

DIAGNOSZTIKAI SZAKÉRTOI RENDSZER MUKÖDÉSÉNEK ÉS KONKRÉT EREDMÉNYEINEK ISMERTETÉSE

Kiss Gábor (Paksi Atomeromu Rt., Muszaki Igazgatóság, Diagnosztikai Csoport)

Kurucz Botond (MOL Rt., Finomítás, Karbantartás, Muszaki Felügyelet)

Dr. Nagy István (Delta -3N Kft)

Pap Norbert (Delta -3N Kft.)

A cikkben bemutatásra kerül a MOL Rt.-nél és a Paksi Atomeromuban bevezetett forgógép állapot-felügyeleti rendszer. Ezek alapját a DLI Engineering Corp. által kifejlesztett ExpertALERT diagnosztikai szakértoi rendszer képezi.

Röviden ismertetjük a szakértoi rendszer működését, az on-line és az off-line rendszerek képességeit, szolgáltatásait, valamint a kiépített rendszerek felépítését.

Külön elemezzük a szakértoi-diagnosztikai módszerek, valamint a rezgésméző és/vagy rezgésvédelmi funkciók közötti különbségeket.

A diagnosztikai módszerek és elemzések eredményeit konkrét példákon keresztül mutatjuk be. Elemezzük a MOL Rt. Dunai Finomító adott üzeme, adott gépénél az alapsavar törés és alapkeret repedés beazonosítását, és az egyik stratégiailag fontos Sundyne szivattyú hibatörténetét és hibáinak beazonosítását.

Tárgyaljuk a Paksi Atomeromu több primerkörü fokeringetető szivattyújánál (FKSZ) a tengely-beállítási hibák következtében előállt kuplung szorulási probléma feltárását. Ezen hibák időben történt diagnosztizálása jelentős termelés-kiesést elozott meg. Az off-line vizsgálatok eredményei után az FKSZ-ekre on-line állapot-felügyelő rendszer épült ki. Szakmai érdekességként bemutatjuk az egyik fokondenzátum szivattyú esetét.

Bevezetés

A nagy értékű muszaki létesítményeket, szerkezeteket, berendezéseket 15-50 éves üzemeltetésre tervezik az adott időszakban érvényben lévő szabványok, muszaki irányelvek figyelembevételével, amelyekben az adott kor ismeretszintje, technológiai színvonala testesedik meg. A mikroelektronika nagymértékű fejlődési üteme lehetővé teszi azt, hogy a nagy értékű szerkezetek, létesítmények, berendezések üzemeltetési feltételeit, maradék élettartamát egyre nagyobb megbízhatósággal jelezzük előre. Ahhoz, hogy a berendezések állapotát a lehető legnagyobb biztonsággal felmérhessük, a legkisebb kockázattal üzemeltessük, elengedhetetlen

- az üzemi körülményekre jellemző mechanikai állapotot tisztázni,
- a beépített anyagok tönkremenetelének folyamatát és mértékét az adott üzemeltetési feltételek mellett megítélni,
- a berendezések állapotát diagnosztikai vizsgálatokkal felmérni.

Az elmúlt években megfigyelhető volt, hogy a preventív karbantartói rendszerek hagyományos kézi adatgyűjtésen alapuló mérési megoldásai mellett megjelentek a folyamatos ún. on-line rendszerek. Az on-line szakértoi rendszerek elterjedésének legfontosabb okai közé sorolhatjuk a gyors kommunikációs rendszerek és az

Internet technológia bevonulását az ipari folyamatirányításba ill. azt a már korábban is meglévő igényt, miszerint a termelés szempontjából kritikus forgógépek gyakoribb ellenőrzést igényelnek. Kritikus forgógépek alatt elsősorban azon gépek köre értendő, melyek üzleti kockázatot jelentenek, leállásuk technológiai szakasz vagy üzemi termelésekieséséhez vezetnek. A kritikus forgógépek tekintetében már nem felelnek meg azok a hagyományos karbantartási módszerek, melyek szerint elég a gépet egyszerűen gépvédelmi rendszerrel ellátni, első hibáig üzemeltetni vagy idő alapú preventív karbantartási filozófiát alkalmazni. Ezért a Finomítás Karbantartás nagy hangsúlyt fektet a gépek állapotfigyelésén alapuló karbantartás alkalmazására. Az állapotjelentések alapján pontos információkat kapunk a forgógépek muszaki állapotáról, így a gépek karbantartása pontosan ütemezhető, célirányosan elvégezhető illetve a gépekhez szükséges nagy átfutási idejű tartalék alkatrészek rendelése időben elindítható.

A Finomítás Karbantartás szervezetnél, mint azt a Karbantartási stratégiánk is mutatja, fontos cél a Finomítás területén korszerű állapotfelügyeleti rendszerek megvalósítása. A Karbantartás / Muszaki felügyelet első lépésként forgógép diagnosztikai rendszert vezet be a gépek állapotfigyelésén keresztül elsősorban az üzemek rendelkezésre állásának növelése céljából.

Elozmények

2001 májusában a MOL Rt. megbízásából a UOP hatékonyságjavítási tanulmányt készített, melyben többek között elemezte azon megvalósítandó projekteket, amelyek kis ráfordítással rövid megtérülési idő alatt nagy hasznot hoznak. Ilyen projekt volt a Finomítás területén a forgógép diagnosztikai rendszer bevezetése is. A diagnosztikai rendszer üzemeltetésével az üzemekben lévő, stratégiaileg fontos - üzemleállást és termelésekiesést okozhat - gépek rendelkezésre állását nagymértékben növeljük, a környezetszennyezést és az esetleges személyi sérüléseket csökkenthetjük. Az állapotjelentések alapján pontos információkat kapunk a forgógépek muszaki állapotáról, így a gépek karbantartása pontosan ütemezhető, célirányosan elvégezhető illetve a gépekhez szükséges nagy átfutási idejű tartalék alkatrészek rendelése időben elindítható. A forgógépek rendelkezésre állásának növelésén keresztül nem csak az üzemek, hanem a finomító rendelkezésre állása, megbízhatósága is növekszik. Az üzemben dolgozó kollégák üzembiztonsági érzete megnövekedett. Ezen személyi, anyagi és környezeti változtatások céljából a Finomítás Karbantartás szervezete első lépésben 2002-03. évben off-line - havonta rendszeresen végzett mérés és kiértékelés - második lépésben 2003-04. évben on-line forgógép diagnosztikai rendszert vezetett be.

