

E-MAINTENANCE TANÁCSADÓ RENDSZER FELÉPÍTÉSE ÉS EREDMÉNYEI A FORGÓGÉP ÁLLAPOTFELÜGYELET TERÜLETÉN

INTRODUCTION OF E-MAINTENANCE SYSTEM AND IT'S RESULTS IN THE FIELD OF MACHINE CONDITION MONITORING

*Baksai Gábor mérés- és laborvezető
Kungl István informatikus
Dr. Nagy István ügyvezető
Pap Norbert vezető diagnosztika*

Delta-3N Kft.
H-7030 Paks, Jedlik Ányos u. 2.
e-mail: drnagy@delta3n.hu

Abstract

This article introduces the Pdm&RBM Advisory System developed and operated by Delta-3N Ltd. This system is capable of storing and evaluating results of complex diagnostic inspections. The main goal of this development was to create an opportunity for companies, who can not invest in expensive diagnostic equipments, to get information about their machines for Predictive Maintenance and Risk Based Maintenance decisions, by using it as a service

Bevezetés

A cikkben ismertetjük a Delta-3N Kft. által kifejlesztett, és egy központi szerveren üzemeltetett PdM&RBM tanácsadó rendszer felépítését, működését.

Ez a rendszer komplex diagnosztikai vizsgálatok eredményeinek tárolására és együttes kiértékelésére alkalmas. Létrehozásának célja az volt, hogy azon piaci szereplőknek, akik nem kívánnak az állapotfelügyelet területén beruházni, lehetőségük legyen információik igénybevételére forgógépeik állapotfüggő és kockázat alapú karbantartásához; mindezt szolgáltatás, és nem beruházás keretében.

Ismertetésre kerül a különböző cégeknél megvalósított szolgáltatás néhány eredménye.

E-maintenance – elektronikus karbantartás

Felgyorsult digitalizált világunkban egyre nagyobb információ mennyiséggel, és folyamatosan növekvő adathalmazzal találjuk szembe magunkat. Ez igaz az élet szinte minden területére, az ételek kiválasztásától a pihentető időöltés megválasztásáig.

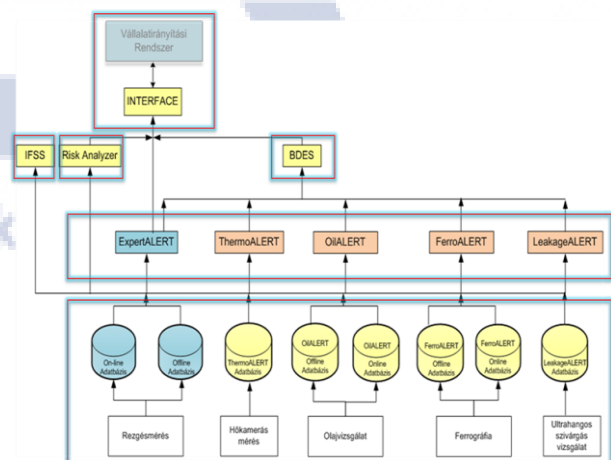
Természetesen így van ez a karbantartás területén is. A folyamatosan fejlődő műszerek, mérési technológiák, a folyamatosan növekvő tudás- és adatbázis több feladattal

látja el a karbantartókat. Ezzel párhuzamosan a karbantartás menedzsmentnek is egyre több információra, statisztikára van szüksége.

Ezekhez a feladatokhoz nyújtanak segítséget a különböző karbantartást segítő rendszerek és hálózati szolgáltatások.

A Delta-3N Kft által kifejlesztett PdM&RBM integrált karbantartást segítő tanácsadó rendszer egy kiemelkedő szoftvercsomag, amely alkalmas a különböző vizsgálati eredmények együttes megjelenítésére, statisztikák készítésére, a kockázat alapú karbantartási rendszer bevezetésére, valamint a vállalat irányítási rendszerrel való kommunikációra.

