

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 rezgésmérol és/vagy rezgésvédelmi funkciók közötti különbségeket.

A diagnosztikai módszerek és elemzések eredményeit konkrét példákon keresztül mutatjuk be. Elemezzük a MOL Rt. Dunai Finomító egyik gépénél az alapcsavar törés és alapkeret repedés beazonosítását.

Tárgyaljuk a Paksi Atomeromu több primerköri fokeringteto 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 szivattyú esetét.

BEVEZETÉS

A nagy értékű muszaki létesítményeket, termelő 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 gépek állapotát, maradék élettartamát egyre nagyobb megbízhatósággal határozzuk meg, 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.

A kritikus forgógépek tekintetében már nem felelnek meg azok a hagyományos karbantartási módszerek, melyek szerint elég a gépet egyszerűen gépvédelmi rendszerrel ellátni, elso hibáig üzemeltetni vagy idő alapú preventív karbantartási filozófiát alkalmazni. Ezért MOL Rt. Finomítás Karbantartás és a Paksi Atomeromu nagy hangsúlyt fektet a gépek állapotfigyelésén alapuló karbantartás alkalmazására. Az automatikus diagnosztikai rendszerek állapotjelentése alapján pontos információk állnak rendelkezésre a forgógépek muszaki állapotáról, így a gépek karbantartása pontosan ütemezhető, célirányosan elvégezhető illetve a gépekhez szükséges nagy átfutási idejű tartalék alkatrészek rendelése időben elindítható.

AZ OFF-LINE ÉS ON-LINE RENDSZER KIVÁLASZTÁSA

A diagnosztikai rendszer kiválasztásának egyik fontos kritériuma a rendszer által szolgáltatott információkból kapott eredmények. Olyan rendszerekre van szükség a periodikus és az on-line vizsgálatok terén egyaránt melyek nem csak mérési adatokat és azok időbeni trendjét képesek csupán szolgáltatni, hanem amelyek képesek komplett gépállapot diagnosztikára. Csak ezek a rendszerek képesek valójában az üzembiztonság és a rendelkezésre állás növelésére, valamint a karbantartás tervezhetőségének biztosítására, a költségének csökkentésére.

A MOL Rt a Finomítás területén található több mint 3000 [db] forgógép közül 1735 [db]-ot vont be az off-line diagnosztikai rendszer felügyelete alá. A Paksi atomeromuból mintegy 600 forgógépet felügyel az off-line diagnosztikai rendszer segítségével a diagnosztikai szakértői csoport.

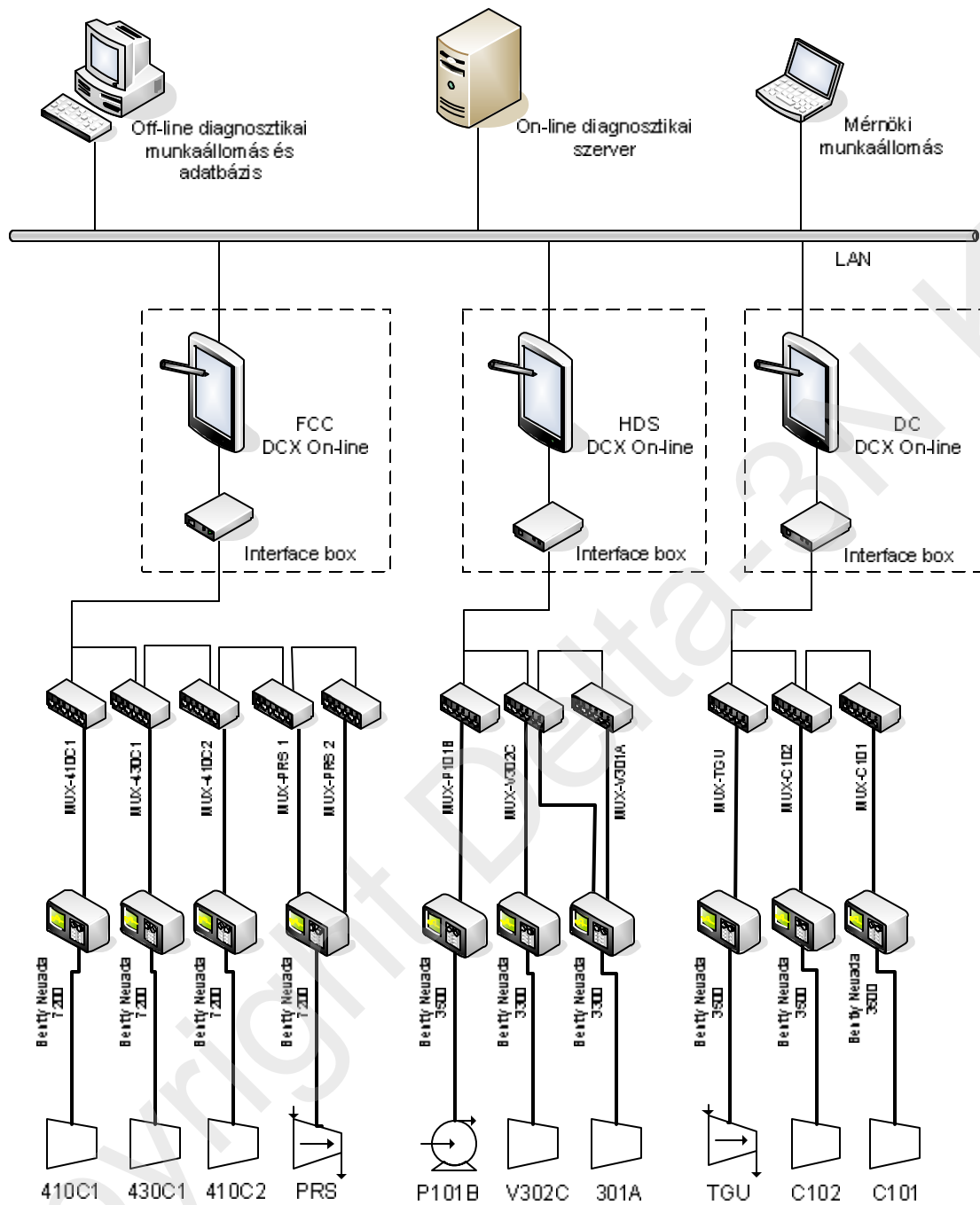
Az off-line rezgésdiagnosztikai rendszer folytatásaként a Finomítás három százhalombattai üzemében került kialakításra on-line szakértői rendszert is, amelynél 10 [db] gép került kiválasztásra. A Paksi Atomeromuból az 1. reaktorblokk fokeringető szivattyúinak (FKSZ) felügyeletére alakítottak ki automatikus diagnosztikai képességekkel rendelkező on-line szakértői rendszert. Mindkét cég muszaki gárdája és vezetése pozitívan értékeli az eddigi üzemi tapasztalatokat.