Az off-line és on-line rendszer kiválasztása

A diagnosztikai rendszer kiválasztásának egyik fontos kritériuma a rendszer által szolgáltatott információkból kapott eredmények, melyek közé tartoznak az üzembiztonság, rendelkezésre állás növelése, karbantartás tervezhetőségének biztosítása és költségének csökkentése.

A megvalósítás egyik előfeltétele a diagnosztizálandó gépek körének meghatározása. A Finomítás területén található több mint 3000 [db] forgógép közül meghatároztuk azok körét, melyek diagnosztizálása mind technológiailag mind muszakilag indokolt.

Az off-line rendszer felügyelete alá egy évvel ezelőtt a Finomítás területén található több mint 3000 [db] forgógép közül 1735 [db]-ot vontunk be. Az off-line rezgésdiagnosztikai rendszer folytatásaként a Finomítás három százhalombattai üzemében on-line szakértői rendszert is kialakítottunk, amelynél 10 [db] gép került kiválasztásra. A hardvert és a rendszer szakértői szoftverét, úgy mint az off-line esetében is, az amerikai DLI Engineering Corporation¹ szállította. A rendszer kiépítésénél mind a hardver, mind a szoftver elemeket a Delta 3N Kft.² szakemberei telepítették. Az off-line és az on-line rendszerbe bevont forgógépeket és a Muszaki felügyelet, az üzemi karbantartók és a technológusok közös döntése alapján, az alábbi szempontok szerint választották ki:

- A gép meghibásodásának a termelésre kifejtett hatása, üzem szerepe a termelési láncban
- Meleg tartalék nélküli gép
- Forgógép bekerülési költsége
- Muszaki paraméterek
- Karbantartási sajátosságok
- Diagnosztizálhatóság
- Biztonságtechnikai szempontok

A forgógép diagnosztikai rendszer rövid ismertetése

Az automatikus szakértői rendszert (ExpertALERT) a DLI Engineering Corporation (az ABB csoport tagja) fejlesztette ki az 1970-es évek elejétől. A rezgésdiagnosztikai rendszer 1990-ben jelent meg a piacon, fejlesztésének fő oka a nagyszámú mérés kiértékeléséhez szükséges mérnökóra csökkentése és a gépek állapotára vonatkozó, az elemzést végző szakember gyakorlatától nem függő, objektív elemzések elkészítése. A rendszer szakértői adatbázisának alapja a hetvenes évek kezdete óta elvégzett, évi több mint 20.000 [db] gépvizsgálat. A tudásbázis fejlesztése napjainkban is folyik.

Az ExpertALERT (EA) állapotfüggő karbantartást segítő, rezgésanalizáló szakértői rendszer, illetve szoftver. A szoftver adatbázisának feltöltését és a szakértői rendszer használatát, megfelelő beállításainak létrehozását rugalmas menürendszer teszi lehetővé. A fejlett grafikus felhasználói felület segítségével az adatbázisban található adatok könnyen elérhetők. A programba beépített új analízis segédeszközök (trendek, vízesség diagram, stb.) segítségével kristálytiszta képet nyerhetünk a gép állapotáról, hibájáról. Emellett a diagnosztizáláshoz szükséges hagyományos eszközök széles kelléktára is rendelkezésre áll: harmonikus és oldalsáv kurzorok, frekvenciához kötött hibatípus megjelenítés. A diagnosztikai eredmények -trendgörbék, összegző adatok - rövid időn belül rendelkezésre állnak, igen nagyszámú gépből felépített adatbázis esetén is.

A rendszer bemenő adatai rezgésgyorsulásból nyert normalizált, átlagolt spektrumok, cepstrumok és amplitúdó modulált jelek. A rendszer egyirányú, kétirányú és triaxiális mérésekkel is képes dolgozni, és diagnózist adni a vizsgált forgógépről. A szoftver funkciói között a különböző mértékegységek közötti átváltás lehetősége is megtalálható.

¹ www.dliengineering.com

² www.delta3n.hu, a DLI Mo-i képviselője

Régi módszere a gép állapot-vizsgálatának az érzékszervekkel (hallás, tapintás) való megfigyelés. A gépészek eloszeretettel alkalmazták azt a módszert, hogy csavarhúzóval szorították a csapágyház fedélre, a fülüket a csavarhúzó nyeléhez tartották és így határozták meg a csapágy hibákat. Az EA segítségével ez a lehetőség is rendelkezésre áll: átalakítja a felvett rezgésadatokat folyamatos hangfájlokká, amelyeket a PC hangszóróin keresztül az érintettek megszólaltathatnak.

Az EA rendszerben a rezgésanalízis eredményei integráltan, egyszerre jeleníthetők meg a technikai adatokkal, az olajvizsgálat eredményeivel, a termográfiai vizsgálatokkal, a digitális kamerával felvett megfigyelések fotóival, és a berendezésre vonatkozó, bevitt megjegyzésekkel. A szoftver nyílt architektúrájú SQL adatbázisra épül, amely lehetővé teszi a rendszerben tárolt adatok közvetlen átadását karbantartás irányítási rendszerekbe, vagy a vállalatirányítási rendszerek karbantartási moduljába további felhasználás céljából. A rendszer bővíthető, alkalmas folyamatos monitorozásra is.

A rendszer üzemeltetése

A diagnosztikai rendszer üzemeltetését a MOL Rt. és az SSC³ közösen végzi. A diagnosztikai rendszer átfogó felügyelete és a működtetés irányelveinek meghatározása a Karbantartás / Műszaki felügyelet feladata. A rendszer folyamatos üzemeltetését az SSC alkalmazásában lévő 2 fő mérnök és 4 fő technikus látja el. Feladatuk a rendszerbe bevont gépek diagnosztikai vizsgálatának rendszeres elvégzése. A Műszaki felügyeletnél a feladattal megbízott mérnök az üzemi kollégákkal és az SSC kollégáival szoros együttműködésben segíti a rendszer megfelelő és hatékony működését. Feladatai közé tartozik a rendszerbe bevonandó gépek körének meghatározása, a mérési ciklusidok meghatározása, a gépek modelljeinek felépítése, a kritikus gépek életútjának figyelése. A megfelelő működés biztosítása érdekében a diagnosztikai rendszer működtetéséről, a munkában részt vevők feladatairól, felelőségéről munkautasítás⁴ rendelkezik.

