

# KARBANTARTÁS – MEGBÍZHATÓSÁG – HATÉKONYSÁG NEMZETKÖZI KONFERENCIA

Veszprém, 2004. június 7.-9.

## REZGÉSDIAGNOSZTIKAI SZAKÉRTOI RENDSZERREL SEGÍTETT ÁLLAPOTFÜGGŐ KARBANTARTÁS MENEDZSMENT

Dr. NAGY ISTVÁN  
DELTA-3N Kft.

**KULCSSZAVAK:** karbantartás menedzsment, automatikus rezgésdiagnosztika, on-line szakértoi rendszer, információ elosztás

### BEVEZETÉS

A rezgésdiagnosztikai rendszerek hatékonyabbá tehetik a termelő cégeket és a termelésben résztvevő forgógépeket a karbantartási költségek csökkentésével, a megbízhatóság növelésével, az állásido csökkentésével és a hirtelen, nem tervezett, váratlan hibák miatti kiesések elkerülésével.

A gépek monitorozása révén Off-line és On-line Rezgésdiagnosztikai Szakértoi Rendszerekkel a karbantartás vezetése jobban tudja tervezni a javításokat és el tudja kerülni a katasztrófális gépmeghibásodásokat.

Az állapotfüggő karbantartáshoz szükség van korrekt, megbízható információkra a monitorozott gépekről. Nagy cégek esetén, melyek hatalmas mennyiségű forgógépet használnak a termelésben, óriási mennyiségű mérési adat gyűlik össze naponta, így alapvető fontossággal bír az olyan szakértoi rendszer használata, amely automatikus diagnosztikai elemző képességekkel rendelkezik. A döntés az Automatikus Diagnosztikai Szakértoi Rendszer off-line, vagy on-line verziójának használatával kapcsolatban a felügyelt berendezés termelésben játszott szerepétől függ.

Szerző röviden bemutatja a legfontosabb berendezésekhez alkalmazott on-line szakértoi diagnosztikai rendszerek fejlesztésének legfontosabb aspektusait. Ismertetésre kerülnek a szabály bázisú szakértoi rendszer főbb jellemzői, az on-line rendszerek legfontosabb tulajdonságai, valamint a felügyelt gépekről készített diagnózist és karbantartási javaslatot tartalmazó információ korszerű módszerekkel történő célba juttatásának módjai. Vázlatosan bemutatásra kerül két megvalósított on-line szakértoi felügyelő rendszer architektúrája a példa szintjén.

### AUTOMATIKUS REZGÉS ANALÍZIS

Napjainkban a vállalatvezetés általában figyelembe veszi az állapotfüggő karbantartás elveit, de nehézségekbe ütközik annak a hatalmas adatmennyiségnek a kezelése, amit az új generációs hordozható és on-line monitorozó rezgés-adatgyűjtő műszerek és rendszerek képesek naponta előállítani. A vállalatvezetés alapvető célja az adatok elemzése, azaz pontos, tömör megbízható gépállapot becslés.

Eloszor tisztázzuk a különbséget az adat és az információ között. Az adat értelmezésünk szerint számok és függvények halmaza, azaz RMS értékek, rezgési spektrumok, idolelek, valamint sávok és küszöbértékek, határérték túllépések, stb. Az információ az adatok szakértői kiértékelésével, analízisével, interpretációval keletkező eredmény, megállapítás a gép állapotára vonatkozóan. Az adatok érdekesek a rezgésdiagnosztikai szakemberek részére, míg a belőlük keletkezett információ az üzemeltető és a karbantartó szakemberek, valamint a vezetés számára, azaz mindenki más számára hasznos. Az információ nem más, mint a forgógép hibáinak neve, becsült nagysága, javaslat a karbantartási teendőkre és becslés a gép leállításának idejére.

A rendszeresen tesztelt gépek száma egy monitoring programban sok cégnél olyan nagyra nőhet, hogy a részletesebb vizsgálatot igénylő gépek mennyisége meghaladhatja a részletes gépállapot vizsgálatra képes szakemberek kapacitását. Ebben az esetben az állapotfüggő karbantartási program sikere erőteljesen függ az adatok feldolgozására képes szakértők számától, akik az adatok elemzésére képesek olyan szinten, hogy azok hasznosítható információt jelentsenek a gépek állapotát illetően, és nem függ az adatgyűjtésre alkalmas muszerezettségétől. Tehát a szakértők képessége, tapasztalata és száma a szűk keresztmetszet.