Az off-line és az on-line rendszerek eredményességének alapja az ExpertALERT automatikus rezgésdiagnosztikai szakértői rendszer, amely az amerikai DLI Engineering Corporation¹ technológiájának meghatározó eleme. Ezt a technológiát alkalmazta a Delta 3N Kft.² a fenti rendszerek tervezése és létesítése során.

Az 1. sz. ábrán a MOL Finomításnál kialakított on-line rendszer felépítésének sémája látható.

¹ www.dliengineering.com

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



1. sz. ábra.

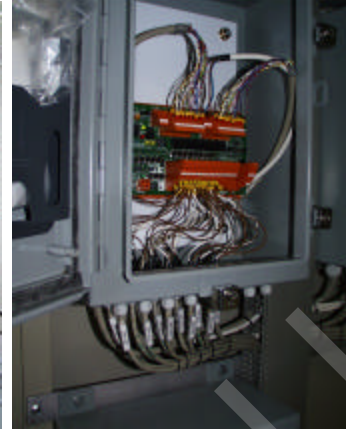
A 2.a, b, és c. ábrán a rendszer néhány fontos hardver elemének képe látható:



2a ábra
DC üzemi DCX és MUX



2b ábra
DCX működés közben



2c ábra
Jelkábelek bekötése a MUX-ba

A MOL Rt.-nél különösen szigorú előírásoknak kell eleget tenni a robbanásveszélyes közegek, technológiák és környezet miatt. Ennek megfelelően az off-line gépfelügyeletet DCA-20/IS-2G mérésadatgyűjtők és az ExpertALERT szakértoi rendszer segítségével valósítják meg. A Paksi Atomeromubén DCX-XRT és DC-7B műszerekkel végzik a méréseket. A diagnosztikai kiértékelés szintén az ExpertALERT szakértoi rendszerrel történik. Mindkét cégnél kialakításra került egy központi szerver, egy olyan diagnosztikai munkaállomás, amelyen minden információ összegyűlik az off-line és az on-line rendszerek adat- és tudás bázisaival. Mindkét cégnél kialakításra került egy-egy diagnosztikai szakértoi munkaállomás is, melyen teljes értékű szakértoi rendszer üzemel, és az adatbázisok között replikációs adatcserével történik az adatok és a szakértoi beavatkozások szinkronizálása.

AZ ExpertALERT (EA) SZAKÉRTOI RENDSZER MUKÖDÉSE

Az ExpertALERT automatikus rezgésdiagnosztikai rendszer az adatelemzésnek ugyanazt a módszerét alkalmazza, mint a humán szakérto. A gép aktuális forgási sebességét egy automatikus csúskereső algoritmus segítségével határozza meg. Ez a spektrumok normalizálásához szükséges, ami elengedhetetlen a referencia adatokkal való automatikus összehasonlításához. A spektrumokban a fontos csúcsokat a „hibafájlok” segítségével azonosítja be a rendszer, ezek összehasonlításra kerülnek a referencia adatbázisban tárolt értékekkel. Az abszolút amplitúdó, valamint az aktuális amplitúdó és a referencia értékek (átlag plusz egy normális szórás) közötti különbségek egy mátrixban kerülnek elrendezésre, ami a szakértoi rendszer inputja.

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.

A spektrumok kiértékeléséhez a szakértoi rendszer több mint 4.500 [db] egyedi szabályt³ 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

³ egymásra épülő logikai függvények

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 az eromu és a Finomítás területén lévő összes forgógépet le lehessen 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 szakértoi szoftver lehetővé teszi, hogy a gépkönyvekben nem található, nehezebben hozzáférhető gépadatokat (pl.: fogaskerekek fogszámai, járókerekek lapátszámai) a modellekbe később is be lehessen integrálni. Így a gépek modelljei idővel pontosabbá válnak. A rendszer több, mint 650 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,
- 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 (alapszabvány hiba, excentrikus álló- és forgórész, görbült forgórész, forgórész rúdtörés v. lazulás, állórész tekercs probléma, vasmag probléma, laza áramszedő stb.),
- egyéb géphibák (siklócsapágy hézag, rezonancia, áramlási turbulencia, kavitáció, külső zaj stb.).

Az ExpertALERT korábbi verziója hatalmas csapágykatalógusból dolgozott, ami a legtöbb csapágygyártó cég csapágyainak adatait tartalmazta. Ezt a módszert az idő túlhaladta. Az újabb verziók is tartalmazzák a csapágyak 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 szakértoi szoftver kiemelten kezeli. A rendszer a korai csapágyhiba meghatározása érdekében automatikusan adatokat gyűjt ki a mért spektrumokból minden mérési pontban, minden irányban két-két csúcsot keres az alacsony és a magas frekvencia tartományban. Ezen adatok birtokában a szakértoi rendszer cepstrum analízissel azonosítja be a csapágyhibákat.

Egy másik módszer a csapágyhibák azonosítására a demodulált spektrum módszer, vagy 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 csatolás minőségét is. Amennyiben hibát talál, a jegyzőkönyvben megjeleníti azt.

A rendszer nem csak adatokat szolgáltat, hanem egy tömör jelentést készít a vizsgálatról magyar nyelven, amire a 3. sz. ábrán mutatunk egy példát:

F DMSA E315-6

Jelentés készítve: 2004.04.30. 09:12 de.

