháňané buď parou, alebo elektrickou energiou. K tomu mohutné systémy analyzátorov prostredia, protipožiarne systémy, riadiace a monitorovacie systémy, systémy miestnych meraní a mnoho ďalších. Celkovo máme v IS zadefinovaných vyše 500 tried zariadení zohľadňujúcich ich konštrukčné a procesné špecifiká. Čo do množstva máme v IS evidovaných viac ako 102-tisíc položiek majetku, reprezentujúcich konkrétne zariadenia alebo celky, ktoré nemá zmysel ďalej ako zariadenia deliť (každý menší podcelok je posudzovaný ako náhradný diel).

Z tohto pohľadu sme zariadenia na najvyššej úrovni rozdelili na:

- rotačné zariadenia,
- stabilné zariadenia,
- elektrozariadenia,
- zariadenia merania a regulácie (a automatizácie).

Obr. 2 Príklad definície kódov porúch zariadení

Rotačné zariadenia

Od rotačných zariadení závisí proces v rafinériách. Z tohto pohľadu sú veľmi dôležité a často ako tzv. sólo stroje sú pre samotný proces najkritickejšie. Spravidla zabezpečujú prúdenie média v zariadení a dosiahnutie tlakových, množstvových a prietokových parametrov procesu. Pre naše potreby sme zadefinovali tieto skupiny rotačných zariadení: čerpadlá, vývevy, dúchadlá, ventilátory, kompresory, turbíny, prevodovky a miešadlá.

Stabilné zariadenia

Stabilné zariadenia v rafinérii sú vlastne tie, v ktorých reálne prebieha výrobný proces, napr. destilácia v destilačnej kolóne, štiepenie uhľovodíkov alebo odsírenie v reaktore. V sústavách výmenníkov tepla, chladičov alebo ohrievačov sa udržuje proces na stanovených teplotných parametroch. Je preto jasné, že z obchodného hľadiska ide o veľmi dôležité zariadenia. Niektoré majú alternatívy pre prípad poruchy, tie zásadné však obyčajne náhrady nemajú. Z hľadiska výrobného procesu sú teda veľmi kritické. Pre naše účely sme ich rozdelili na: potrubia, výmenníky, armatúry, kotly, filtre, kolóny, procesné a uskladňovacie nádrže, odlučovače, pece, reaktory, zásobníky, sušiče, tlmiče, hasiace zariadenia a konštrukcie.

Elektro zariadenia a zariadenia merania a regulácie

Na udržanie procesu a pohon zariadení sú, samozrejme, dôležité aj elektromotory, resp. potrebné elektro rozvody s transformátormi a rozvádzačmi a systémy, ako sú DCS, EDS, PLC a pod. Tie sme rozdelili na: elektromotory, rozvádzače, transformátory, rozvody, UPS a usmerňovače, osvetlenie, servopohony, frekvenčné meniče a softštartéry, akčné členy, meranie a systémy (DCS, PLC, EDS, Panel).

Pre všetky definované skupiny zariadení boli vytvorené zoznamy možných porúch a tieto boli vybavené patričnými kódmi. Zároveň boli pre každý druh zariadenia a poruchy vypracované zoznamy možných príčin danej poruchy. Podobne ako v prípade kódov



porúch, aj týmto boli priradené konkrétne kódy. Na obr. 2 je uvedený príklad zadefinovania porúch pre skupiny zariadení a na obr. 3 potom príklad zadefinovania príčin jednotlivých porúch.

Príčiny poruchy XPLO - Poškodené ložisko		Čerpadlá	Vývevy	Dúchadlá	Ventilátory	Kompresory	Turbíny	Prevodovky	Micradlá	Elektromotory
Kód príčiny	Popis príčiny									
XPLO-01	Nevhodný dizajn	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-02	Prekročená životnosť	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-03	Nedostatočné nevhodné mazanie	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-04	Vyosenie sústrojenstva	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-05	Vibrácie	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-06	Mechanické poškodenie	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-07	Nesprávna montáž	X	X	X	X	X	X	X	X	X
XPLO-08	Nevhodné technologické parametre	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Obr. 3 Príklad definície kódov príčin porúch zariadení