Ennek a problémának a megoldása a mért rezgési adatok elemzési folyamatának automatizálása számítógépes szakértői rendszer használatával.

A szakértői rendszer a forgógép diagnosztika területén a rezgésdiagnosztikai specialista és a karbantartó szakember tudásának számítógépes alkalmazását jelenti. A legtöbb szakértői rendszer a gépállapot diagnosztikában „előre láncolt” (forward chaining). Ez a legáltalánosabban használt módszer, melyben a szakértői szoftver lépésről lépésre halad interaktívan a számítógép és az elemző között a mért rezgési adatoktól, a szimptómáktól a gép mechanikai hibájára vonatkozó diagnosztikai konklúzió felé. A rezgésanalízisnek ez a módja lassú, nem hatékony, és nem alkalmas arra, hogy kezeljen, feldolgozzon és elemezzen nagy mennyiségű rezgési adatot.

Az ExpertALERT rezgésdiagnosztikai szakértői rendszer, melyet a DLI Engineering Corporation cég fejlesztett ki ([www.DLIengineering.com](http://www.DLIengineering.com), [www.delta3n.hu](http://www.delta3n.hu)), automatikusan működik a humán szakértővel való interaktív munkakapcsolat nélkül. Ez egy „visszafelé láncolt” (backward chaining) szabály-bázisú szakértői rendszer, amely nem igényli a szakértők közreműködését a rezgésanalízis folyamatában, tehát ez a típusú rendszer alkalmas az on-line folyamatos monitorozó feladat ellátására, on-line diagnosztikára és a gépek hibatörténetének követésére.

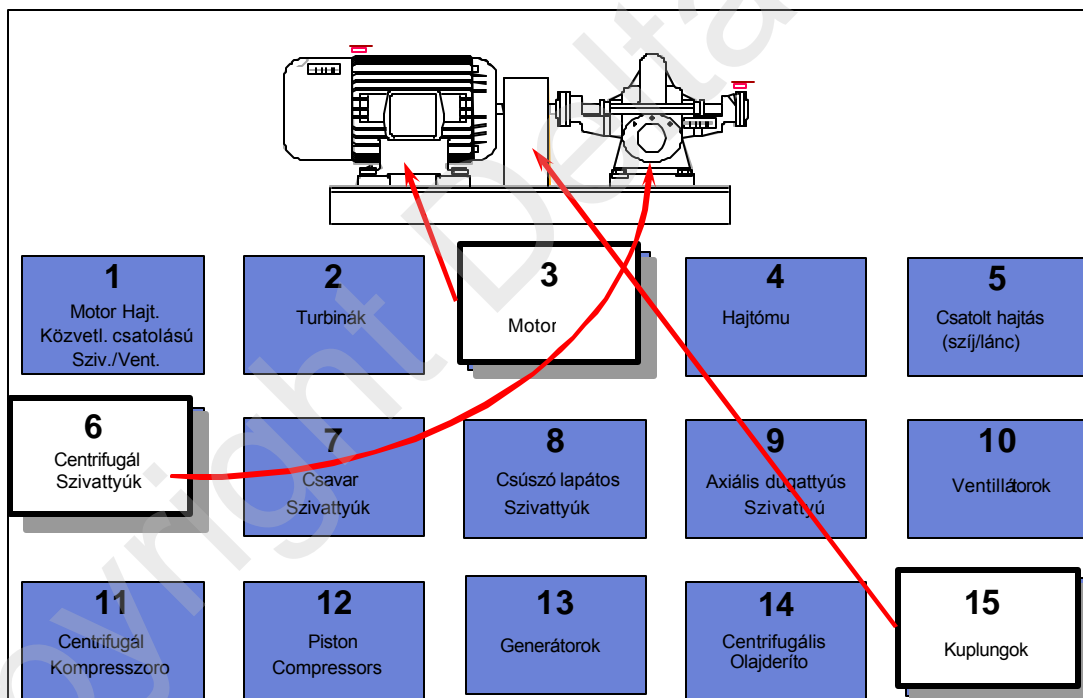
A rendszer a diagnosztikai kiértékelő munkához triaxiális rezgési adatokat használ, mivel a gépek mozgása térben zajlik, és a gépek dinamikájáról a teljes információt ez tudja megadni. Természetesen a rendszer fel van készítve a két-, illetve egyirányú mérések feldolgozására is, de az input-adatok csökkenésével az eredmények megbízhatósága is csökken.