Mintavételezve: 2003.10.01. 03:55 du. 1x = 584 f/min Átlagok: 1

Hiba-tényező = 984.

Maximum szint 5,6237 (+3,3849) mm/s nél 1x on 1R Alacsony tartományban

JAVASLATOK:

FONTOS: CSERÉLJÉK KI A CSAPÁGYAKAT.

KÍVÁNATOS: VIZSGÁLJÁK MEG A VENT. JÁRÓKEREKET; JAVÍTSÁK MEG, CSERÉLJÉK KI.

DIAGNÓZIS:

SÚLYOS HAJTÁSOLDALI LAZULÁS

SÚLYOS SZABAD VÉG LAZULÁS

KÖZEPES VENTILÁTOR KIEGYENSÚLYOZATLANSÁG

KISMÉRTÉKŰ SZABAD VÉG GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS

KISMÉRTÉKŰ HAJTÁSOLDALI GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS

POZÍCIÓ FELIRAT

POZÍCIÓ 1 : BEARING, BEARING 1

POZÍCIÓ 2 : BEARING, BEARING 2

RMS ÉRTÉKEK

RIASZTÁS: 4,81 (+0,31) mm/s nél 1A

KRITIKUS 2,30 mm/s nél 1R Alarm szint 4,50 mm/s

RIASZTÁS: 6,11 (+1,61) mm/s nél 1T

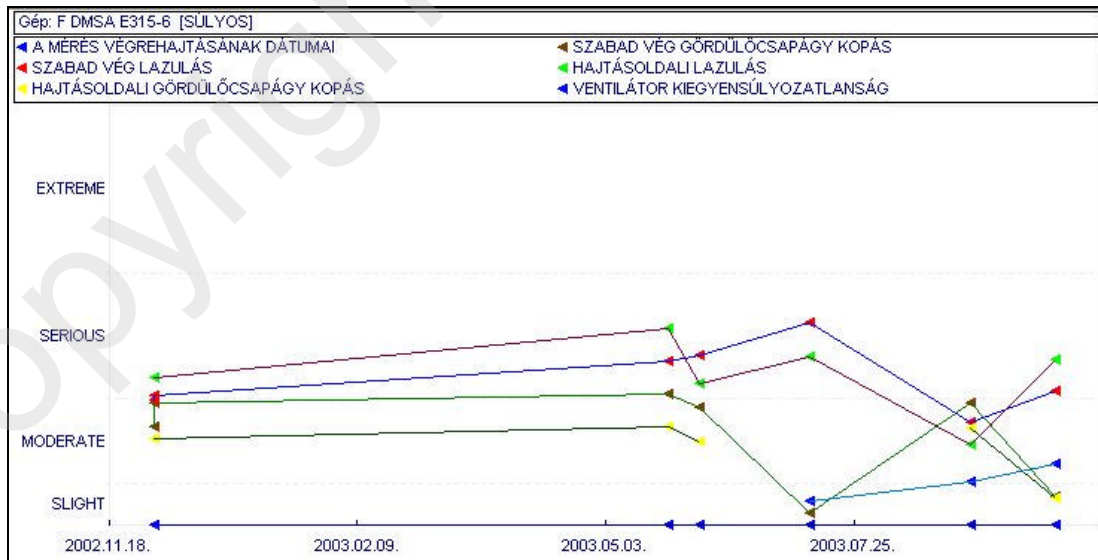
KRITIKUS 2,66 mm/s nél 2A Alarm szint 4,50 mm/s

KRITIKUS 2,90 mm/s nél 2R Alarm szint 4,50 mm/s

KRITIKUS 3,14 mm/s nél 2T Alarm szint 4,50 mm/s

3. sz. ábra

A sajátos hibatrend kijelzés (4. sz. ábra) segíti a karbantartásban résztvevőket a gép állapotával kapcsolatos gyors döntéshozatalban, a javítási munkák és a leállási tervek készítésében.



4. sz. ábra

A szakértoi rendszer a jegyzokönyvben 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 ideju 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.

INFORMÁCIÓK ELJUTTATÁSA A FELHASZNÁLÓKHOZ

Az alábbi funkciók a rendszer hálózati verziójának, az Enterprise változatnak a szolgáltatásai.

A rendszer különböző felhasználói hozzáférési szintekkel rendelkezik, amely felhasználónként beállítható jogosultságokat jelent. Az előre meghatározott felhasználói körhöz a diagnózis és karbantartási javaslatot tartalmazó jegyzokönyv 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 jegyzokönyvek, a hibatrendek, az RMS trendek (mérési helyenként) és az összegyűjtött mérési adatok statisztikai kimutatása a központi szerveren gyűlnek össze. Az összegyűjtött adatokat a „FORGÓGÉP DIAGNOSZTIKA” weblapon a regisztrált felhasználók megtekinthetik.

Az információ felhasználóhoz való eljuttatásának másik módja az automatikus weblap generálás. A rendszer minden géphez automatikusan frissülő honlapokat generál, ami tartalmazza a legutolsó vizsgálat szerinti jegyzokönyvet az adott gép állapotáról, valamint a karbantartási javaslatokat. Ezt minden jogosult felhasználó megtekintheti a hálózaton hagyományos böngésző segítségével.

Az on line rendszer esetében az információk felhasználókhöz történő eljuttatását az InfoServer végzi. Az off-line rendszerhez hasonlóan az on-line rendszer is e-mailen keresztül a gép állapotváltozása esetén diagnózist és karbantartási javaslatot tartalmazó jegyzokönyvet küld az adott területért felelős gépész üzemeltető és karbantartó szakembereknek.