PdM&RBM tanácsadó rendszer felépítésének rövid bemutatása



1. Ábra: A kialakított szoftverrendszer vázlata

A szoftverrendszer kifejlesztésének célja, hogy a PdM&RBM Remote szolgáltatási csomagok keretében segítséget nyújtsunk az állapotfüggő karbantartás és a

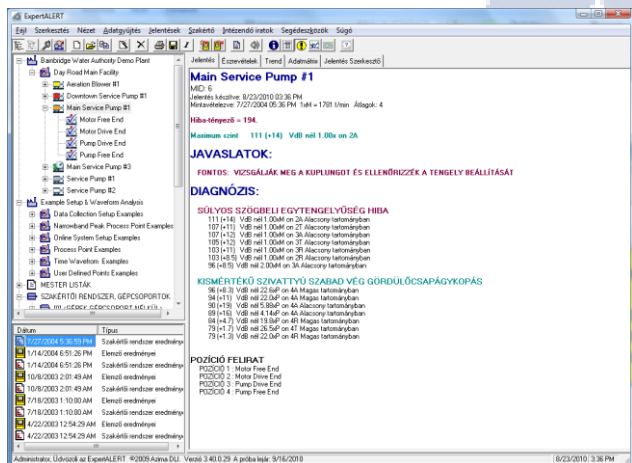
kockázat alapú karbantartás bevezetéséhez, gyakorlatához.

A rendszer felépítése hierarchikus szerkezetű, amely a különböző mérési és vizsgálati technológiákra, azok adatbázisaira épül. Minden mérési adatot feldolgozunk az adott technológiához tartozó szakértői szoftverben, majd a kapott információikat különböző további feldolgozó felületeknek továbbítjuk, mint a BDES- integrált megjelenítő felület, IFSS- információs és statisztikai modul, Risk Analyzer- kockázat elemző szoftver.

Végül pedig a kapott teljes eredményt interfészen keresztül a vállalatirányítási rendszerhez kapcsoljuk.

ExpertALERT – rezgésdiagnosztikai szoftver

A teljes rendszer alapvetően az ExpertALERT™ nevű rezgésdiagnosztikai szakértői szoftverre épül. Ez az egyetlen szoftver, amely más fejlesztő (AzimaDLI) technológiája.



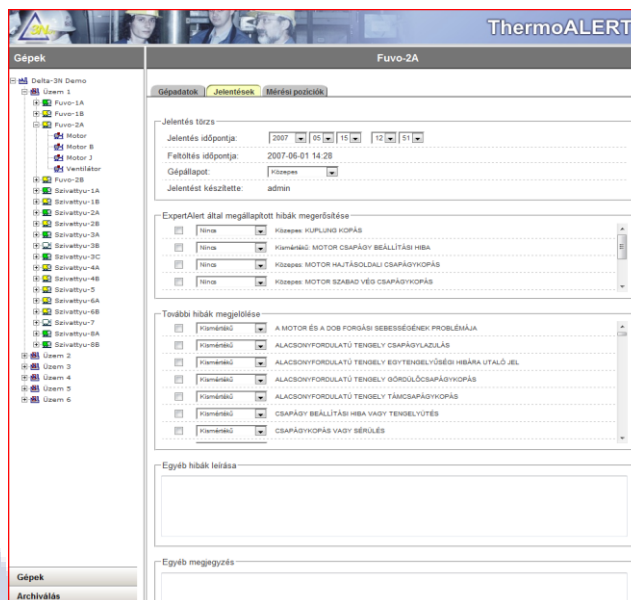
2. Ábra: Az ExpertALERT szoftver jelentése

Az ExpertALERT™ szoftver egy belső szabálybázissal rendelkező, mesterséges intelligencia alapú diagnosztikai rendszer. Ennek segítségével átlátható a nagy adatmennyiség és a vizsgálatok középpontjába a berendezés állapota kerül. A szoftver képes másodpercek alatt analizálni a mérési adatokat és egy tömör jelentést készít, amely tartalmazza a gép hibáinak listáját, a hibák súlyosságát, és a javaslatlétét.