Az ExpertALERT automatikus rezgésdiagnosztikai rendszer az adatelemzésnek ugyanazt a módszerét alkalmazza, mint a humán szakértő. A gép aktuális forgási sebességét egy automatikus csúcskereső algoritmus segítségével határozza meg a rendszer. Ez a spektrumok normalizálásához szükséges, ami elengedhetetlen a referencia adatokkal való automatikus összehasonlításhoz. A spektrumokban a fontos csúcspontokat 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) közti különbségek egy mátrixban kerülnek elrendezésre, ami a szakértoi rendszer inputja. A nem-szinkron csúcsokat, melyek csapágy tónus frekvencia csúcsok lehetnek, az ExpertALERT automatikusan keresi meg a spektrumokban. A Cepstrum analízis segítségével kerül meghatározásra, hogy a nem-szinkron csúcsok alkotnake harmonikus sorozatokat a spektrumokban, vagy van-e oldalsáv frekvencia sorozatuk, amely igazolja, hogy valóban csapágy tónusok. Az így kapott mátrix tartalmazza a spektrumokban lévo legtöbb információt hordozó adatot, és ez képezi a további diagnosztikai vizsgálatok alapját a szabály -bázisú kiértékelo modul inputjaként.

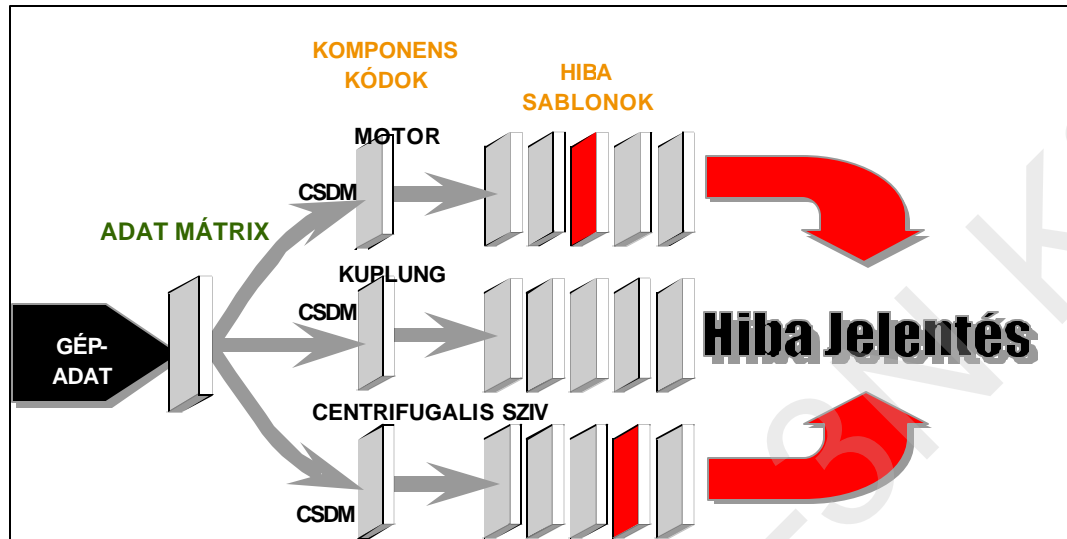
Az ExpertALERT komponens alapú megközelítést használ az automatikus analízishez, ami azt jelenti, hogy a rendszer az egész gépet úgy kezeli, mint komponensei összességét. Az analízis minden komponens (villanymotor, turbina, hajtómu, kuplung, kompresszor, szivattyú, stb.), mint részlegesen izolált gép vizsgálatával valósul meg, és azok a szabályok, illetve logikai függvények kerülnek kiértékelésre, amelyek az adott komponensre vonatkoznak. Ez a komponens orientált megközelítés teszi az ExpertALERT-et különösen hatékonyá és flexibilissé a gép konstrukciók széles skálájának kezelésére.

Az 1. ábra illusztrálja a komponens orientált megközelítést :



A meghatározott hiba nagysága az amplitúdók és az aktuális mérési értékek, valamint az átlag plusz szórás értékek különbségei alapján kerül kiszámításra az adott hibákhoz tartozó küszöbértékek ismeretében. A hibák nagyságát a „kismértéku”, „közepes”, „súlyos” és „extrém” jelzokkal jelöljük.