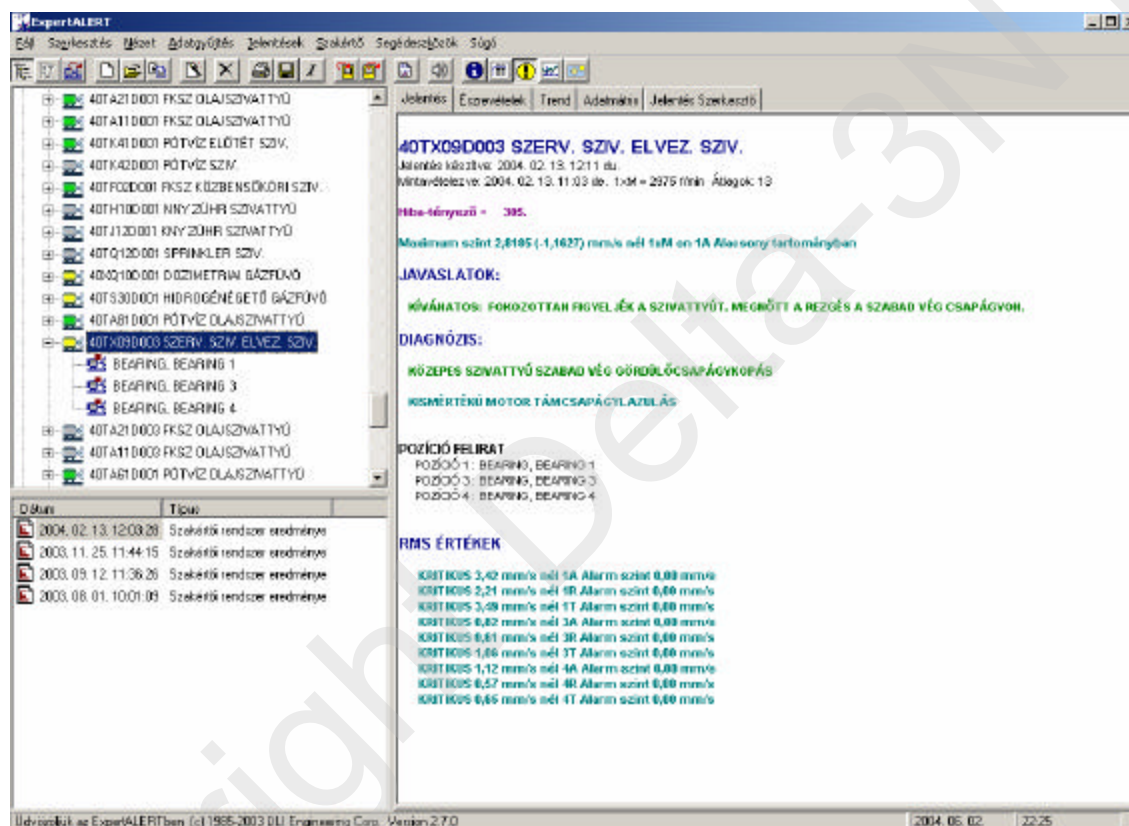
Az on-line rendszer öndiagnosztikai képessége révén (érzékelő, kábel hiba) a muszeres jellegű meghibásodásokról is üzenetet küld az adott üzemhez tartozó muszerész szakember(ek) részére.

A téves riasztások elkerülése érdekében a rendszer egy előre meghatározott ideig figyel a hiba-változást, illetve a hardverhiba jelzését. Ha a hiba konzekvensen fennáll a késleltetés alatt, csak akkor küldi el az e-maileket.

KONKRÉT GYAKORLATI PÉLDÁK A PAKSI ATOMEROMBOL AZ EXPERTALERT SZAKÉRTŐI RENDSZER HASZNÁLATÁRA

Szivattyú-csapágy kopás jelzése

A Paksi atomeromban az egyik primerkörü szivattyú mérésekor közepes rezgésnövekedést lehetett tapasztalni az elozo méréssel való összehasonlítás után. A rezgésnövekedés a szivattyún mindhárom irányban, kismértékben volt tapasztalható. A szakértoi teszt lefuttatása után a hiba megállapítás a következő volt: (5. sz. ábra)



5. sz. ábra

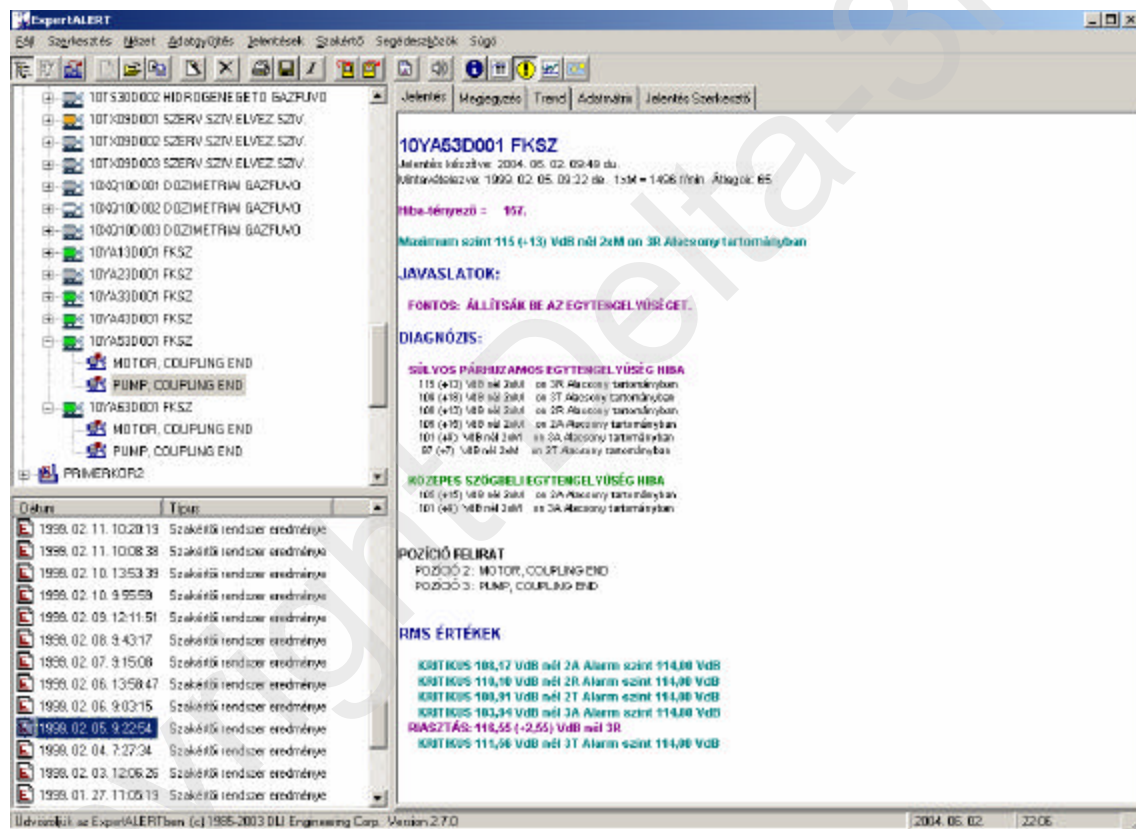
A gépet a hibajelzést követő napon javításra kivették, amelynek során a csapágyak zsírzása elégtelennek bizonyult. A javítás után elvégzett mérés után a gép hibamentesnek bizonyult. A viszonylag alacsony rezgésértékekből a szabványértékekkel történő összehasonlítás nem mutatta volna ki a hibajelenséget.