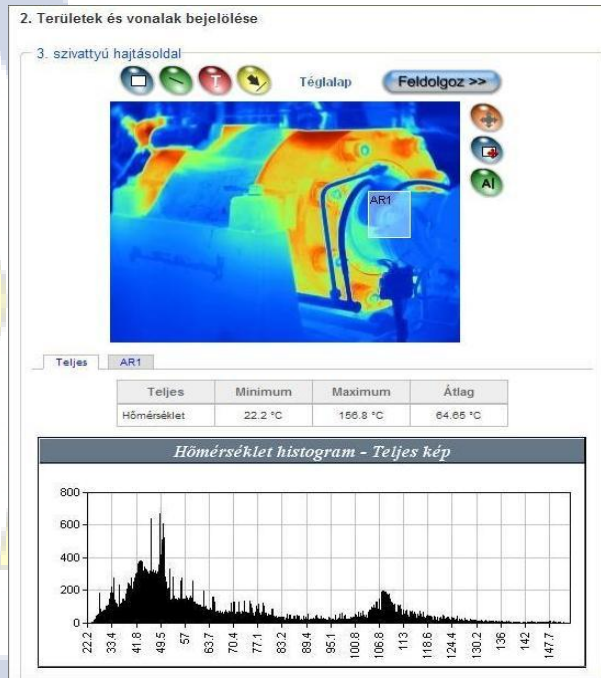
ThermoALERT – termográfiai kiértékelő szoftver

A ThermoALERT szoftver alkalmas a termográfiai felvételek elemzésére, jelentések készítésére, adatok visszakeresésére, illetve hőmérséklet trendek készítésére. A ThermoALERT saját önálló adatbázissal rendelkezik, ugyanakkor csatlakozik az ExpertALERT adatbázisához is. A rezgésdiagnosztikai vizsgálat által feltárt hibák megerősíthetők a termográfia segítségével. Egy automatikus jelentés készítő funkció is elérhető, melynek segítségével a hasonló termográfiai felvételek elemzése, kiértékelése gyorsabban elvégezhető.

A szoftver tartalmazza a fontosabb szerkesztési funkciókat, úgy mint pont-, vonal-, terület kijelölés, min-max-átlag hőmérséklet megjelenítés, hőmérsékleti hisztogram készítés.



3.Ábra: ThermoALERT-felület a hibák megállapítására



4. Ábra: ThermoALERT-szerkesztési funkciók

A szoftver fontos funkciója még a sablon készítés, amelynek jelentősége, hogy az azonos beállítású képeken kijelölt területek, pontok hőmérséklet változása trendelhető.

OilALERT – olajvizsgálati kiértékelő szoftver

Az OilALERT szoftver fő funkciója az olajvizsgálati eredmények strukturált tárolása, megjelenítése, belőlük statisztikák, trendek készítése. A szoftver nem csupán tárolja az adatokat, de elemzés készítésére is lehetőség van, figyelve az esetleges határérték túllépésekre.

Egységek leírása?		MEG
Olaj termelés		1000
Rögzítés		25000
Referenciakód		25000
Olaj tisztítás (Zsírmentesítés)		
Eredmények:		
Ag tartalom (mg/kg)	<1	
Ba tartalom (mg/kg)	<1	
Ca tartalom (mg/kg)	2367	
Cu tartalom (mg/kg)	<1	
Pb tartalom (mg/kg)	<1	
SiO tartalom (mg/kg)	159	
SiO tartalom (%)	2,9221	
K tartalom (mg/kg)		
Kristallin viskozitás 100 C (mm²/s)	12,7	
Kristallin viskozitás 40 C (mm²/s)	127	
κ tartalom (mg/kg)	<1	
Ng tartalom (mg/kg)	57	
Ni tartalom (mg/kg)	2	
Na tartalom (mg/kg)	1	
P tartalom (mg/kg)	779	
Ph tartalom (mg/kg)	5	
Ph tartalom (%)	11988	
Bevadás (mg KO2/kg)	1,86	
S tartalom (mg/kg)	4	
S tartalom (%)	<1	
V tartalom (mg/kg)	<1	
V tartalom (%)	<1	
Nyújtás (mm)	164	
Nyújtás (barrel)	6	
Zr tartalom (mg/kg)	1179	

5. Ábra: OilALERT-összetevők vizsgálata, határértékek

FerroALERT – ferrográfiai kiértékelő szoftver

A FerroALERT tárolja a ferrogramok vizsgálatok eredményeit és lehetőséget biztosít további vizsgálatokra, valamint jelentések készítésére. Lehetőség van a rezgésdiagnosztikai vizsgálatok által feltárt hibák megerősítésére a kopadék vizsgálat alapján. A vizsgált paraméterek trendanalízisével nyomon követhető a hibák fejlődése.