A 2. ábra az automatikus rezgésanalízis folyamatábráját mutatja:



A 3. ábrán egy hibajelentés látható, amit az ExpertALERT automatikus szakértői rendszer készített egy konkrét vizsgálat kapcsán:

**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**

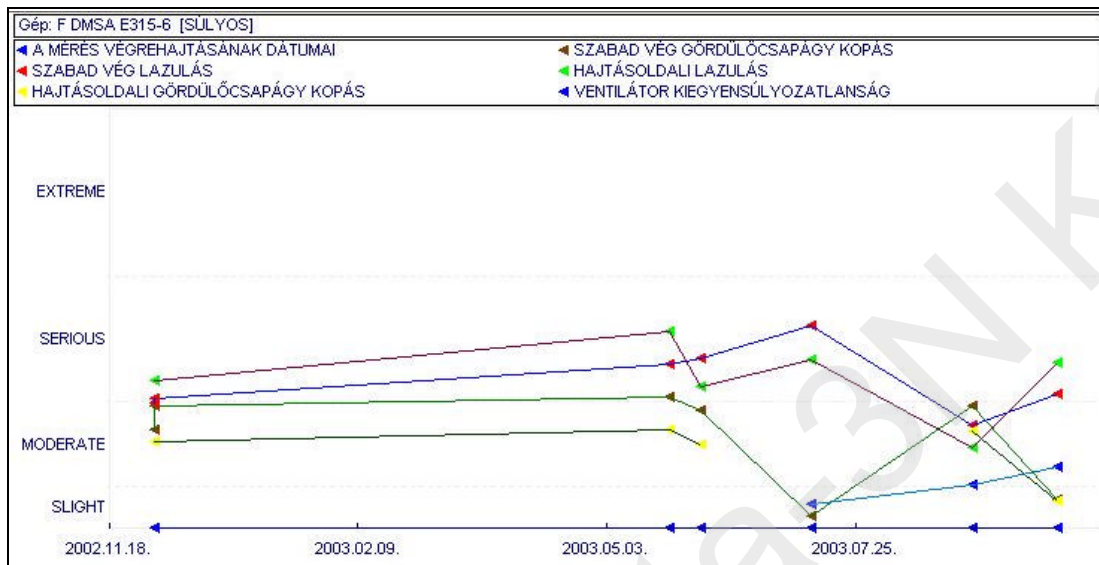
**RIASZTÁS: 4,81 (+0,31) mm/s nél 1A**  
 KRITIKUS 2,30 mm/s nél 1R Alarm szint 4,50 mm/s

**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

A visszafelé láncolt (backward chaining) rezgésdiagnosztikai szakértői rendszer lehetővé teszi felhasználói részére a forgógépek pontos ismételheto állapotbecslését, hiba-diagnózist és

karbantartási javaslatokat, valamint a problémamegoldásokat, erős támogatást biztosítva a rezgés vizsgáló szakemberek részére.

A 4. ábrán egy berendezés hiba-története látható:



## ON-LINE REZGÉSDIAGNOSZTIKAI SZAKÉRTOI RENDSZER

A karbantartás menedzsmént észére a leghatékonyabb módszer az on-line felügyelet, a szervezetben előállított összes helyszíni- és központi szakérto eredményeinek elérése, felhasználása. Az on-line szakértoi rendszerek távoli monitorozó képességekkel támogatják ezt a típusú munkát, feleslegessé téve a kézi mérési és elemzési feladatok megoldására tett erőfeszítéseket. Kisebb cégeknél feleslegessé teszi a nagy gyakorlattal és elméleti felkészültséggel rendelkező, drága szakértok folyamatos alkalmazását, nagy cégeknél lehetőséget ad egy központi szakértoi csoport kialakítására.

A megbízható szakértoi rendszer technológia szintén segíti az on-line felügyelő rendszerek bevezetését, melyek magára hagyhatók és némi felügyelet mellett maguk monitorozzák önállóan a fontosabb gépeket. A modern kommunikációs technológiák lehetővé teszik, hogy a monitorozó rendszerek figyelmeztessenek bárkit a probléma detektálását követően azonnal e-mail-en, személyi hívón, vagy egy távoli számítógép képernyőjén megjelenő üzenet formájában. A rendszer képes relé zárására, ami megszólaltat egy alarm hangjelzést, vagy villogtat egy fényjelet, vagy jelzést adhat egy irányító-felügyelő rendszernek. A diagnosztikai szakértoi rendszer elég pontos ahhoz, hogy a gép hibájának adott nagysága esetén informálja az érdekelt személyeket.

