

Tűzoltás és nagyjavítás helyett

Állapotfüggő karbantartás rezgésdiagnosztikával (XV.)

Kétségtelen, hogy a gépek hibadiagnosztikájában a szakértői rendszereké a jövő. Ennek egyik oka az a gyakran tapasztalható törekvés, hogy igyekeznek takarékoskodni a magasan képzett munkaerővel. Másrészt az automatikus diagnosztikai értékelés megkönnyíti és felgyorsítja a rezgésmérést, és a szubjektív emberi ítélettől függetlenné teszi a diagnosztikai eredményt.

➤ A SZÁMÍTÁSTECHNIKÁVAL egyetemben a forgógépek állapotát felmérő eszközök és technológiák is óriási fejlődésen mentek keresztül az elmúlt néhány év során. Kezdetben a rezgésszintet mérő készülékek, majd a hordozható szélessávú rezgésadatgyűjtők jelentek meg. Elterjedésük elsősorban egyszerű alkalmazhatóságuknak (például szakudást nem igénylő, „pofonegyszerű” kezelésüknek), valamint viszonylag alacsony áruknak volt köszönhető. Később a rezgésanalizáló (spektrumanalizáló) készülékek és az adatgyűjtő spektrumanalizáló műszerek kezdtek elterjedni. Az ezekkel a készülékekkel nyert adatokból (spektrumokból) „kiolvasható”

diagnosztikai információ több géphiba biztos felismerésére alkalmas, de a technológia megfelelő tudással és tapasztalattal rendelkező szakembert kíván.

A fejlődés lépcsőfokai

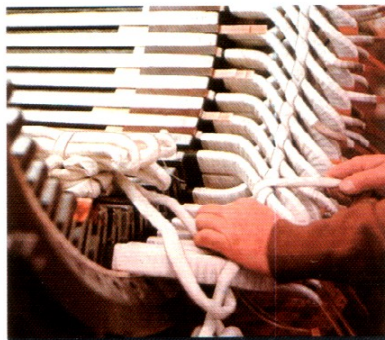
Elsősorban a spektrumanalizáló műszerek adatainak szakszerű értelmezése és kiértékelése szokott – főleg a diagnosztikai tapasztalatot nélkülöző kezdőknek és alkalmi felhasználóknak – nehézséget okozni. Ezen szinte valamennyi, gépdiagnosztikai műszert és szoftvert fejlesztő cég igyekezett segíteni. Ennek egyik eszköze, hogy az említett műszerekhez tartozó PC-s szoftverek nemcsak a mérési adatok egyre többféle

Rezgéscsúcs és hibafrekvencia összefüggését tartalmazó automatikus táblázat példája 1. táblázat

szám	frekvencia	érték	magyarázat
3	49,74	0,69	Motorford., Hálózat -1XPP, BF +1XVentford., Görgő (SKF-N306)-1XVentford
15	52,71	0,01	Hálózat +2XPP, 4XBF -1XVentford, 3XKosár (SKF-N306)
2	29,74	1,6	Ventford
27	109,18	0	BF +3XVentford, Görgő (SKF-N306)+1XVentford
1	20,74	2,34	BF
23	214,38	0,01	9XBF +1XVentford
12	83,64	0,01	7XBF -2XVentford
30	232,21	0	7XBF +3XVentford
4	178,76	0,47	6X Ventford, Lapátfrekv, 10X Kosár (SKF-N306)
22	150,33	0,01	3X Hálózat +1XPP, 3XBF +3XVentford
18	335,73	0,01	3XKülső (SKF-N306)-2XVentford
28	365,26	0	3XKülső (SKF-N306)-1XVentford
29	476,02	0	3XLapátfrekv -2XVentford
5	97,55	0,01	2X Hálózat -2XPP, 2XHálózat -3XPP, 2XGörgő (SKF-N306)-2XVentford
7	36,4	0,01	2XKosár (SKF-N306)
24	68,74	0,01	2XGörgő (SKF-N306)-3XVentford
19	357,68	0,01	2X Lapátfrekv
13	11,15	0,01	2XBF -1XVentford
8	41,67	0,01	2XBF, Külső (SKF-N306)-3XVentford
16	361,39	0,01	2XBelső (SKF-N306)-1XVentford
20	115,32	0,01	10XBF -3XVentford

módon történő grafikai megjelenítését kínálják fel, hanem bizonyos számszerű kiértékeléseket is elvégeznek. Ilyen például a harmonikus, a nem harmonikus és a szubharmonikus komponensek aránya a rögzített rezgésben, a különböző rezgéskomponens-csoportok jelenlétének jelzése, valamint a rezgéscsúcsok számszerű felsorolása.