Műszaki hely: Fuvo-1A
 Mérés pozíció: Hajtómű
 Jelentés készítésének dátuma: 2007-02-20
 Szakértés (FerroALERT) időpontja: 2009-11-26 12:52
 Gép állapota a jelentés időpontjában: EXTREM
 Jelentés készítője: admin
 Jelentést módosította: admin

DIAGNÓZIS:

KÖZEPES: FŐ FOGASKERÉKTÁTELŐ PROBLÉMA VAGY KOPÁS (megerősített)
 KÖZEPES: HAJTÓMŰ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS (megerősített)
 SÜLYOS: HAJTÓMŰ BEMENŐ TENGELY HAJTÓ FOGASKERÉK PROBLÉMA (megerősített)
 EXTREM: HAJTÓMŰ BEMENŐ TENGELY LAZULÁS VAGY HAJTÓFOGASKERÉK SÉRÜLÉS (megerősített)

MEGJEGYZÉS:

A fekete oxidok jelenléte elégtelen kérésre utal. Valószínűsíthető okok/források: nem megfelelő olaj típus, elégtelen olaj film, elégtelen kenőolaj mennyiség, elzáródott olaj vezeték, túltérhelés, vagy túlmelegedés. Réz kopási részecskék jelenléte mutatható ki.

WEARCHECK JELENTÉS

Mintaétel dátuma:	2007-02-10
Minta bevitelének időpontja:	2007-02-19
Jelentés időpontja:	2007-02-20
Olajcsera dátuma:	1626
Műszakid:	10000
Referenciakód:	504633
Min. korlát:	

Eredmények:

Magnézium	Mérsék	Max. méret	Elem
Paraszitos kopás	4	20-50	
Fekete oxid	2	200-100	
Normál korrosziós kopás	3	2-3	
Nemvasztalmas részecskék			
Réz	1	20-50	
Szennyezők			
Képek:			

Black Oxide
 Photo @ 400x, Scat. 19x

6. Ábra: FerroALERT jelentés

LeakageALERT – szivárgás vizsgálati kiértékelő szoftver

A LeakageALERT feladata, hogy a forgógépekről készített szivárgásvizsgálati jelentéseket egy központi adatbázisban tárolja, és hogy ezekből statisztikákat, trendeket készítsen.

A szoftver használatával lehetőség nyílik a szivárgásvizsgálatok eredményeinek összevetésére más diagnosztikai eljárásokéval.

LeakageALERT

Fuvo-1B

Gépek: Delta-3N Demo

2009-10-04 REVENDES (leállítás: 2009-10-04 12:44)
 2009-10-10 KÖZEPES (leállítás: 2009-10-26 23:17)

GYORS JELENTÉS

DIAGNÓZIS:
 NISMERTEKŰ, NEM SPECIFIKÁLT HALTOMÓ PROBLÉMA (megerősített)

Műszaki hely: Fuvo-1B
 Mérés pozíció: testloc
 Jelentés készítésének időpontja: 2009-10-10
 Szakértés időpontja: 2009-10-26 23:17
 Gép állapota a jelentés időpontjában: KÖZEPES
 Jelentés készítője: admin
 Jelentést módosította: admin

DIAGNÓZIS:
 NISMERTEKŰ, NEM SPECIFIKÁLT HALTOMÓ PROBLÉMA (megerősített)

SZIVÁRGÁS MÉRÉSI EREDMÉNY

Mérés időpontja:	2009-10-10
Mérés gép neve:	180001 SZEQUENTIA P000
Mérés értéke (ppm):	233
Szivárgás mértéke:	Észtelhető szivárgás

7. Ábra: LeakageALERT jelentés

IFSS™ - Information & Fault Statistics - Információs és hiba statisztikai szoftver

Az IFSS™ (Information and Fault Statistics System) a Delta-3N Kft. által kifejlesztett web alapú szoftver, amely az egyik leghatékonyabb és leg költségkímélőbb módja annak, hogy a fontos információk eljussanak a szükséges felhasználókhoz. A felhasználók hozzáférnek az automatikus szakértői jelentésekhez, a gépek trendjeihez, valamint a rezgésadatokhoz egy hagyományos web böngészőn keresztül. A replikációs technológia segítségével az egyes kiszolgáló gépek szinkronizálhatnak a központi szerveren lévő adatbázissal, így folyamatos az adatfrissítés. Az aktív szerver adatbázisa elérhető a weben keresztül, ezáltal tetszőleges számú hozzáféréssel rendelkező felhasználó kérheti le az információkat anélkül, hogy saját szoftvert kellene vásárolnia.