Egyéb szoftver-technológiai változások is lehetővé teszik az on-line felügyelet irányába való elmozdulást. Ez egyrészt a nyílt architektúrájú adatbázisoknak a megjelenésével (mint például az SQL Anywhere) és az olyan szabványok kialakulásával kapcsolatos, mint az OPC (OLE for Process Control) amely segíti az információk megosztását és integrációját különböző rendszer-platformok között.

A DCXO on-line rezgésdiagnosztikai rendszer több szoftver modulval rendelkezik melyek különböző funkciókat realizálnak. A fontosabbakat röviden ismertetjük.

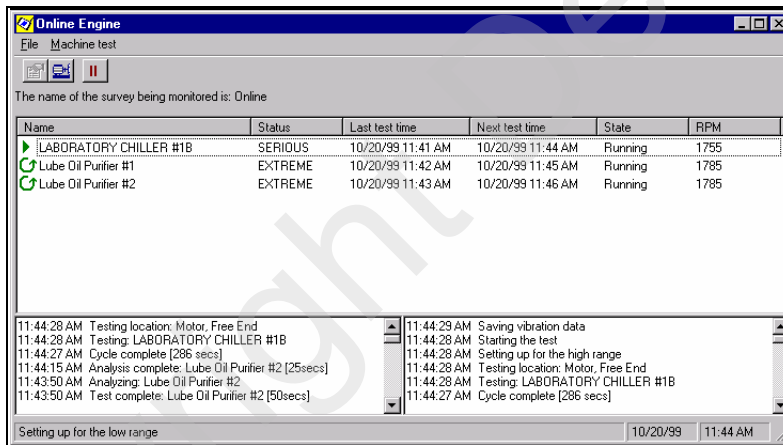
Az ExpertALERT szoftver használatos az adatbázis fejlesztésekre. Az MID (Machine IDentification – a vizsgálati modell), leírja az egyedi, felügyelt géptípusokat, és ebből származtatjuk le az egyedi gépeket. A survey (vizsgálati útvonul) ezt követően kerül felépítésre a gépek felhasználásával, amit a DCXO on-line rendszer felügyel. Ugyanezek a gépmodellek használatosak a részletes spektrális analízishez és a hosszú távú trend vizsgálatokhoz. Megjegyzések fűzhetők a vizsgálati jegyzőkönyvekhez és a szakértői rendszer eredményei részletesen megjeleníthetők.

A DCX On-line feldolgozza a rezgés- és a folyamat inputadatokat a gépek állapotának nagy pontosságú meghatározásához:

- A hibahiány meghatározásának pontossága 99%
- A korrekt hiba típus meghatározásának pontossága 96%
- A korrekt hiba nagyság meghatározásának pontossága 89%

Az OnlineEngine az on-line rezgésdiagnosztikai rendszer legfontosabb szoftverkomponense. Ez végzi az adatgyűjtést, és a mért adatok elemzését igénybe véve az ExpertALERT szabálybázisát a lehetséges géphibák feltárásához, majd tárolja az eredményeket az adatbázisban. Az egyik gépet a másik után vizsgálja, majd a ciklus végére érve elöl kezd a munkát.

Az 5. ábrán látható az On-lineEngine képernyője.



Az InfoServer felel az összes információ kezeléséért, és eljuttatásáért azokhoz a felhasználókhöz, akiknek szükségük van rá, függetlenül attól, hogy hol van a telephelyük, vagy irodájuk. Az InfoServer és az OnlineEngine között folyamatos kommunikációs kapcsolat van. A két utóbbi szoftver

egy számítógépen szokott működni, de bárhol működhetnek egymástól távoli számítógépeken is a hálózaton. Ilyenkor a DCOM-on (Distributed Component Object Model) keresztül tartják a kapcsolatot. Az OnlineEngine felhasználói interfésze, amely a felügyelt gépek listáját jeleníti meg, azon a számítógépen érhető el, amelyiken maga a szoftver működik. Az OnlineMimic szoftver segít a fenti képernyő elérésében a hálózat más számítógépeiről.

A felhasználót a rendszer akkor informálja, ha a felügyelt gép állapota megváltozik, például közepes nagyságú hibáról súlyosra. Arra az esetre is számítva, hogy a felhasználó nem tudja valamilyen oknál fogva az e-mailjét elolvasni, amint az megérkezik, a PersonalAdviser nevű program segíthet.

