

Využití expertních systémů v diagnostice strojních zařízení.

Ing. Vladimír Horák

Expertní systémy jsou softwarové produkty, přebírající znalosti od specialisty v daném oboru, zpracované do tzv. báze znalostí tak, aby na základě vstupních údajů (měřených dat, odpovědí na otázky a pod.) program došel k podobným výsledkům jako specialista.

Expertní systémy jsou dvojího druhu:

- problémově orientované, které jsou použitým způsobem zpracování znalostí a postupem řešení přizpůsobeny k využití v určité oblasti (vibrodiagnostika strojů, diagnostika chorob v medicíně apod.)
- prázdné, které jsou obecně aplikovatelné a k jejich použití v dané oblasti je třeba vytvořit bázi znalostí z daného oboru.

Problémově orientované systémy lze třídit podle řady kritérií. Uvedeme zde jen některé možnosti třídění.

Podle způsobu vytvoření báze znalostí:

- založení na pravidlech (rule based)

Zde se vytváří pevně definovaná síť mezi vstupními uzly (na př. výsledky měření vibrací a vybraných provozních parametrů) a výstupními uzly, t. zv. hypotézami (typy mechanických závad stroje). Strukturu sítě na př. ve formě vývojového diagramu je třeba předem zpracovat a je poměrně složité ji během užívání systému měnit.

- využitím neuronové sítě

Definují se jen vstupní a výstupní uzly a propojení mezi nimi si vytvoří program sám na základě t. zv. trénovací množiny, která obsahuje charakteristické závady a k nim odpovídající stavy vibrací či provozních parametrů

- kombinované

Základ tvoří báze znalostí sestavená z pravidel a jen pro některé vstupní hodnoty se užije neuronová síť (např. pro posouzení tvaru orbitu).

Podle typu vstupních dat:

skalární – logické vstupy, např. změna rotorového proudu ano – ne

- kvantitativní vstupy, např. změna statorových vibrací v mm/s. Kvantitativní vstupy jsou většinou doplněny o stanovení váhy vstupní informace, tj. je definována funkce (lineární, po částech lineární, Gaussova apod.), která k dané vstupní hodnotě přiřadí váhu.

vektorové – vstupem je vektor, vytvořený ze všech měření na stroji včetně provozních veličin.

Podle způsobu předávání dat:

- přímo z měřicích přístrojů, on-line nebo na zásah uživatele
- dialogové s uživatelem
- kombinace obou způsobů.

Podle způsobu porovnávání dat:

- okamžitý stav porovnáváný s referenčním. Výsledkem je identifikovaná závada stroje.
- porovnávání stavů ve více časových okamžicích se stavem referenčním. Výsledkem jsou trendy pravděpodobnosti identifikované závady.

VIBROEXPERT pro parní turbíny velkých výkonů.

V podniku ŠKODA Plzeň byl ve spolupráci s FEL ČVUT Praha vyvinut expertní systém pro turbosoustrojí větších výkonů (> 50 MW). Za základ byl vybrán prázdný expertní systém SPEL –EXPERT. Vytvoření báze znalostí ovlivňují tyto vlastnosti turbosoustrojí:

- malá vypovídací schopnost spekter vibrací pro většinu mechanických závad
- výrazná role provozních parametrů, přitom ve vibrodiagnostických systémech se sledují jen některé
- různé projevy stejné závady na jednotlivých rotorech soustavy
- vzhledem k poměrně malé četnosti závad je třeba mít k dispozici dlouhodobé sledování provozu.

SPEL-EXPERT umožňuje zejména:

- pracovat s neurčitými znalostmi
- pracovat s neurčitostí ve vstupech
- používat kvalitativní i kvantitativní vstupy
- zahrnout počáteční (apriorní) pravděpodobnost jednotlivých závad.