Information & Fault Statistic System

Szivattyú-4B

Gépek: Delta-3N Demo

2007-02-28 13:22:03 - Szakértői eredmény
 2007-02-14 10:15:07 - Szakértői eredmény
 2007-01-16 15:31:28 - Szakértői eredmény
 2006-05-11 09:04:12 - Szakértői eredmény
 2006-03-08 11:39:27 - Szakértői eredmény

GYORS JELENTÉS

JAVASLATOK

FONTOS: FIGYELJÉK A MOTORT. MEGNÖVEKEDT A REZGÉSINTENZIÓ A SZARV VÉG CSAPÁGYON
 FONTOS: CSERÉLJÉK KI A SZIVATTYÚ CSAPÁGYAKAT, VÉGEZZÉK EL AZ OLAJCISÉRT

DIAGNÓZIS:

- SÜLYOS SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS
- SÜLYOS MOTOR SZARV VÉG GÖRDÜLŐCSAPÁGY DEFORMÁCIÓ
- ISMERTEKŰ MOTOR CSAPÁGY BEÁLLÍTÁSI HIBA
- ISMERTEKŰ SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY JELENTŐS DEFORMÁCIÓ
- ISMERTEKŰ MOTOR HAJTÓTENGELŐ GÖRDÜLŐCSAPÁGY DEFORMÁCIÓ
- ISMERTEKŰ FÁRMAGASZÁS EGYTENGELYES HIBA

Szivattyú-4B
 Jelentés készítője: 2/6/2008 12:28 PM
 Műszakid: 313/2007 01:25 PM 1dM = 2948 (min Átlagok: 7)

Hiba-kódok = 306

Maximum szert 4.2 (120%) mm/s-nél 2.65x on 1T

JAVASLATOK:

FONTOS: FIGYELJÉK A MOTORT. MEGNÖVEKEDT A REZGÉSINTENZIÓ A SZARV VÉG CSAPÁGYON
 FONTOS: CSERÉLJÉK KI A SZIVATTYÚ CSAPÁGYAKAT, VÉGEZZÉK EL AZ OLAJCISÉRT

DIAGNÓZIS:

SÜLYOS SZIVATTYÚ GÖRDÜLŐCSAPÁGY KOPÁS
 1.8 (657%) mm/s-nél 8.78xP on 3T Alacsony tartományban
 0.82 (224%) mm/s-nél 35.5xP on 3R Magas tartományban
 0.53 (33%) mm/s-nél 4.39xP on 3T Alacsony tartományban
 0.43 (28%) mm/s-nél 26.3xP on 3R Magas tartományban

8. Ábra: IFSS jelentés

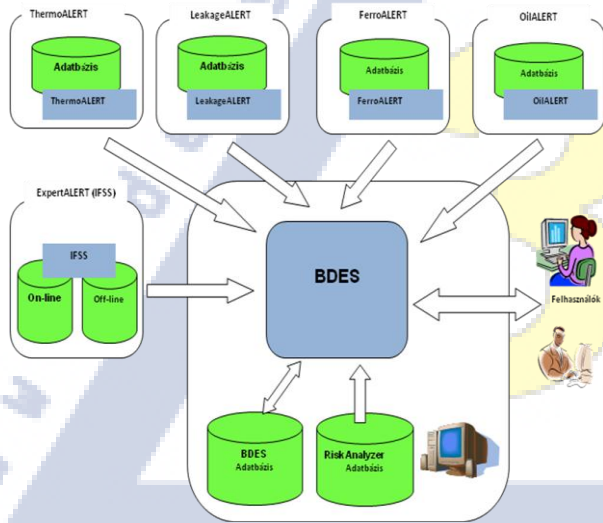
Az IFSS segítségével a központi karbantartási szervezet statisztikai elemzéseket készíthet a hibák előfordulásáról különböző módokon. Lehetőség van gép, üzem, vagy akár a teljes gyár tekintetében vizsgálni az egyes hibastatisztikákat, illetve összehasonlíthatók az adatok más gyár, csoport, vagy helyszín adataival.