A off-line mérésadatgyűjtő rendszer ismertetése

A DLI által kidolgozott rezgésdiagnosztikai méréseknek van néhány sajátossága, ami lehetővé teszi a nagy megbízhatóságot és pontosságot a forgógépek hibáinak meghatározásánál.

- A rezgésmérés a tér három irányában triaxiális, piezo-elektromos rezgés gyorsulás érzékkel történik. A rezgés gyorsulás érzékelő érzékenysége 100 [mV/g]. Mivel a testek rezgőmozgása térben zajlik, ezért az egy- illetve kétirányú mérés információvesztéssel járna. A triaxiális mérőfej alkalmazása az összetettebb információgyűjtésen keresztül növeli a diagnózis pontosságát.



³ Single Service Company - Petrolszolg Kft.

⁴ A munkautasítás az Outlook-on az alábbi útvonalon érhető el: Nyilvános mappák/Minden nyilvános mappa/Szervezetek/Divíziók3/Finomítás/Karbantartás/MIR-KIR dokumentumok/FEM-14,17

- A mérés minden alkalommal ugyanazon a helyen, ugyanabban az irányban történik. Ennek érdekében a vizsgált gépek mérési pontjaiba ún. mérotuskókat helyeztünk el. A mérotuskók rögzítése ragasztással történt. A mérotuskó kiváló frekvenciacsatolást, mérés ismételhetséget és pontos trendkövetést biztosít.
- A méropontokat vonalkódokkal azonosítjuk, ami kizárja annak a lehetőségét, hogy egy adott pont mérési eredménye egy másik ponthoz kapcsolódó adatbázisba kerüljön. Egy üzemben nem lehet két azonosan kódolt méropont. A vonalkód rögzítése ragasztással történik, lehetőség szerint a mérotuskó közelében.



2. ábra

Vonalkód

A nagyszámú rezgésmérés elvégzésére 2 db DCA-20/IS-2G típusú -finomítói körülmények között használható- robbanásbiztos kivitelű mérésadatgyűjtő szolgál, amelyek főbb paraméterei a következők:

- A vonalkódok alapján az adott gépet és annak méropontját azonosítja.
- Az adatgyűjtőben a jel, spektrum és RMS [rezgés amplitúdó effektív értéke] formájában kerül feldolgozásra.
- A jelfeldolgozás, tehát a spektrum létrehozása FFT (Fast Fourier Transformation) alapján történik.
- Az adatokat adatgyűjtő kártyán rögzíti és tárolja.
- Mérés során vizsgálja a mérési lánc (mérőfej, kábel, adatgyűjtő) elemeit és hiba esetén felfüggeszti a mérést.
- Az adatgyűjtő a helyszínen képes spektrum megjelenítésére.
- A mérésadatgyűjtő funkciói bővíthetők fordulatszám-méréssel és helyszíni kiegyensúlyozással.
- Az adatgyűjtőbe demodulált spektrum-mérési lehetőség van beépítve.
- Minden mérési pontban axiális, radiális és tangenciális irányban két frekvencia tartományban történik a mérés: az *alacsony frekvencia tartományban* a forgási frekvencia első 10 harmonikusáig, a *magas tartományban* általában az első 100 harmonikusig. Ennek oka, hogy a forgógépekre leginkább jellemző hibák az első 10 harmonikus csúcs amplitúdójának változásaival beazonosíthatóak, míg a lapát vagy fogaskerék hibák magasabb frekvencián jelentkeznek.



3. ábra

Mérésadatgyűjtő

Az ExpertALERT (EA) szakértoi rendszer működése

A DCA-20/IS-2G mérésadatgyűjtőből a mért értékeket és letárolt adatokat a szakértoi rendszer társgépeként üzemelő PC-be kell áttölteni. Az EA szoftver alkalmazásával az automatikus kiértékelés a következő lépésekből tevődik össze:

- a rezgéscsúcsok beazonosítása, valamint a csúcsok és a géphibák közti kapcsolat összerendelése,
- a géphibák nagyságának meghatározása az amplitúdók és az egyes rezgéscsúcsok egymáshoz viszonyított relatív nagysága alapján,
- hibadiagnózis megállapítása és javaslatok kidolgozása a karbantartási teendőkre.

A mért spektrumokból nem minden amplitúdó értéknek van értékes információ tartalma a diagnózis felállításához. A vizsgált forgógépre jellemző amplitúdó értékeket ki kell gyűjteni minden mérési pont hat aktuális spektrumából, valamint ki kell számolni a referencia értéktől való eltérést a jellemző frekvenciákon. Referencia érték alatt a muszakilag „jó” állapotban lévő gépekről készített spektrumok átlagának szórással korrigált értékét értjük. Minél több „jó” mérési eredmény van az adott gépen, annál pontosabb az azokból létrejött referencia érték és így a rendszer is. A rendszer sajátos tulajdonsága, hogy referencia érték hiányában, az első „jó” mérés rendelkezésre állásáig a kiértékelésénél szabványt használ. Az így kapott értékeket egy mátrixba rendezzük, amelyeket a szakértoi rendszer a vizsgálatnak megfelelő szabályok automatikus aktiválásával gyorsan és precízen kiértékel. A spektrumok kiértékeléséhez a szakértoi rendszer több mint 4.500 [db] egyedi szabályt⁵ tartalmazó szabálybázist használ, ami a különböző géptípus változatok egyedi hibáinak azonosítását teszi lehetővé. Ahhoz, hogy ezt a rendszer automatikusan el tudja végezni, a tudás- és szabálybázis felállításakor a szakértonek egy modellt kell felépíteni, és egy hibakód táblázatot kell felállítani a vizsgálandó berendezésről. A vizsgált gépek modelljét a szoftverben lévő komponens kódok alapján kell felépíteni. A komponens kódok a gépek felépítését tükrözik (szivattyú, hajtómu, motor típus, stb.) és nagy számuk -közel 300 [db]- lehetővé teszi, hogy segítségével a Finomítás területén lévő összes forgógépet le tudjuk írni. Az így elkészült modellekhez a szoftver olyan hibakódokat rendel, amelyek az adott gép tulajdonságait hordozzák.