Vstupy u VIBROEXPERTU jsou trojího typu:

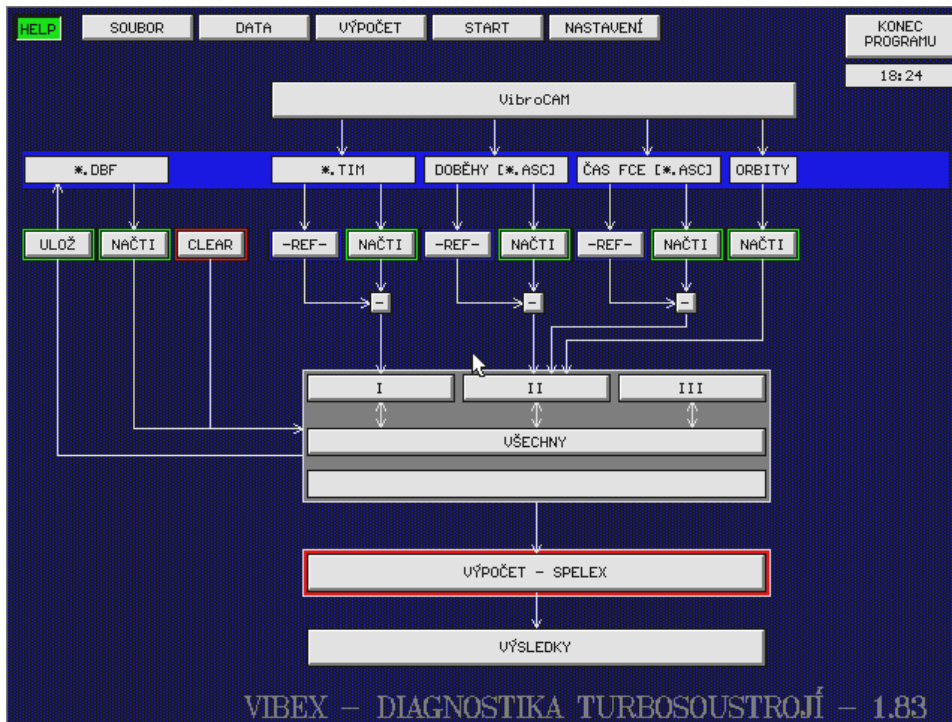
-kvantitativní, tj. konkrétní změřená hodnota, např. změna 1. Harmonické složky rychlosti vibrací ložiskového stojanu v mm/s. Z této hodnoty je pak pomocí váhové funkce (tzv. fuzzy funkce) stanovena míra platnosti daného pravidla.

-kvantitativní ve formě funkcí (časový průběh, orbit, doběh), které jsou posouzeny pomocí kvalifikátorů. To jsou podprogramy využívající neuronové sítě a výsledky posouzení vstupují do řešení jako kvalitativní vstupy typu ANO –NE.

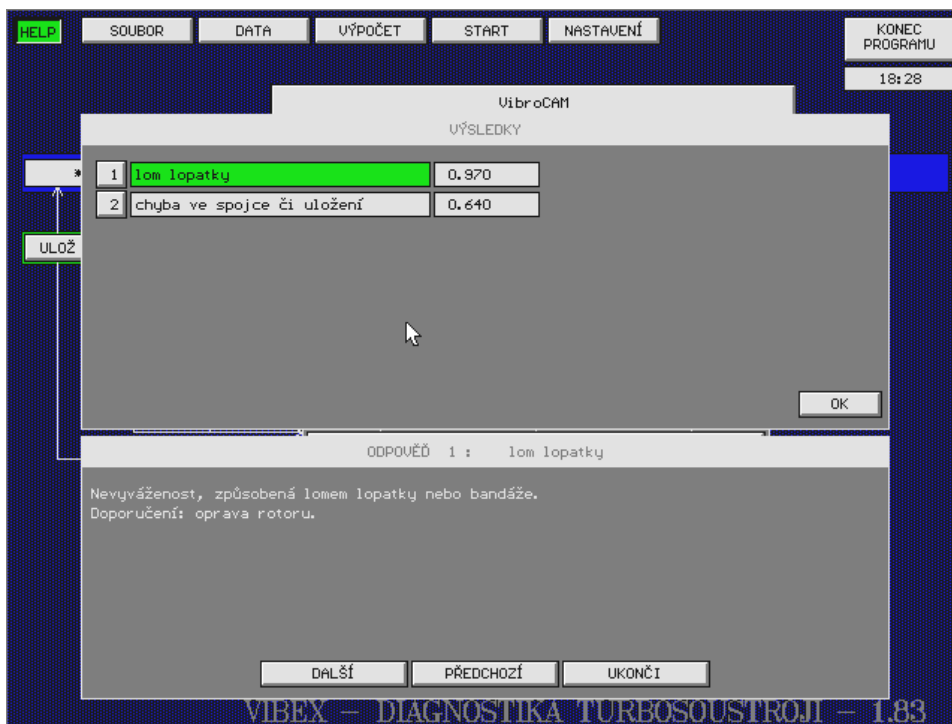
-kvalitativní, vypovídající o stavu stroje (např. studený stav, po přifázování apod.), které musí zadat uživatel a jsou typu NE – SPÍŠE NE – NEVÍM – SPÍŠE ANO – ANO.