9. Ábra: Statisztikai modul

Diagnosztikai technológiák integrálása

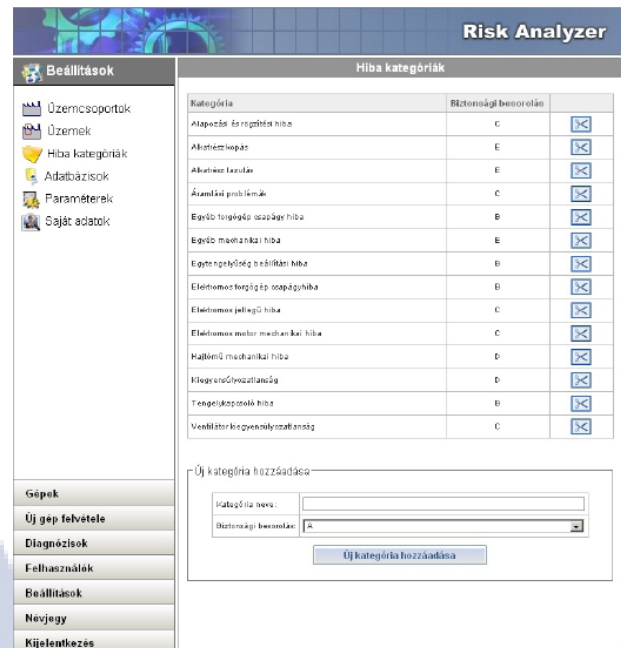
A BDES (Board of Diagnostic Expert Systems) összekapcsolja a különböző diagnosztikai rendszereket, ezáltal a legfontosabb adatok egyetlen képernyőn egyszerre tekinthetők meg integrált formában. Így teljes képet kapunk a berendezéseink tényleges állapotáról. A képernyőn a legutóbbi vizsgálat eredményének megfelelő színekkel ellátott jelölése szerepel. A megfelelő jelre kattintva a részletes jelentések is megtekinthetők.



10. Ábra: BDES kapcsolatrendszere

Risk Analyzer - kockázat elemző szoftver

A Risk Analyzer szoftver komplex műszaki és gazdasági vonatkozásokat is tartalmazó információkkal segíti a karbantartási döntéshozókat. Ennek érdekében ismerni kell a hibák fejlődését, ami egy megbízható, célszerű adatbázist igényel, mely alapján az aktuális kockázati következmény bekövetkezése meghatározható. A Kockázat Alapú Karbantartás (RBM – Risk Based Maintenance) nem csak a hibák kialakulásának műszaki szempontjait veszi figyelembe, hanem azok egészségi, biztonsági, környezeti vonatkozásait, valamint a termelőkiesésből adódó gazdasági következményeit is.



11. Ábra: Risk Analyzer kezelő felülete

A Delta-3N Kft. által kifejlesztett Risk Analyzer szoftver egy stratégiai besorolást (kockázati besorolás) készít a vizsgált forgógépekről és biztosítja, hogy ez a besorolás minden időpillanatban elérhető legyen. Használja az ExpertALERT adatbázisát, az automatikus rezgésdiagnosztikai szakértés az egyik alapkövetelménye az automatikus kockázati besorolásnak.

PdM&RBM tanácsadó rendszer segítségével igénybe vehető szolgáltatásaink

Az általunk kínált szolgáltatási csomagok előnye, hogy akár beruházási költség nélkül megvalósítható egy gépállapot monitorozó program beindítása. A kiértékeléseket, és igény esetén a méréseket is szakembereink végzik el, a vizsgálatok eredményeit pedig interneten keresztül belépési azonosítóval és jelszóval védve lehet megtekinteni. Továbbá a megrendelőnek lehetősége van a műszervásárlásra is egy hosszabbtávú karbantartási szerződés keretében.