A rendszer bevezetése során nem minden muszaki adathoz jutottunk hozzá, de a szoftver lehetővé teszi, hogy a gépkönyvekben nem található, nehezebben hozzáférhető gépadatokat (pl.: fogaskerekek fogszámái, járókerekek lapátszámái) a modellekbe később is be lehessen integrálni. Így a gépek modelljei nagyon pontosá válnak. A rendszer 650 [db] különböző hibatípust tud beazonosítani, ami biztosítja a megfelelő és pontos hibadiagnózis felállítását, mint pl.:

- kiegyensúlyozatlanság (statikus, csatolt, excentrikus stb.),
- tengely beállítási hiba (szögbeli, párhuzamos, görbült tengely, ferde csapágy, kuplung hiba stb.),
- lazulás (forgórész, strukturális, talpcsapágy stb.),
- gördülőcsapágy hibák,

⁵ egymásra épülő logikai függvények

- hajtómu hibák (fogaskerék áttétel, fogkopás, törött fog, túlterhelés, foghézag, excentricitás stb.),
- szíj és lánchajtás hibái (kopott szíj v. lánc, excentrikus szíjtárcsa, szíj rezonancia stb.),
- villamos motorhibák (alapzat hiba, excentrikus álló- és forgórész, görbült forgórész, forgórész rúdtörés v. lazulás, állórész tekeres probléma, vasmag probléma, laza áramszedo stb.),
- egyéb géphibák (siklócsapágy hézag, rezonancia, áramlási turbulencia, kavitáció, külső zaj stb.).

A rendszer korábbi verziója hatalmas csapágykatalógusból dolgozott, ami a legtöbb csapágygyártó cég csapágyainak adatait tartalmazta. Ezt a módszert az idő túlhaladta. Az EA 2.7 verziója is tartalmazza a csapágygyártók csapágyainak adatait, de ma már nem számít korszerű módszernek a csapágykatalógus segítségével megállapított csapágy sajátfrekvenciák változásának figyelése. Mivel a forgógépek egyik jellemző meghibásodási oka csapágyhibára vezethető vissza, ezért ezt a szakértői szoftver és most mi is kiemelten kezeljük. A rendszer a korai csapágyhiba meghatározása érdekében további adatokat gyűjt ki a mért spektrumokból. A használt módszer a gördülőcsapágyak meghibásodási és hibafejlődési folyamata alatt a spektrumban megjelenő csúcsok változásainak jelenségén alapul. A szoftver minden mérési pontban, minden irányban két-két csúcsot keres az alacsony és a magas frekvencia tartományban mért spektrumokban is. A forgási frekvencia nem egész számú többszörösén jelentkező csúcsnövekedés nagy valószínűséggel gördülőcsapágytól származik. A csapágyhiba első jele a csapágyra jellemző csúcs megjelenése és növekedése a spektrumban. A csapágyhiba további fejlődésével megjelennek az oldalsáv frekvenciák a jellemző frekvencia körül, azaz egy spektrumcsúcs sorozat jelenik meg. Ha a spektrumban ilyen jellegű alakzat alakul ki, akkor a spektrum spektrumában, azaz a cepstrumban egy erőteljes csúcs jelenik meg. *A szakértői rendszer cepstrum analízissel azonosítja be a csapágyhibákat.* Ilyen csúcsok feltárását követően a rendszer további vizsgálatokat végez a csapágyhibák pontos beazonosítása és a hibanagyság megállapítása céljából.

Egy másik módszer a csapágyhibák azonosítására a demodulált spektrum módszer, amely lényegében a burkológörbe analízis. A csapágyhibák az időjelben impulzusszerű, lefutó, nagyfrekvenciás jeleket produkálnak, melyek periodikusan ismétlődnek. Bennünket nem a nagyfrekvenciás jel maga érdekel, hanem azok periodikus ismétlődése. Ez nem magának az időjelnek, hanem az időjelre rászuperponálódott burkológörbének a spektrumából azonosítható.

A szoftver további adatokat nem csak a vizsgált gép hibáinak feltárására gyűjt ki, hanem a mérési adatok feldolgozása során vizsgálja az érzékelőt, a kábelt és a csatlós minőségét is. Amennyiben hibát talál, a jegyzőkönyvben megjeleníti azt.

A rendszer nem csak adatokat szolgáltat, hanem egy tömör jelentést készít a vizsgálatról magyar nyelven, amely a következő információkat tartalmazza:

1. táblázat: A jegyzőkönyv elemeinek ismertetése

A jegyzőkönyv elemei:	Magyarázat:
Azonosító	A gép üzem és technológiai jelét tartalmazó kód.
Jelentés készítő	A jelentés elkészítésének időpontja.
Mintavételezve	A mérés elvégzésének időpontja.
Fordulatszám	Az adott gép pillanatnyi fordulatszáma.

Átlagok Hiba-tényező	A referencia érték hány [db] „jó” mérés átlagát tartalmazza. Egy olyan viszonyszám, mely tükrözi a gép állapotát. Minél magasabb az értéke, annál több hibája van a gépnek.
Maximum szint	A spektrumban lévo legnagyobb csúcs amplitúdójának nagyságát jelenti.
Javaslatok	Javaslat a karbantartás módjára.
Diagnózis	A gép hibáinak ismertetése. Minden hibatípus után fel vannak tüntetve az adott hibára legjellemzobb amplitúdó értékek.
Pozíció felirat	A gép mérési helyei
RMS értékek	A rendszer minél sokoldalúbb használhatósága érdekében az ISO 10816 szabványban rögzített értékektől való eltérés megjelenítése.

A sajátos hibatrend kijelzés segíti a karbantartásban résztvevőket a gép állapotával kapcsolatos gyors döntéshozatalban, a javítási munkák és a leállási tervek készítésében.

A szakértoi rendszer a jegyzőkönyvben ötféle hibaszintet állapít meg, melyeket a következők szerint kell értelmezni:

Nincs hiba: A vizsgált gép rezgéstani szempontból megfelelő, beavatkozásra nincs szükség.

Kismértéku hiba: Kismértéku, de jelzésértéku hiba, beavatkozásra nincs szükség.