Fokeringteto-szivattyú kuplung probléma

A hiba valójában két szomszédos beépítésű szivattyún is előfordult. Példaként itt az egyik esetet ismertetjük.

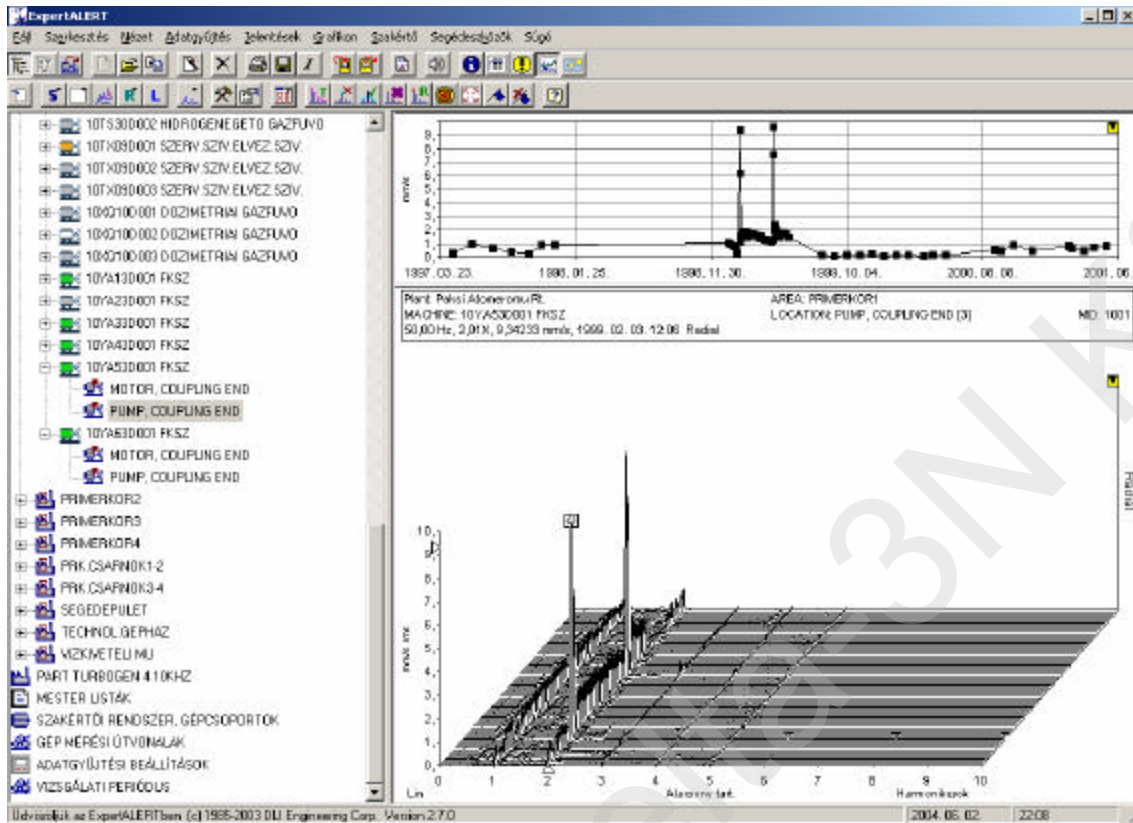
A példában szereplő szivattyú nagyteljesítményű, függőleges elrendezésű egyfokozatú centrifugál szivattyú, villamosmotor hajtással, fogas-koszorús, flexibilis kuplunggal. A jelenség korábban már többször is előfordult ezen a típusú gépen. A rezgésmérések során észleltük, a sebesség RMS értékek nagyarányú megnövekedését, ami felhívta a figyelmet a probléma megjelenésére.

A spektrális vizsgálat szakértői rendszerrel megtörtént, melynek eredménye: (6. sz. ábra)