12. Ábra: E-maintenance rendszer működése

A megrendelések függvényében a megrendelő üzemében mérésre kerülnek a kijelölt berendezések. Ezek többféle módon is történhetnek;

- a megrendelő saját műszerével elvégzi az adatgyűjtést, majd az adatbázist átadja nekünk feldolgozásra.

Adatbázis konvertáció után elvégezzük a kiértékelést, és az eredményeket feltesszük a szerverünkre.

- Másik lehetőség, hogy mi végezzük a méréseket a saját műszereinkkel. Igény esetén már a helyszínen tudunk előzetes diagnózist felállítani a vizsgált gépről. Ez a megoldás akkor hasznos, ha a megrendelő cégnek nincs külön diagnosztikai szakembere, műszere, és nem is kíván beruházni ilyen jellegű saját tevékenységbe.
- A harmadik lehetőség az on-line mérések elvégzése. Ez a megoldás természetesen már jár beruházási költséggel, hiszen az on-line felügyeleti rendszer kiépítése pénzbe kerül. Ezt a kiviteli megoldást általában a stratégiaileg legfontosabb berendezésekre célszerű alkalmazni.
Az on-line rendszer folyamatosan, beállított időközönként elvégzi a méréseket, az adatokat beküldi a szerverünkre, és mi ezeket feldolgozva és kiértékelve jelenítjük meg a megrendelő felületén.

Szoftvereink rugalmasak, alkalmasak különböző mérési adatbázisok kezelésére, importálhatók a különböző gyártójú termovíziós kamerák képei. Továbbá lehetőség van a jelentések testre szabására egyedi tartalom szerint is.

Alapvetően hat különböző szolgáltatási csomagot kínálunk megrendelőink részére.

1. PdM Offline Remote – Távoli offline gépállapot felügyelet
Az alapszolgáltatás tartalma: A mérések elvégzése után a elkészítjük a szakértői kiértékeléseket, üzemeltetjük és karbantartjuk a felügyelő rendszert, valamint biztosítjuk az eredmények biztonságos elérését interneten.
2. PdM Online Remote – Távoli online gépállapot felügyelet
Az alapszolgáltatás tartalma: Cégünk installálja a monitorozó rendszer elemeit. Elkészítjük a szakértői kiértékeléseket, üzemeltetjük és karbantartjuk a felügyelő rendszert, valamint biztosítjuk az eredmények biztonságos elérését interneten.
3. IFSS Remote – Géphibák statisztikai vizsgálata
Az alapszolgáltatásokon felül a megrendelő, a web-alapú IFSS szoftver segítségével megtekintheti saját üzei, gépei elemzési információit és Hiba-statisztikai elemzéseket végezhet.
4. PdM Remote Complex – Komplex állapotdiagnosztikai szolgáltatás
Ez a szolgáltatás a PdM Offline Remote és a PdM Online Remote kiegészítése. A rezgésdiagnosztikai gépállapot felügyelet mellett lehetőség van a termográfiai vizsgálatok (TermoALERT), a szivárgás detektálás (LeakageALERT), az olaj analízis (OilALERT) és a ferrográfiai vizsgálatok (FerroALERT) elvégzésére is.
5. RBM Remote – Kockázat alapú karbantartási szolgáltatás.
Az alapszolgáltatás tartalma: Felépítjük a forgógépes kockázat alapú karbantartás kiértékelő rendszerét. Üzemeltetjük és

karbantartjuk a felügyeleti rendszert, valamint elvégezzük a berendezések kockázati besorolását a megrendelő szakembereivel együttműködésével.

6. CMMS Remote Connect – Kapcsolódás vállalatirányítási rendszerekhez
Létrehozunk egy kapcsolódási felületet a megrendelő vállalat irányítási rendszeréhez, amelynek segítségével az előállt gépállapot információk átküldhetők a karbantartás tervező modulba.