Közepes mértéku hiba: Meghibásodás kialakulóban van, a mérési gyakoriságot surítani kell. A nagy átfutási idejű alkatrészek beszerzését el kell indítani.

Súlyos hiba: A gépnek kialakult hibája van, beavatkozásra van szükség, a javítást be kell ütemezni. A javításig a mérési gyakoriság surításával a gép állapotát nyomon kell követni. A gép állapota meghatározott ideig zsírzással, olajcserével -amennyiben a karbantartás lehetséges- fenntartható.

Extrém hiba: A gép rezgéstanilag rossz állapotban van, azonnali beavatkozást igényel, a gépet le kell állítani.

Információkhoz való hozzáférés off-line rendszer esetében

A rendszer különböző felhasználói hozzáférési szintekkel rendelkezik. Az előre meghatározott érintettekhez a diagnózis és karbantartási javaslatot tartalmazó jegyzőkönyv e-mailen keresztül jut el. E-mail küldés csak a gép állapotváltozása esetén valósul meg, a minél hasznosabb tájékoztatás és figyelemfelkeltés érdekében. Az aktuális és a korábbi jegyzőkönyvek, a hibatrendek, az RMS trendek (mérési helyenként) és az összegyűjtött mérési adatok statisztikai kimutatása a Karbantartás Muszaki felügyelet által működtetett központi szerveren gyűlnek össze. Az összegyűjtött adatokat a „FORGÓGÉP DIAGNOSZTIKA” weblapon a regisztrált felhasználók megtekinthetik.

On-line rendszer telepítési terjedeleme

Az on-line rendszer telepítésénél meghatározó tényező volt a rendelkezésre álló szűk költségkeret. Ezért a forgógépek kiválasztásánál a fenti kritériumokon túl elsődleges szempontként jelentkezett a költségkeret maximális kihasználása. Mivel a szállító garantálta, hogy az alapvetően reteszrendszeri feladatokat ellátó gépvédelmi rendszer megfelelő működésére a rátelepített szakértoi rendszer nincs

hatással, ezért on-line diagnosztika első körben olyan üzemekben lett bevezetve, ahol már üzemel gépvédelmi feladatokat ellátó folyamatos rezgésmérő berendezés. A most kialakított rendszer teljes mértékben támaszkodik a meglévő gépvédelmi rendszerekre, azok jelét dolgozva fel. Ezzel a megoldással mentesültünk a terepi érzékelők gépéhez történő illesztésének és a gép illetve a műszertermi egység közötti jelátvitel kiépítésének minden költsége alól.

Az alábbi táblázat tartalmazza, mely üzemekben, mely gépekre lett kialakítva az on-line szakértoi rendszer.

Üzem	Gépvédelmi rendszer	Forgógép	Csatorna [db]
Katalitikus Krakk /FCC/	Bently Nevada 7200	410C1 nedvesgáz kompresszor	15
		430C1 hokompresszor	15
		430C2 propilén kompresszor	15
		420C1 PRS energia visszanyerő gépegység	20
HDS	Bently Nevada 3300	P101B alapanyag szivattyú	10
		V302C hidrogén kompresszor	7
		V301A cirkulációs kompresszor	18
Késleltetett Kokszoló /DC/	Bently Nevada 3500	TGU generátor	11
		C101 nedvesgáz kompresszor	12
		C102 propilén kompresszor	11

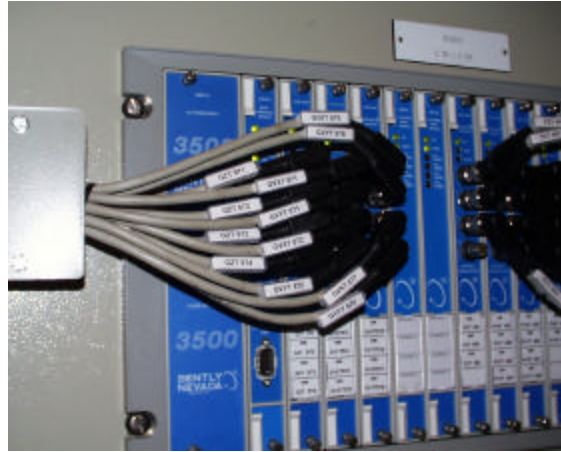
1. táblázat

A Bently Nevada rendszer ismertetése

A Finomítás területén forgógép védelmi rendszerként elsősorban a Bently Nevada cég termékeit alkalmazzuk. A Bently Nevada gépvédelmi rendszerek feladata a forgógép állapotának folyamatos monitorozása és kritikus értéknél az automatikus gépleállítás biztosítása a forgógép reteszrendszerén keresztül, bármilyen emberi beavatkozás nélkül.

A rendszer részelemei a rezgéstávadók és/vagy egyéb bemeneti jelek (pl.: motortekercs-hőmérséklet), jelkondicionáló és leválasztó egységek, műszertermi kijelző, kommunikációs és alarm generáló modulok. A rendszer kimeneti jelét a nagy megbízhatóságú jelfogók vagy digitális jelek csatolják a reteszrendszerhez, mely a gép biztonságos állapotba hozataláért felelős. A Bently Nevada gépvédelmi rendszer elsődleges feladatát a reteszrendszeren keresztül látja el.

Jelenleg a gépvédelmi rendszer három típusát alkalmazzuk (lásd. 1. táblázat). A reteszrendszer kialakítását tekintve három részből áll. Szenzor, mely a vizsgált géphez van illesztve és a rezgés értékeket továbbítja 0-10kHz-es (+3dB) tartományban. Az érzékenységek jellemzően 7,87mV/μm. A szenzor közvetlen közelében van elhelyezve a távadó, mely a jelkondicionálást, erősítést végzi. Az érzékelőket és a műszertermi egységet összekötő kábelek hossza legfeljebb 300 [m] lehet, ellenkező esetben a jel erősítése már nem garantált. Műszertermi egység fogadja a terepről a jeleket, melyeket a megfelelő kártyák átalakítják és továbbítják a DCS vagy a reteszrendszer felé.



4. ábra Jelelvétel a Bently rendszerrel

A Bently Nevada rendszerek további közös jellemzője, hogy a szenzorról érkező analóg jel a frontpanelről (7200-as típusnál a hátsó panelről) egy BNC csatlakozón keresztül további feldolgozásra elvezethető. A kialakított DCX on-line szakértoi rendszer ezeket az érzékelonként rendelkezésre álló jeleket gyűjti össze, felhasználva a frontpanelen rendelkezésre álló jelelvételi lehetőséget (4. ábra).