6. sz. ábra

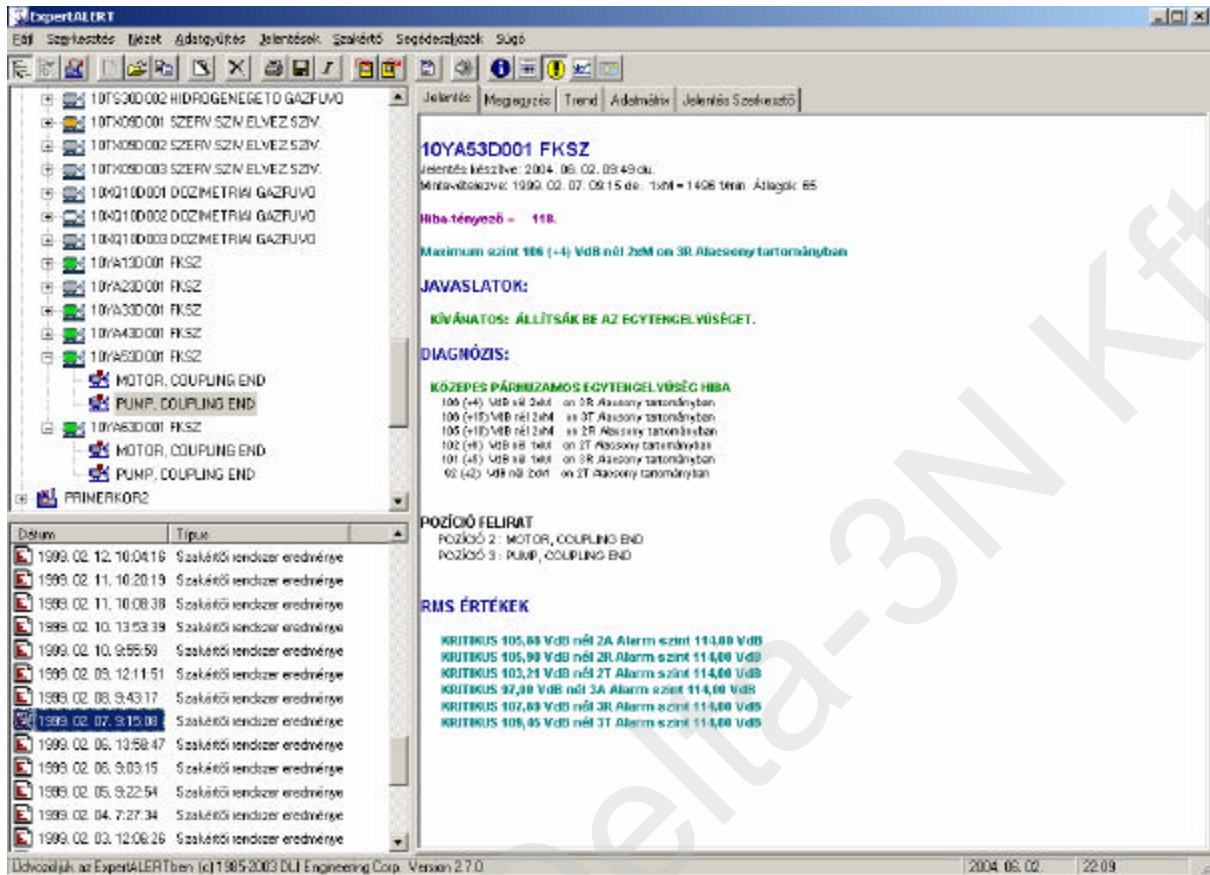
A spektrumok áttekintése ezt megerősítette, mivel a 2X forgási frekvencián jeles növekedés volt tapasztalható a kuplung mindkét oldalán. (7. sz. ábra)



7. ábra

A hiba észlelése után a szivattyút csak tengelykapcsoló zsírzásra tudták kivenni, mivel a korrekt tengelybeállítás elvégzése blokkleállást vont volna maga után legalább egy hét időtartamra, ekkora termeléskiesést nem engedhetett meg a cég magának.

A zsírzást követően a tengelykapcsoló által okozott rezgés jelentősen lecsökkent, és úgy tünik, hogy elmúlt a kuplung berágódás veszélye. A beavatkozást követő mérések szakértői rendszer által végzett elemzése változatlanul jelezte a tengely-beállítási hiba meglétét az alacsonyabb rezgésszintek ellenére. 8. sz. ábra



8. sz. ábra

A szivattyú mérését besurítottuk egészen a blokkleállás idejéig, amikor is a korrekt tengelybeállítás elvégzésre került.

Ha az ellenorzesek a rezgésszint növekedését mutatták, úgy újabb ideiglenes beavatkozásra – zsírzásra- került sor. Két ilyen beavatkozást kellett elvégezni a már előre, egyébként is betervezett nagy leállásig. Így a szivattyú üzeme –folyamatos ellenorzés mellett- biztosítható volt a tervezett ideig.

Amennyiben a rezgésméréssel való ellenorzés elmarad, és a kuplungberágódás bekövetkezik, úgy a nem tervezett több, mint egyhetes karbantartás kb. 140 millió forint termelékiesést okozott volna a cégnek egy szivattyú esetén. A mérrendszer ára így már egyetlen hibajelzés esetén is jócskán megtérült.

Konkrét gyakorlati példa a MOL Dunai finomítójából az ExpertALERT szakértői rendszer használatára

A következőkben a forgógép diagnosztikai szakértői rendszer által szolgáltatott eredmények gyakorlati megvalósulásáról egy példát mutatunk be a Dunai Finomító egyik gépének diagnosztikai állapotváltozásán keresztül.



9. sz ábra

Többfokozatú kétoldalt csapágyazott vízszintes tengelyű centrifugális elven működő szivattyú



10. ábra

Nagyfordulatszámú függőleges tengelyű „Sundyne típusú” centrifugális elven működő szivattyú

A vizsgált két gép a Finomító termelés szempontjából fontos gépe, amelyeknek rezgés állapotát, állapotváltozását az off-line forgógép diagnosztikai szakértői rendszerrel

folyamatosan figyeljük. A méréseket triaxiális rezgés gyorsulás érzékelővel végezzük, amely a tér három irányában (radiális, axiális, tangenciális) méri a rezgésértékeket mind alacsony és magas frekvencia tartományban.

A rendszeresen végzett off-line méréseknél a nagyjavítás előtti gépállapot meghatározásakor egy „súlyos alap lazulásra utaló jel” hibát takáltunk az 9. ábrán bemutatott gépen. Ez a hibatípus korábban nem volt kimutatható a forgógépnél. A súlyos minosítás azt jelenti, hogy a gép javítását be kell ütemezni a lehető legkorábban annak érdekében, hogy a gép teljes meghibásodását megakadályozzuk és az üzem rendelkezésre-állását fenntartsuk.

Vizsgált forgógép (9. ábra) diagnosztikai jelentése

Jelentés készítve: 5/4/2004 12:28 PM

Mintavételezve: 4/29/2004 02:02 PM 1xM = 2992 f/min Átlagok: 1

Hiba-tényező = 360.