Při řešení se vždy porovnává aktuální stav s referenčním (zvoleným uživatelem) a systém pro hodnocení vychází z rozdílů mezi oběma stavy. Báze znalostí obsahuje cca 30 vstupů a 15 výstupních hypotéz typu nevyváženost, ulomení lopatky, zkrat ve vinutí rotoru generátoru a další. U každé hypotézy je udána pravděpodobnost jevu, na obrazovku vystupují jen ty hypotézy, u kterých je pravděpodobnost vyšší než zvolená mez (např. 60 %). Když všechny hypotézy mají pravděpodobnost menší než tato mez, je stroj považován za dobrý, bez závad.

Schema uspořádání expertního systému je na obr. 1, výsledek jedné expertízy je na obr. 2.



Obr.1

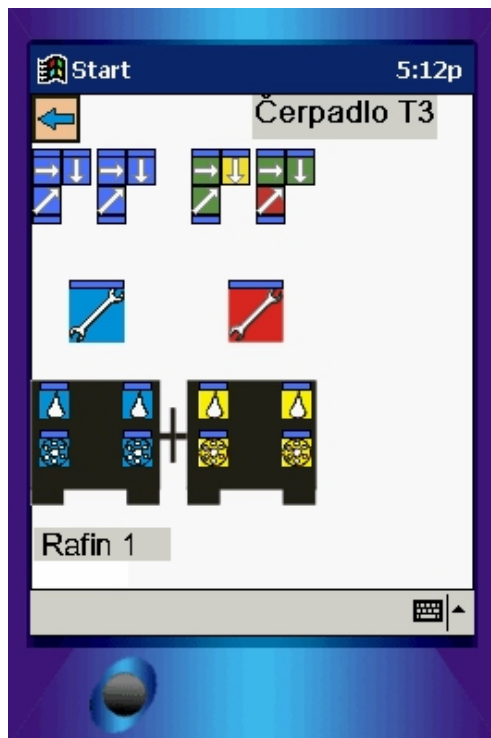


Obr. 2

Expertní systém CMMS

Je tvořen sítí pravidel, sestavených pomocí logických operátorů AND a OR. Je určen pro menší stroje – elektromotory, ventilátory, čerpadla, převodovky. Příklad měří vibrace, provádí obálkovou analýzu zrychlení (enveloping) a měří teplotu. Všechny tyto veličiny tvoří vstupy do expertního systému. K expertíze se přistupuje tehdy, když některá z měřených hodnot překročí předem definovanou mez.

Postup měření po výběru typu stroje je na obrazovce vyznačen a uživatel postupuje podle graficky zpracovaného návodu – viz obr. 3. Po zpracování naměřených hodnot je řešení – hypotéza o závadě opět v grafické formě zobrazena na obrazovce.



Obr.3

Dosud systém obsahuje tyto typy závad:

- nevážek
- chyba ve vyrovnání
- rezonance
- chyba montáže řemenice
- uvolnění ložiskových stojanů
- vadné ložisko
- kavitace u čerpadla
- chyba ve spojce (zubová, čepová)
- poškozené ozubení u převodovky.

Ukázky grafických výstupů pro chybu ve vyrovnání a uvolnění ložiskového stojanu jsou v obr. 4 a 5.



Obr.4



Obr.5

Funkce expertního systému je závislá na množství informací a na jejich vypovídací schopnosti. Musíme je posuzovat jako pomůcku, která nám slouží k orientaci v problému, nikoliv jako nástroj, který vždy stoprocentně pro jakýkoliv typ stroje určí příčinu existující nebo vznikající závady. Avšak ve většině běžných případů bude závěr expertního systému správný.