Védelmi kontra szakértoi rendszer

Vizsgáljuk meg, miben különbözik egy tradicionálisan védelmi rendszer egy szakértoi rendszertől. Az egyszerűség kedvéért próbáljuk megvilágítani a különbséget egy hétköznapi példán keresztül. Sokan átélhették már azt a kevésbé kellemes helyzetet, amikor az autónk műszerfalán menet közben, távol a szervizelési lehetőségektől kigyullad a motorhibát jelző lámpa. Vonjunk párhuzamot a jelen esetben kapott jelzés és a gépvédelmi rendszer között. Mindkét esetben a vizsgált gép teljes tönkremenetele előtt vagyunk. Nincs más dolgunk „csak” telefonálni, elvitetni az autónkat, szállást keresni - egy vagy több napra -, megbízni egy idegen szerviz szolgáltatásban, kimenteni magunkat a munkahelyünkön, stb. Feltehetjük magunknak a kérdést: ha egy ilyen kritikus helyzetben egy valódi szakértoi rendszerrel rendelkeznénk, vajon kell-e számolnunk ilyen és ehhez hasonló költségekkel vagy kiküszöbölhetjük azokat?

Mit is várunk el egy szakértoi rendszertől? Ellentétben a gépvédelmi rendszerrel minimálisan elvárjuk, hogy a már kezdeti kialakuló hibákat is érzékelje és jelezze, végigkísérhessük a hiba változását, és a karbantartás ütemezhetőségével a gép fizikai károsodását megelőzően javíthassuk azt. A szakértoi rendszer pontosan meghatározza azt, hogy melyik alkatrész milyen hibával rendelkezik, a hibanagyság milyen értékű és milyen karbantartási beavatkozásra van szükség annak érdekében, hogy a forgógépen kialakult hibát kijavítsuk. Milyen következtetést vonhatunk le ebből a példából? Műszaki és gazdasági szempontok alapján meghatározható azon gépek köre, ahova érdemes és kell on-line diagnosztikai rendszert telepíteni.

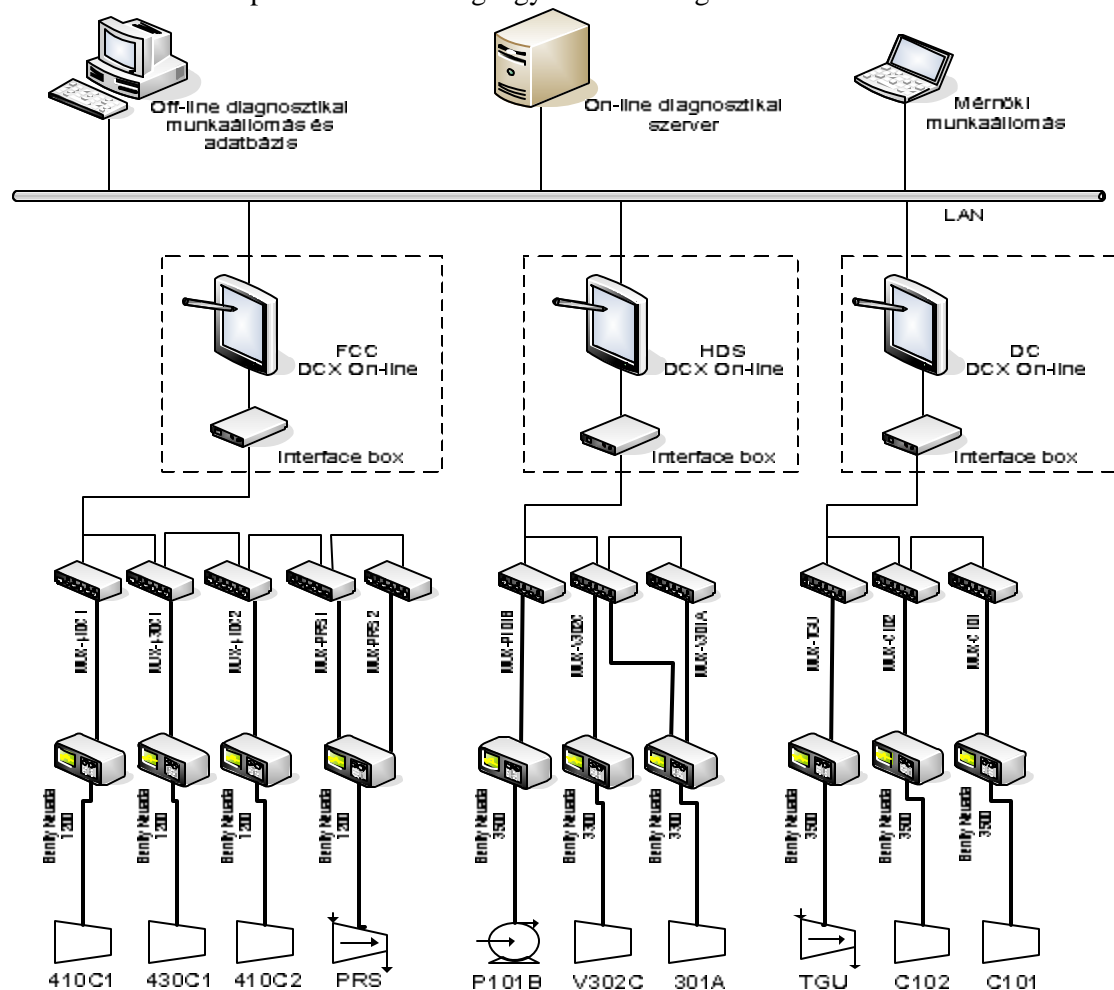
A diagnosztikai rendszer felépítése

Az off-line szakértői rendszerrel kapcsolatos feladatok elvégzése két helyszínen folyik, a mindenkori naprakész adatfrissítést a két helyszínen futó szoftver között ún. replikációs szoftver biztosítja. A Muszaki felügyelet üzemeltetésében található a központi szervergép, az SSC-nél ennek az ún. társgépe.