Újabb mérőldkönek számított a rezgéscsúcsok listájának kiegészítése azzal az információval, hogy az éppen kijelzett rezgéscsúcs frekvenciája melyik számszerűen meghatározható hibafrekvenciával (például forgásfrekvencia, csapágyhiba-frekvencia, lapátfrekvencia, fogfrekvencia), vagy annak melyik többszörösével, illetve oldalsáv-kombinációjával egyezik meg. Akinek gondot okoz a spektrumok „olvasása”, az így azonnal egy szöveg-számadat összeállításához jut, amely alapján a jelen levő géphibákra következtethet. A módszer legnagyobb problémája viszont az, hogy számos géphiba tipikus frekvenciája azonos, így szétválasztásuk a táblázat, illetve a lista alapján ritkán kivitelezhető vagy nagyon bizonytalan.



A szakértői rendszerektől számos információt kaphatunk automatikusan

Típusos rezgésfrekvenciák a leggyakoribb hibáknál

2. táblázat

Kiegyensúlyozatlanság	1-szeres forgásfrekvencia
Tengelybeállítási hiba	1-, 2-, 3-, esetleg 4-szeres forgásfrekvencia
Lazaság, mechanikai játék	1-, 2-, 3-, 4-, 5-, esetleg 6-, 7-, 8-, 9-szeres forgásfrekvencia
Foghibák (fogaskerék)	1-, 2-, 3-szoros fogszámú forgásfrekvencia
Lapáthibák (ventilátor, szivattyú)	1-, 2-, 3-szoros lapátszámú forgásfrekvencia
Szífrekvencia (szíjhajtás)	a szíjtárcsák geometriai méretei, a szíjhossz és a forgásfrekvencia alapján számolandó ki
Gördülőcsapágy hibái	a csapágy geometriai méretei és a forgásfrekvencia alapján számolandó ki
Villanymotor villamos hibái	2-szeres hálózati frekvencia

Géphiha-diagnosztikai rendszerek

Az említett hiányosság kiküszöbölésére olyan PC-szoftverek jelentek meg a piacon (például az amerikai CSI cégtől már több mint két évtizede), amelyek rezgésdiagnosztikai jelfeldolgozást végeznek, és logikai szabályok, valamint statisztikai összefüggések alkalmazásával a legvalószínűbb géphibákat szövegesen képesek kijelteni. Ezeket a kiértékelőrendszereket automatikus diagnosztikai, illetve szakértői rendszereknek is szokás nevezni. Esetükben a gépdiagnosztikai ismereteket (pontosabban a diagnosztikai eljárás logikája, döntéshozatali mechanizmusai) gyakorlatilag beépítették a szoftverbe. A műszergyártók szerint az ilyen rendszerekbe integrált tudás sokszor mélyebb, átfogóbb, szerteágazóbb és logikailag rendezettebb, mint amelyet bárki hosszú évek alatt megszerezhet.

Kétségtelen tény, hogy a szakértői rendszereké a jövő. Ennek egyik oka az a gyakran tapasztalható törekvés, hogy igyekeznek takarékoskodni a magasan képzett munkaerővel. Másrészt az automatikus diagnosztikai értékelés megkönnyíti és felgyorsítja a rezgésmérést, illetve -analízist (főleg nagyszámú gép rendszeresen ismétlődő vagy folyamatos állapotfigyelése

során), sőt, a szubjektív emberi ítélettől függetlenné teszi a diagnosztikai eredményt. E szempontok és törekvések alapján a szakértői rendszerek alkalmazása és elterjedése teljesen indokolt. Vannak azonban az alkalmazásnak buktatói is, amelyekre a következőkben kívánjuk felhívni a figyelmet.

Gépszakértői rendszerek alapfogolata

A szakértői rendszereket általában a rezgésdiagnosztikai szoftverek opcionális tartozékaként hozzák forgalomba, ami érthető is, hiszen elsősorban rezgésspektrumokat dolgoznak fel. Ismeretes, hogy a mért rezgésjelben előforduló frekvenciacsúcsok alapján lehet a legalapvetőbb következtetéseket levonni. Ennek oka, hogy a legtöbb géphiba számszerűen meghatározható hibafrekvenciával (például forgásfrekvencia, csapágyhiba-frekvencia, lapátfrekvencia, fogfrekvencia) vagy annak többszörösével, illetve oldalsáv-kombinációjával jellemezhető. A kiértékeléshez csupán a rezgésjel spektrumát kell a gépben levő alkatrészekhez és a valószínűsíthető géphibákhoz tartozó frekvenciákra megvizsgálni – természetesen az épp aktuális fordulatszám figyelembevételével. A frekvenciacsúcs előfordulása valószínűsíti a hiba jelenlétét, a rezgés nagysága (amplitúdója) a hiba mértékét.