A DCX Online rendszer hatalmas mennyiségű adat összegyűjtésére képes, de a számítógépek tárolási kapacitása korlátozott. A DataManager nevű program használatos az adatmennyiség

szukítésére. Meghatározhatjuk, hogy milyen időszakra mennyi adatot kívánunk megtartani (pl. minden adatot az utolsó 24 órából, vagy óránként egy adatot az utolsó hétrol, stb.).

Az OnlineStatrup szoftver modul elindítja az összes szoftverkomponenst, és az OnlineMinder figyelőket, hogy rendben üzemelnek-e. Az OnlineStartup konfigurálható, hogy elindítsa az on-line rendszer minden szoftverkomponensét a megfelelő sorrendben, a megfelelő késleltetéssel, megbizonyosodva arról, hogy egy feszültségkiesés, vagy egyéb ok folytán bekövetkező leállítás után a teljes rendszer regenerálódik, és megfelelően folytatja a monitorozást.

A DCX Online rezgésdiagnosztikai rendszert úgy fejlesztették, hogy képes legyen kontaktusok zárására, vagy használjon egy relé kapcsolót a felhasználó kritériumainak megfelelően. Ez lehetővé teszi, hogy a rendszer hang- vagy fényjelzést adjon, esetleg egyéb beavatkozást kezdeményezzen egy gép állapotának megváltozásakor. Az ADAM-4060 relé egy olyan opcionális hardver egység, amely soros porton keresztül számítógéphez kapcsolható. A RelayManager kezdeményezheti a relé kapcsolását, ha a gép állapota változik. A RelayManager szoftver installálható a hálózat bármelyik számítógépére.

## AZ INFORMÁCIÓ ELOSZTÁSA

Az ExpertALERT Enterprise és a DCX Online tartalmazza a NetCast HTML Server nevű szoftvert és az InfoServer-t. Ezek a szerverek dinamikus honlapokat generálnak, ami tartalmazza a gyár összes felügyelt gépének weboldalát a következő információkkal:

- A gép aktuális állapota,
- A vizsgálat dátuma és ideje,
- Diagnosztikai eredmények, és a vizsgálatot végző szakember megjegyzései,
- Karbantartási javaslatok.

A honlapok elérhetők a vállalati hálózat összes számítógépéről, vagy automatikusan átküldhetők egy biztonságos helyre az Internet-en. Az Index oldalak tartalmazzák a gyár, a terület és a gép információit éppúgy, mint a felhasználó specifikus géplistákat.

A 6. ábrán látható a Netcast képernyője. Az egyik linkre kattintva a megfelelő weboldal elérhetővé válik.

Az InfoServer szintén előállít egy ASD (Active Server Documents) interfészt, így bármilyen Internet böngésző használatával az információ megjeleníthető és majdnem real-time módon követhetők a DCX Online rendszer eredményei.



Az ExpertALERT Enterprise és a DCX Online InfoServer-e konfigurálható az automatikus e-mail-ek küldésére a megfelelő felhasználók számára, amikor egy gép állapota megváltozik (pl. közepesről súlyosra), amikor

bármilyen szakértoi tevékenység volt egy géppel kapcsolatban, például egy új méréshez a szakérto megjegyzést fuz.

Amikor az állapot status megváltozik, a DCX Online kapcsolatba lép a cég üzemelteto- és karbantartó személyzetével, muszaki szakemberekkel, vezetokkal és leírja a problémás gép muszaki állapotát.

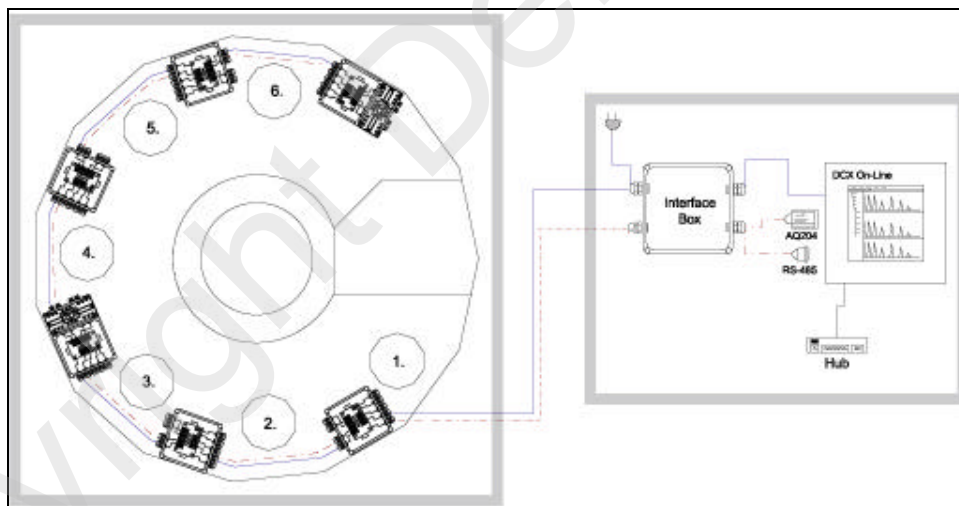
A DCX Online egyszeru nyelven kommunikál. A figyelmezteto e-mailek, üzenetek és dinamikus weboldalak könnyen elérhetok és érhetok a vállalat szakemberei részére. Hálózatra kötve, a DCX Online figyelmeztetést küldhet bármilyen munkaállomásra vagy vezénylobe, muszarterembe, kijelezve, hogy melyik forgógépnek van szüksége fokozott figyelemre.