Az on-line rendszer hardveresen alapvetően négy pillérré támaszkodik, az IS géptermében elhelyezett (korábban ismert) szerver gépre és a három üzem muszartermében telepített DCX XRT méro-adatgyujtokra (5. ábra). A DCX a szakértett adatokat a szerverre továbbítja, így a diagnosztikai rendszer egy központi szerver gépről felügyelhető. Az így felépített rendszer lényege, hogy az off-line és on-line adatok egy központi helyen biztonságban tárolódnak. Az automatikus mentésen kívül a winchester teljes területének meghatározott időközönként történő mentésével az IS kollégái biztosítják az adatok biztonságosabb tárolását.

Az esetlegesen előforduló LAN hálózat összeomlás és hosszabb kimaradás esetén a DCX on-line méro adatgyujtok autonóm üzemmódba helyezhetők és a monitorozás továbbra is fenntarthatóvá válik.

Ezzel a rendszer kiépítéssel a lehető legnagyobb biztonság és védelem érhető el.



5. ábra A rendszer felépítése

A on-line mérésadatgyűjtő rendszer ismertetése

A Bently Nevada rendszerrel levett érzékelonkénti rezgéskitérés, rezgés időfüggvény jelet egy kiválasztó (továbbiakban: MUX) rendszeren keresztül juttatjuk a DCX mérésadatgyűjtő rendszerbe (6a,b,c ábra). A MUX lekérdezési sebessége tetszőlegesen beállítható, de optimális esetben egy csatornát 20 másodpercig figyel. A DCX a Bently egyirányú jeleiből 1 mérőpontban 2 illetve 3 egymásra merőleges irányú jelet dolgoz fel, így teszi a kiértékelést teljessé. Maga a DCX megjelenését és képességeit tekintve egyaránt unikum, mely egy érintogombos Windows XP operációs rendszert és a működtető szoftvereket foglal magába a kiegészítő dokkoló egységgel. A háttérben futó szoftverek közül ki kell emelnünk az Online Engine-t, melyet a későbbiekben ismertetünk.

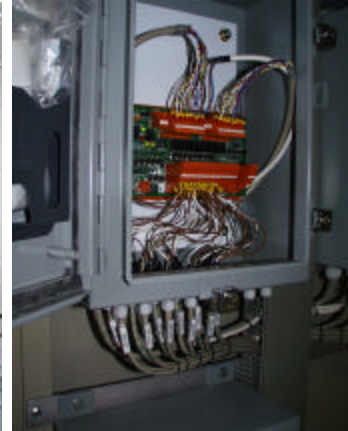
A kiválasztott csatorna analóg jele digitalizálásra kerül, a DCX-ben elhelyezett AQ204-es kártyával 16bit-es felbontás és 41kHz-es mintavételezési frekvencia mellett. Az alkalmazott AQ-204 különlegessége, hogy a sigma-delta AD konverterek mellett a parányi PCMCIA tokozat tartalmaz egy digitális jelfeldolgozó processzort (DSP), mely valós időben elvégzi számunkra a spektrum leképezéséhez szükséges gyors Fourier-transzformációt (FFT), így értékes gépidőt takaríthatunk meg.



6a ábra
DC üzemi DCX és MUX



6b ábra
DCX működés közben



6c ábra
Jelkábelek bekötése a MUX-ba

Információkhoz való hozzáférés on-line rendszer esetében

Az on line rendszer esetében az információk felhasználókhöz történő eljuttatását az InfoServer végzi. A rendszer e-mailen keresztül a gép állapotváltozása esetén diagnózist és karbantartási javaslatot tartalmazó jegyzőkönyvet küld az adott területért felelős kollégákhoz. E-mail küldés csak a gép állapotváltozása esetén valósul meg, a minél hasznosabb tájékoztatás és figyelemfelkeltés érdekében. Az on-line rendszer öndiagnosztikai képessége révén (érezkelo, kábel hiba) a muszeres jellegu meghibásodásokról is üzenetet küld az adott üzemhez tartozó muszerész kollégának.

Az on-line rendszer funkciói

Az ExpertALERT (EA) szakértői szoftver

A Bently Nevada rendszerrel levett jeleket az EA szakértői rendszer dolgozza fel, értékeli ki.

Online Engine

Az üzemekben elhelyezett DCX méro analizátorokon az Online Engine szoftver folyamatosan fut (7. ábra). Ez a szoftver teszi lehetővé, hogy az üzemi kollégák a nap bármely időpontjában információt kapjanak a vizsgált gépek állapotáról, a monitorozás sorrendjéről, a vizsgálat utolsó és elkövetkezendő időpontjáról, az aktuális fordulatszámokról. Az aktuális monitorozott forgógépet a program külön megjelöli (lásd 7. ábra ?), így könnyen eldönthető, hogy melyik forgógép rezgésértékeinek a feldolgozása folyik.

Name	Status	Last test time	Next test time	State	RPM
C 101 Kompresszor	OK	2/24/2004 12:25 PM	2/24/2004 12:35 PM	Running	8752
C 102 Kompresszor	SERIOUS	2/24/2004 12:19 PM	2/24/2004 12:29 PM	Running	2998
ST 601 TGU Turbina-Hajtómű	OK	2/24/2004 12:22 PM	2/24/2004 12:32 PM	Running	12076

1:18:36 AM Monitoring system started
1:00:26 AM ### The system has stopped monitoring ###
1:00:19 AM System stop pending
1:18:23 AM Monitoring system started
1:00:24 AM ### The system has stopped monitoring ###
1:00:05 AM System stop pending
1:19:10 AM Monitoring system started
1:00:39 AM ### The system has stopped monitoring ###
1:00:39 AM System stop pending
1:18:42 AM Monitoring system started

12:28:05 PM Acquiring data
12:28:05 PM Saving vibration data
12:27:28 PM Acquiring data
12:27:28 PM Testing location: BEARING, BEARING 3
12:27:28 PM Saving vibration data
12:27:16 PM Acquiring data
12:27:15 PM Saving vibration data
12:26:39 PM Acquiring data
12:26:39 PM Testing location: BEARING, BEARING 2
12:26:39 PM Saving vibration data

Acquiring data 2/24/2004 12:28 PM

7. ábra Online Engine felülete

Az Online Engine szoftver végzi a folyamatos adatgyűjtést és letárolást. A programmal lehetőség van a monitorozás leállítására és újraindítására, szükség esetén egyes gépek monitorozás alóli kivételére, a monitorozás sorrendjének módosítására és idociklusának meghatározására.