Ako je z uvedených obrázkov zrejmé, systém kódovania porúch a príčin porúch tvorí v rámci daného zariadenia určitú hierarchiu, ktorú je potom veľmi jednoduché vyhodnocovať. Naším zámerom je pripraviť samostatne fungujúci systém predpovedania stavu zariadenia, vychádzajúci z jeho histórie. Tento systém musí byť zintegrovateľný v prostredí CMMS a spriahnutý so zariadením. Hovoríme o tzv. zdravotnej karte zariadenia, ktorá bude obsahovať:

- priebeh spoľahlivosti (resp. pravdepodobnosti poruchy) zariadenia, vypočítaný na základe MTBF, teda na základe počtu porúch zariadenia,
- priebeh pravdepodobnosti vzniku jednotlivých porúch zariadení v čase s cieľom postaviť preventívny plán údržby zariadenia tak, aby sa jednotlivým poruchám dalo efektívne predchádzať,
- priebeh tzv. P-F krivky pre jednotlivé príčiny porúch s cieľom postaviť efektívny inšpekčný systém na odhaľovanie vznikajúcich porúch na základe tej-ktorej jej príčiny.



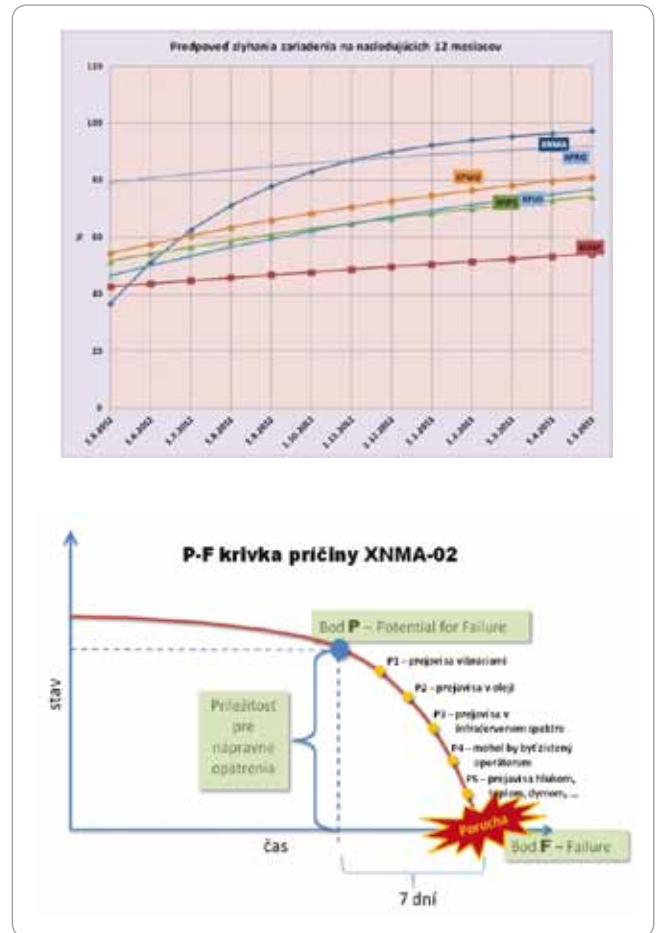
Ilustračný obrázok

Aplikácia

Na základe naznačených princípov sa podľa historických údajov uchovaných v informačnom systéme spracúvajú niektoré výstupy. Pri niektorých zariadeniach (čerpadlách, kompresoroch, regulačných ventiloch ap.) bol sprístupnený priamo v informačnom systéme prehľad vývoja MTBF podľa druhu zariadenia, výrobcu a, samozrejme, podľa výrobných procesov, resp. MTBF pre konkrétne zariadenie.



Obr. 4 Príklad prehľadu MTBF podľa výrobcu



Obr. 5 Príklad predpovede zlyhania zariadenia na nasledujúcich 12 mesiacov, resp. P-F krivka sledovania vývoja poruchy pri konkrétnej príčine



Ilustračný obrázok

Zdroj obrázkov: © SLOVNAFT, a.s., www.slovnaft.sk

Ing. Peter Mezzey

Vedúci odd. Riadenie spoľahlivosti a procesov údržby
Slovnaft, a.s. Bratislava
peter.mezzey@slovnaft.sk