Maximum szint 7.9436 (+6.9436) mm/s nél 1xM on 3A Alacsony tartományban

JAVASLATOK:

FONTOS: ÁLLÍTSÁK BE AZ EGYTENGELYŰSÉGET.

FONTO: EGYENSÚLYOZZÁK KI A SZIVATTYÚ FORGÓRÉSzt, ÁLLÍTSÁK BE A GÉPET.

FONTO: ELLENŐRIZZÉK A SZIVATTYÚ VÉG MEGFOGÁS SÉRTETLENSÉGÉT ÉS BEÁLLÍTÁSÁT.

KÍVÁNATOS: FOKOZOTTAN FIGYELJÉK A SZIVATTYÚT. MEGNÖVEKEDETT A REZGÉSSZINTJE.

DIAGNÓZIS:

SÚLYOS SZIVATTYÚ ALAP LAZULÁSRA UTALÓ JEL

7.9436 (+6.9436) mm/s nél 1xP on 3A Alacsony tartományban
4.467 (+3.759) mm/s nél 1xP on 4A Alacsony tartományban
2.2388 (+1.9226) mm/s nél 1xP on 4R Alacsony tartományban
1.9953 (+1.8175) mm/s nél 1xP on 3R Alacsony tartományban
1.585 (+1.3338) mm/s nél 1xP on 4T Alacsony tartományban
0.8913 (+0.3901) mm/s nél 1xP on 3T Alacsony tartományban

SÚLYOS SZÖGBELI EGYTENGELYŰSÉG HIBA

7.9436 (+6.9436) mm/s nél 1xM on 3A Alacsony tartományban
1.9953 (+1.8175) mm/s nél 1xM on 3R Alacsony tartományban
0.8913 (+0.3901) mm/s nél 1xM on 3T Alacsony tartományban
0.7944 (+0.3963) mm/s nél 1xM on 2A Alacsony tartományban
0.708 (+0.3532) mm/s nél 1xM on 2T Alacsony tartományban
0.708 (+0.3099) mm/s nél 2xM on 3A Alacsony tartományban

SÚLYOS SZIVATTYÚ KIEGYENSÚLYOZATLANSÁG

7.9436 (+6.9436) mm/s nél 1xP on 3A Alacsony tartományban
4.467 (+3.759) mm/s nél 1xP on 4A Alacsony tartományban
2.2388 (+1.9226) mm/s nél 1xP on 4R Alacsony tartományban
1.9953 (+1.8175) mm/s nél 1xP on 3R Alacsony tartományban
1.585 (+1.3338) mm/s nél 1xP on 4T Alacsony tartományban
0.8913 (+0.3901) mm/s nél 1xP on 3T Alacsony tartományban

KÖZEPES NEM SPECIFIKÁLT SZIVATTYÚ VÉG PROBLÉMA VAGY ÁRAMLÁSI ZAJ

0.5012 (+0.4012) mm/s nél 20xP on 3T Magas tartományban
0.5012 (+0.4511) mm/s nél 30xP on 3A Magas tartományban
0.5012 (+0.25) mm/s nél 2.53xP on 4A Alacsony tartományban
0.3981 (+0.3757) mm/s nél 60xP on 3A Magas tartományban
0.3162 (+0.2531) mm/s nél 20xP on 3R Magas tartományban
0.3162 (+0.2807) mm/s nél 30xP on 3R Magas tartományban
0.1995 (+0.1597) mm/s nél 4.53xP on 4T Alacsony tartományban
0.1413 (+0.0705) mm/s nél 60xP on 4A Magas tartományban
0.0447 (+0.0092) mm/s Zajhátér 3A Magas tartományban
0.0355 (+0.0039) mm/s Zajhátér 3R Magas tartományban

KISMÉRTÉKŰ SZIVATTYÚ SZABAD VÉG LAZULÁS VAGY CSAPÁGY HÉZAG PROBLÉMA

1.9953 (+1.5972) mm/s nél 4xP on 4A Alacsony tartományban
0.5624 (+0.2805) mm/s nél 5xP on 4A Alacsony tartományban
0.5012 (+0.2773) mm/s nél 4xP on 4R Alacsony tartományban
0.3981 (+0.2859) mm/s nél 3xP on 4A Alacsony tartományban

0.3162 (+0.2271) mm/s nél 3xP on 4T Alacsony tartományban
 0.2512 (+0.1621) mm/s nél 3xP on 4R Alacsony tartományban
 0.1995 (+0.0736) mm/s nél 11xP on 4A Magas tartományban