### **FKSZ ON-LINE MONITOROZÓ RENDSZER A PAKSI ATOMEROMUBEN**

A Fo Keringteto Szivattyúk (FKSZ) a Paksi Atomeromu primerkörében nagyon fontos gépek az energiatermelés szempontjából. A muszaki szervezet döntést hozott egy DCXO on-line automatikus rezgésdiagnosztikai rendszer installálására az FKSZ-ek folyamatos monitorozása érdekében. Minden reaktorblokkon hat szivattyú van.

Az FKSZ-ek vertikális centrifugális szivattyúk 1,5 MW-os villamos teljesítménnyel. Minden motor -kuplung-szivattyú egységre 3-3 triaxiális érzékelo került elhelyezésre.

A 7 ábra egy reaktor egység felügyelo rendszerének sémáját mutatja:



### **ON-LINE AUTOMATIKUS REZGÉSDIAGNOSZTIKAI RENDSZEREK A MOL DUNAI FINOMÍTÓJÁBAN**

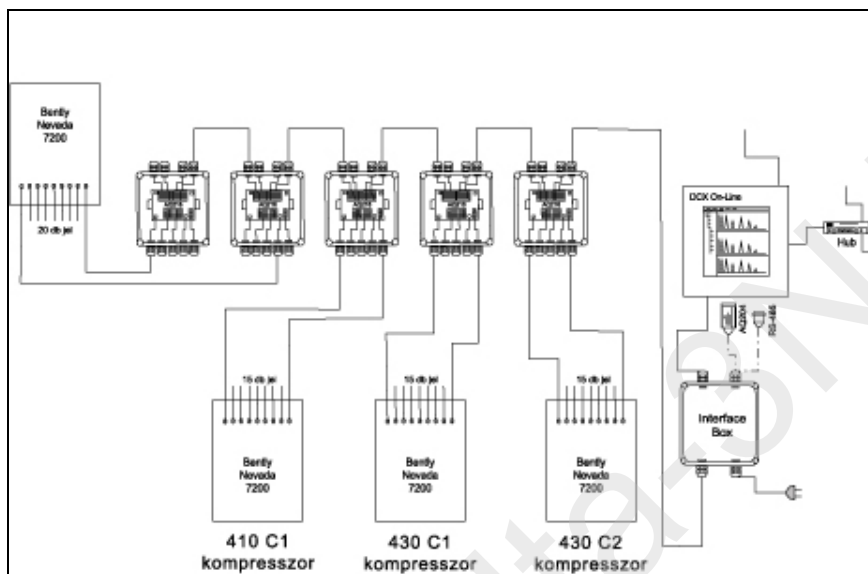
A MOL Dunai Finomítójában a Delta-3N Kft kiépített, installált és üzembe helyezett egy off-line rezgésdiagnosztikai szakértoi rendszert 1750 forgógép felügyeletére ( [www.delta3n.hu](http://www.delta3n.hu) )

Ugyancsak installáltunk a finomító három üzemében három DCXO on-line rezgésdiagnosztikai rendszert. Ezek a rendszerek (gazdaságossági megfontolásból) a már üzemelo Bently Nevada on-line rezgésvédelmi (diagnosztikai elemzéseket nem végzo) rendszerek jeleit használja. A DCXO rendszerek automatikus diagnosztikai képességekkel



rendelkeznek, folyamatos információt adva a kiemelt fontosságuk miatt felügyelt gépek állapotáról.