A 2. táblázat tanulmányozása során világossá válik, hogy vannak hibák, amelyek egyértelműen kimutathatók, míg mások csak bizonyos valószínűséggel diagnosztizálhatók. Egyértelműen kimutathatók azok a hibák, amelyek frekvenciái elválaszthatók más hibafrekvenciáktól, mint például az olajfilm-instabilitások, vagy a fogaskerék-hajtások, a szíjhajtások és sok esetben a gördülőcsapágyak hibái. A nehezen – vagy nehezebben – diagnosztizálható csoportba tartoznak például az egytengelyűség hibái, a lazaság, illetve a mechanikai játék, valamint a rezonanciák – különösen, ha ezek bizonyos kombinációkban és egyensúlyozatlansággal együtt vannak jelen. A nehézséget az okozza, hogy a hibák természetüknél fogva eleve hasonló rezgésspektrumokat produkálnak, ráadásul az általuk okozott rezgések a gép nemlineáris viselkedésétől is függenek.

Fontos az állapotromlás sebessége

De a szakértői rendszerektől természetesen nemcsak a géphiba jellegének jelzését várjuk el, hanem azt az információt is, hogy milyen gyorsan változik a gép állapota. A gépállapot romlása sebessége ugyanis a legértékesebb információ az állapotfüggő gépkarbantartás megszervezéséhez, hiszen ennek alapján megbecsülhető, hogy mikor és milyen beavatkozást kell elvégezni ahhoz, hogy a gép váratlan leállás és nem utolsósorban felesleges javítások nélkül üzemeljen, de közben a

meglévő kezdetleges hibákból eredően nagyobb károkat szenvedjen el. Ehhez a géphibák súlyosságának trendjét kell elkészíteni, amelynek emelkedési mértéke ad információt a várható élettartamokról.

A trendkészítés alapja és módszere végül is igen egyszerű: rendszeres időközönként a gépek rezgéseit újra kell mérni (ugyanazokon a helyeken, ugyanabban az irányban és lehetőleg ugyanazzal a mérőeszközzel), és ezeket az adatokat a szakértői rendszerrel kell analizálni, a megtalált hibák súlyosságát pedig az idő függvényében, grafikusán kell kiértékelni. A mindenkori gép hibáira értelmezhető határértékek figyelembevételével megbecsülhető, hogy változatlan terhelés és egyéb üzemi körülmények között gépünk meddig üzemeltethető még, illetve legkésőbb mikor és milyen módon kell beavatkozni.

PC-szoftverek és működésük

Interaktív működésük alapján alapvetően kétféle szakértői rendszert különböztetünk meg: a párbeszédalapú és a visszavezető kiértékelést megvalósító rendszert. Párbeszédalapú szakértői rendszer esetén a mérési adatok analízise során a rendszer kezelőjének (diagnosztikai szakember, gépészmérnök, karbantartó, gépüzemeltető) meg kell válaszolnia a fel-

A GÉPÁLLAPOT ROMLÁSI SEBESSÉGE, AZAZ TRENDJE A LEGÉRTÉKESEBB INFORMÁCIÓ AZ ÁLLAPOTFÜGGŐ GÉPKAR- BANTARTÁS MEGSZERVEZÉSÉHEZ.

fedezett hibajelenségek gépelemekhez és géphibákhoz való hozzárendelése érdekében, hogy milyen részegységekkel és tulajdonságokkal bír a vizsgált gép. Ellenben a visszavezető rendszereknél a kiértékelés automatikusan működik a szakértővel való interaktív párbeszéd nélkül, mivel ilyenkor a rendszer mindazon információkat használja fel, amelyeket az adatbázis létrehozása során már megadtak.

Míg a párbeszédalapú rendszerek esetében az előzetesen elkészítendő adatbázisba csak alapvető információkat szükséges betáplálni – a többit a mérések analízise során a feltételezések függvényében kell majd megadni –, addig a visszavezető kiértékelést alkalmazó rendszer adatbázisának felépítése igen igényes feladat: csak a megadott információk alapján hozhatja meg a döntéseit, rossz vagy hiányzó adatok esetén téves kiértékelések születnek. Az ilyen, következtetést levonó rendszerek előnye, hogy a kiértékelés (szakértés) egy jó adatbázisra alapozva teljesen automatizálható. A párbeszédalapú rendszerek mellett szólna a gyorsabb és költségkímélőbb beüzemelésük (kisebb és egyszerűbb adatbázis), de az üzemeltetésük során szükséges kvalifikált kezelő jelenléte hamar felemészti ezt az előnyt (nem beszélve arról, hogy újra és újra meg kell a kérdéseket válaszolni.) Nyilvánvaló, hogy korunk elvárásainak jobban megfelelnek a visszavezető rendszerek, így a folytatásban ezekkel foglalkozunk majd részletesebben.

Rahne Eric

pim@pim-kft.hu

www.pim-kft.hu, www.gepszakerto.hu

i