Lehetőség van arra, hogy a vizsgálandó forgógépeknek az állapotát monitorozás előtt és után leellenorizzuk, így meggyozodhetünk arról, hogy a vizsgált gép rendben működött-e vagy sem.

Az Online Engine segítségével lehet pontosan definiálni az egyes mérési helyekről beérkező jelek helyét, irányát, csoportszámát, csatornaszámát.

Data Manager

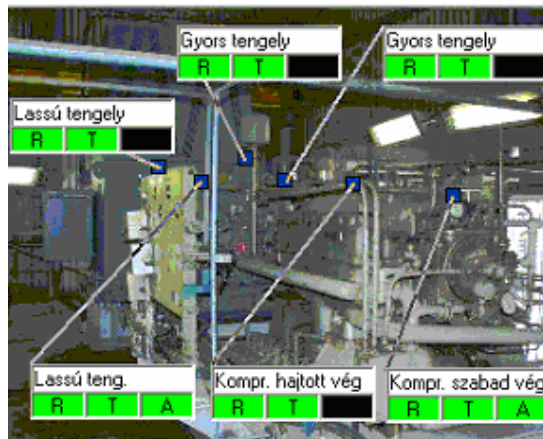
A Data Manager programmal lehet beállítani az automatikus mentésre vonatkozó információkat, vagyis adott forgógépről gyűjtött adatokat milyen gyakorisággal mennyi ideig tároljunk le. Ezzel a funkcióval lehetőség nyílik arra, hogy csak azokat az adatokat mentjük el, amelyeknek érdemi információ tartalma azt szükségessé teszi. Így a rendelkezésre álló szabad winchester területet optimálisan tudjuk kihasználni.

Online Mimic

Az információ megjelenítésének egy másik formáját az Online Mimic szoftver végzi. A DCX-en lehetőség van az Online Engine programnál bemutatott képernyő megjelenítésére azzal a kibovítéssel, hogy az egyes forgógépek státusz állapotának megfelelően színekódolás is segíti a könnyebb hibaértékelést. Ezt a megjelenítési formát Online Control panelnek nevezzük.

Az Online Mimic program második megjelenítési formája (Mimic képernyő) az adott kiválasztott forgógép RMS értékeinek és a mérőpontok helyeinek a megmutatására vonatkozik grafikus ábrázolással. A közölt mérési eredmények színekódoltak (zöld, sárga, piros) a beállított alarm értékeknek megfelelően (8. ábra).

A harmadik megjelenítési forma a kiválasztott gép hibatrend bemutatását szolgálja. Ezzel a forgógép időbeni gyors és közérthető állapotváltozása figyelemmel követhető.



8. ábra Adott gép mérőpontjainak és állapotának megjelenítése

OnlineStartup, OnlineMinder

Fontos program az on-line forgógép diagnosztikai rendszer működése szempontjából az OnlineStartup és az OnlineMinder. Az OnlineStartup minden szoftver komponenst elindít, ami a monitorozáshoz szükséges, míg az OnlineMinder felügyeli azok működését. Az on-line rendszer külső oknál (áramkimaradás stb.)

fogva történő összeomlása után, ha az okok megszűntek, akkor a két program újraindítja a monitorozást és ellenőrzi önmaga működését.

RelayManager

Az on-line diagnosztikai rendszer képessé tehető a RelayManager segítségével reteszrendszerbe történő beavatkozásra is. Ezt a funkciót nem használjuk a meglévő reteszrendszerek megbízható és jó működése miatt.

Összefoglalás

Az off-line forgógép diagnosztikai szakértői rendszer a stratégiaileg fontos és melegtartálékkal rendelkező forgógépek állapot felügyelet alapján történő karbantartását segítő rendszere míg az on-line forgógép diagnosztikai szakértői rendszer a kiemelten fontos és melegtartalék nélküli forgógépek állapot felügyelet alapján történő karbantartását segítő rendszere. A forgógép diagnosztikai szakértői rendszer segítségével többek között az esetleges leállások és újraindulások okozta rövid ideig fennálló magasabb rezgések keltette hibadiagnózisok is megállapíthatók. A forgógépen történő hirtelen bekövetkezett állapotváltozások azonnal kimutathatók. Az időben feltárt, kezdődő hibák alakulása folyamatosan követhető.

Az off-line és az on-line diagnosztikai rendszer alkalmazásával a monitorozott gépek megbízhatósága nő, a szükséges beavatkozások ideje és módja előre tervezhető, így mind a karbantartási munkák okozta üzemidő kiesések, mind a váratlan üzemviteli problémák minimálisra csökkenthetők.

Felhasznált irodalom

- [1]Hortobágyi Tímea, Kurucz Botond: Forgógép diagnosztikai rendszer a MOL Rt. Finomítás területén I., MOL szakmai tudományos közlemények 2003/2
- [2]Dr. Nagy István, Sólyomvári Károly: Application of Vibration Diagnostic Expert System at Refinery (Aplikácia expertného systému vibracnej diagnostiky v rafinerii) Národné Fórum Údržby 2003, Vysoké Tatry, Slovensko.
- [3]Jason Tranter: ExpertALERT 2.7 Volume I-II by DLI Engineering, 2003
- [4]Jason Tranter, Terrence Cullen: DLI Watchman DCX XRT User's Manual by DLI Engineering, 2003
- [5]Alain Freedmann: „Protection” systems Vs. Diagnostic systems, DLI Engineering, 2003.
- [6]Predict-DLI: DCX on-line technical manual, DLI Engineering, 2000.
- [7]Predict-DLI: DCX software manual, DLI Engineering, 2000.
- [8]Bently Nevada: CD-ROM termékismertető katalógus, 1999.
- [9]Kovács Attila: Roncsolásmentes vizsgálatok, azok megbízhatósága és következményei, Miskolci Egyetem, Miskolc, 1999
- [10]Dr. Nagy István, Kiss Gábor, Dr. Sólyomvári Károly: Rezgésdiagnosztikai Szakértői Rendszer Alkalmazásának Néhány Eredménye. IX. Nemzetközi Konferencia és Szakkiállítás a Karbantartás Legáltalánosabb Irányzatairól. DIAGON'99 Siófok, 1999. március 9-11.