A 8 ábra a három üzemelő DCXO egyikének elvi sémáját mutatja:



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szerző köszönetet mond Kiss Gábornak, a Paksi Atomeromu Diagnosztikai Csoportja vezetőjének a szakmailag elkötelezett, segítőkész munkájáért és az együttműködésért.

Szerző hálával tartozik Kovács Sándornak, a MOL Dunai Finomító karbantartás vezetőjének, aki döntésével és a korszerű állapotfüggő karbantartás kialakítását segítő szemléletével lehetővé tette az ismertett technológia bevezetését legnagyobb hazai vállalatunkhoz. Köszönet illeti Balla Tamás és Ilyi János urakat, akik a finomító Muszaki Felügyeletének vezetőiként és személyes mérnöki, szakmai indíttatásuk révén nagy segítségére voltak a szerző által vezetett csapatnak a projekt megvalósítása során. Szerző külön köszönetet mond Hortobágyi Tímea projektvezetőnek, Kurucz Botond és Bereznai Gábor mérnököknek a rendszerek megvalósítása idején nyújtott segítségükért.

## HIVATKOZÁSOK

[1] István Nagy, Predictive Maintenance of Rotating Machinery in NPP “Paks” Based on Vibration Diagnostic Expert System, The Fifth International Congress on Sound and Vibration, University of Adelaide, Adelaide Australia, December 15-18, 1997.

[2] Dr. István Nagy, Rezgésdiagnosztikai Szakértői Rendszer az Állapotfüggő Karbantartásban (Vibration Diagnostic Expert System in the Predictive Maintenance) Országos Karbantartási és MunkaBiztonsági Konferencia és Kiállítás (National Conference and Exhibition on Maintenance and Operation Safety) Hungary, Nyíregyháza, 2000. június 28-30., June 28-30. 2000.

[3] István Nagy, Károly Súlyomvári: Application of Vibration Diagnostic Expert System at Refinery (Aplikacia expertného systému vibracnej diagnostiky v rafinerii) Národné Fórum Údržby 2003, Vysoké Tatry, Slovensko.

[4] Dr. Nagy István, Kiss Gábor, Dr. Súlyomvári Károly: Rezgésdiagnosztikai Szakértői Rendszer Alkalmazásának Néhány Eredménye. (A Few Results of the Application of Vibration Diagnostic Expert System) IX. Nemzetközi Konferencia és Szakkiállítás a

- Karbantartás Legáltalánosabb Irányzatairól. (IX. International Conference and Exhibition on General Trends of Maintenance) DIAGON'99 Hungary, Siófok, 1999. március 9-11.
- [5] William A. Watts Triaxial Vibration Spectral Data - An Important Ingredient for Proper Diagnosis DLI Engineering. [www.DLIengineering.com](http://www.DLIengineering.com)
- [6] Dean Lofall, Information Everywhere – Connectivity is the Future of Predictive Maintenance, DLI Engineering. [www.DLIengineering.com](http://www.DLIengineering.com)
- [7] Jason Tranter Information and Power in your Hands; Data Collectors Meet Mobile Computing, DLI Engineering, [www.DLIengineering.com](http://www.DLIengineering.com)
- [8] Alan Friedman Benefits of an Expert Automated Diagnostic System, DLI Engineering, [www.DLIengineering.com](http://www.DLIengineering.com)
- [9] Dr. István Nagy, Dr. Károly Sólyomvári Presentation of On-line Vibration Diagnostic Expert Systems International Conference “National Forum on Maintenance 2004” 24-25 May 2004, Vysoké Tatry, Slovakia
- [10] Tímea Hortobágyi, Botond Kurucz Forgógép diagnosztikai rendszer a MOL Rt. Finomítás területén I. MOL Szakmai Tudományos Közlemények 2003/2.
- [11] Gábor Bereznai, Tímea Hortobágyi, Botond Kurucz Forgógép diagnosztikai rendszer a MOL Rt. Finomítás területén II. MOL Szakmai Tudományos Közlemények 2004.
- [12] Gabor Kiss Diagnostics in NPP Paks, World Association of Nuclear Operators (WANO) Workshop-2004, Kiev, Ukraine, 19-23. 04. 2004.

#### **A SZERZO**

Dr. Nagy István  
műszaki tudományok kandidátusa,  
ügyvezető  
DELTA-3N Kft.,  
7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2.  
Tel.: 75/510-115, Fax: 75/510-114  
E-mail: [drnagy@delta3n.hu](mailto:drnagy@delta3n.hu),  
Honlap: [www.delta3n.hu](http://www.delta3n.hu)