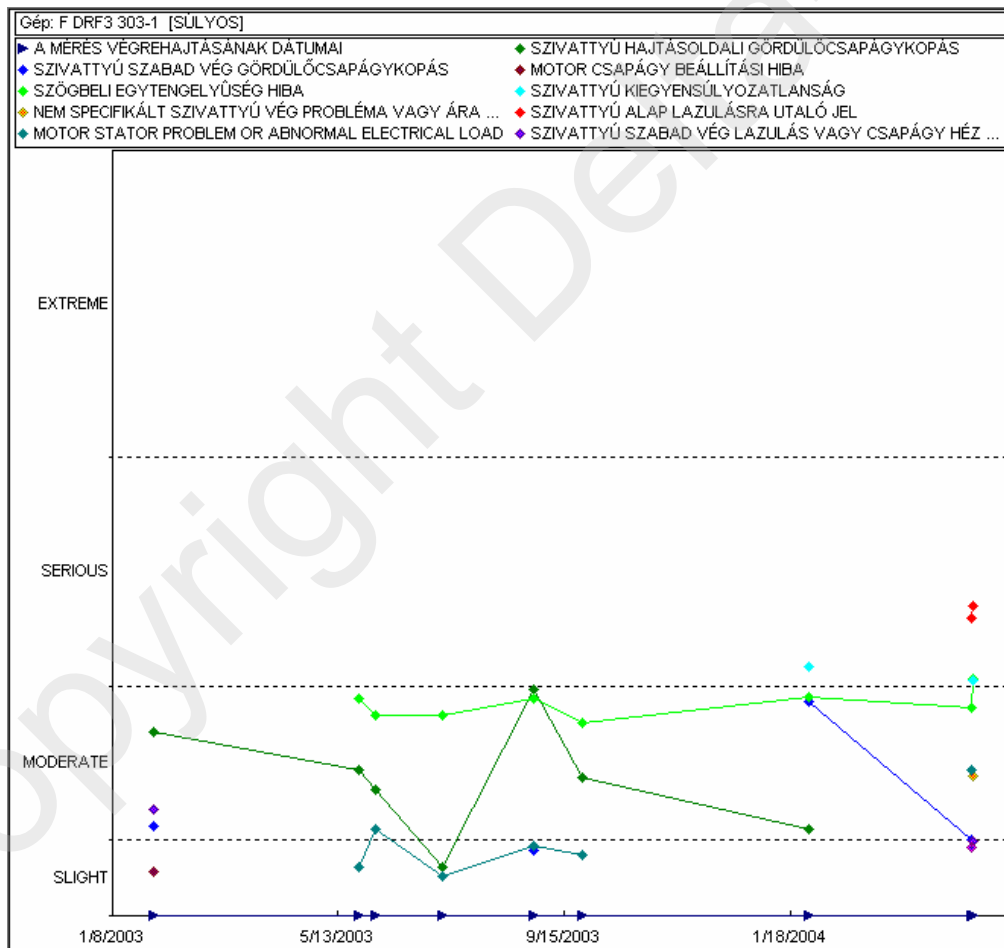
POZÍCIÓ FELIRAT

POZÍCIÓ 1 : BEARING, BEARING 1
 POZÍCIÓ 2 : BEARING, BEARING 2
 POZÍCIÓ 3 : BEARING, BEARING 3
 POZÍCIÓ 4 : BEARING, BEARING 4

RMS ÉRTÉKEK

KRITIKUS 1.17 mm/s nél 1A Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 0.98 mm/s nél 1R Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 1.14 mm/s nél 1T Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 1.02 mm/s nél 2A Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 1.00 mm/s nél 2R Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 1.28 mm/s nél 2T Alarm szint 7.10 mm/s
RIASZTÁS: 8.05 (+0.95) mm/s nél 3A
KRITIKUS 3.28 mm/s nél 3R Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 2.04 mm/s nél 3T Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 5.30 mm/s nél 4A Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 2.37 mm/s nél 4R Alarm szint 7.10 mm/s
KRITIKUS 2.17 mm/s nél 4T Alarm szint 7.10 mm/s

Vizsgált forgógép(9. ábra) hibatre ndje



A diagnosztikai szakértői jelentés diagnózisokat és karbantartási javaslatokat tartalmaz. Az 1-es mérőpont a motor végoldalán a csapágy közelében van, a 2-es mérőpont a motor kuplung feloldali oldalán a csapágy közelében található, a 3-as mérőpont a szivattyú kuplung feloldali oldalán míg a 4-es mérőpont a szivattyú végoldalán található. A gép állapot időbeni változása magához a gép „jó” állapotához történik (átlag:1). A jelentés nagymértékben segíti a helyes döntést, hibakeresést, és ezáltal csak a szükséges javítások elvégzésével költség hatékonyá teszi a karbantartást. A hibatrenden nagyon jól követhető a gép „életútja” vagyis hogy mérésről-mérésre milyen állapotban működik a forgógép, és hogy milyen hibatípusok alakultak ki rajta. Korábban a közepes hibatartományban jelentkeztek hibák, amelyek esetében csak egyszerűbb, könnyen elvégezhető javításokat érdemes elvégezni a gép rendelkezésre állása érdekében. Nagyon jól látható az utolsó mérésnél a súlyos tartományban egy kiugró hibatípus megjelenése. Ez a hibajelenség a jegyzőkönyvben feltüntetett RMS érték megnövekedésén is jól követhető.

A helyszínen, az ellenőrizhető hibák közül a gép állapotának romlását okozó alapperep repedést (11.ábra, 12. ábra) megtaláltuk. Ez a drasztikus hiba okozta az egytengelyűség hiba súlyosbodását és a szivattyú kiegyensúlyozatlanságot. A nem megfelelő rögzítés esetén, amely alpperep repedés formájában figyelhető meg, okozza a járulékos hibák megjelenését. A nagymértékű kiegyensúlyozatlanság és tengelykapcsoló beállítási hibák a motor alpperep repedéséhez vezettek, amelyet az alpperep megfelelő nyomatékkal történő meghúzása esetén vettünk észre. Ez az élő példa nagyon jól rámutat arra, hogy a gép állapotában történt drasztikus állapotváltozások járulékos hibákat okoznak a gépen, amelyeket minél gyorsabban ki kell javítani a gép minél hosszabb működésének fenntartása és az üzem rendelkezésre állása érdekében.



11. ábra



12. ábra

szivattyú alapkeret repedés utáni javítása hegesztéssel



13. ábra

alapcsavar törés utáni csavarcsere

A szivattyú alapkeret hegesztése (11. ábra), a motor alapcsavar cseréje (12. ábra), a gép egytengelyűség beállítása megtörtént. A szivattyú forgórész kiegyensúlyozatlanság járulékos hiba, amely hibatípus a fent említett javítások után megszunik. A gép javítás utáni ellenőrző mérése még nem történt meg, ugyanis a technológiai sorban egy másik üzem nagyleállása folyamatban van, amely miatt a vizsgált üzem csak egy később időpontban fog újraindulni, minőséget termelni.

Ezen gépállapot figyelés a forgógép diagnosztikai szakértői rendszer egyik Finomítói gyakorlati felhasználása volt. A diagnosztikai rendszer használatával a gépek kisebb -nagyobb mértéku meghibásodásai könnyen kiszűrhetőek, így időbeni karbantartással az üzemviteli problémák a minimálisra csökkenthetőek.

Az off-line forgógép diagnosztikai szakértői rendszer a stratégiailag fontos és melegtartalékkal 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.