PdM&RBM tanácsadó rendszer gyakorlati alkalmazása



13. Ábra: Durva malom

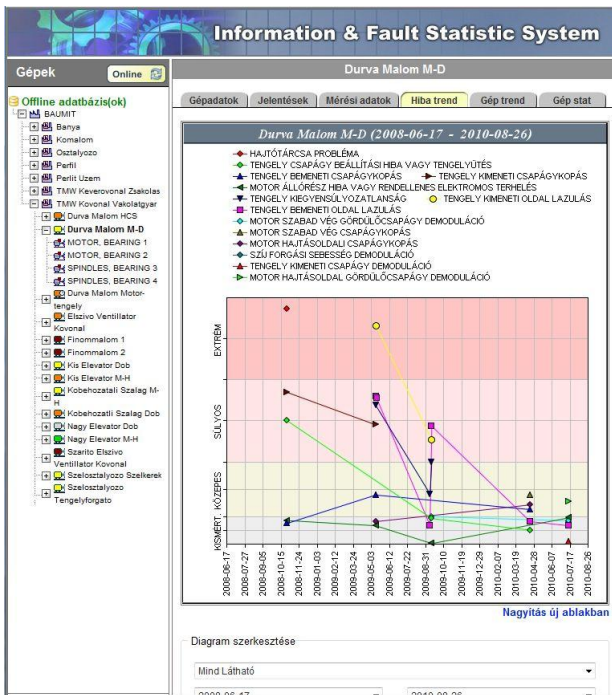
A fenti képen látható berendezés egy kötő berendezés, amely üzem közben rendkívül nagy erőhatásoknak van kitéve. A gép főbb paraméterei:

- Motor ford.sz.: 1500 1/min
- Forgó dob ford.sz.: 1060 1/min
- Forgó dob tömege: kb. 1,5 t

Jellemző meghibásodások:

- Csapáglyazulás és kopás
- Kiegyensúlyozatlanság
- Szíjhajtás-beállítási hiba
- Motor csapágy és villamos hibák

A durva malmon kívül még kb. harminc berendezés áll rendszeres vizsgálat alatt. Az egyes mérések eredményei, valamint a gépek aktuális állapota a megrendelő cé saját adatbázisában tekinthető meg, belépési kóddal és jelszóval védett elérhetőséggel az ugyfelkapu.delta3n.hu/ "cégnév" weboldalon.



15. Ábra: Géphibák változása a mérések során

A következő példa egy gázmotor, amely diagnosztikai szempontból szintén a különleges gépek közé tartozik. Egy villamos energia- és távhő- termelő fűtőmű egyik fő berendezése az alábbi 20 hengeres Jenbacher gázmotor, valamint a hozzá kapcsolt Leroy-Somer generátor.

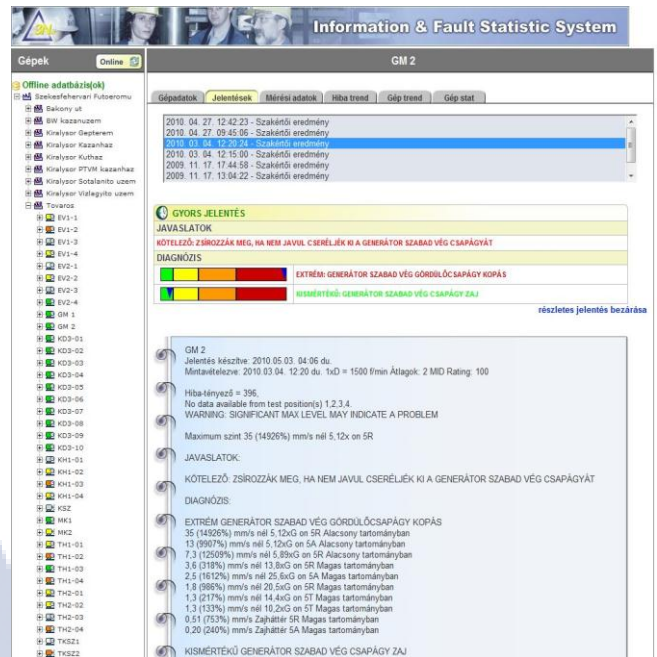


16.Ábra: Gázmotor hajtotta generátor

Jellemző meghibásodások:

- Generátor csapágyhibák
- Generátor kommutátor vagy állórész hiba
- Gázmotor gyújtási hiba
- Gázmotor befecskendező időzítési hiba

Ez a berendezés, valamint még számos társa, a tulajdonos cég számára a létfontosságú berendezések közé tartozik, ezért mindig üzembiztosnak, és kielégítő állapotúnak kell lenniük. A rendszeres mérésekkel nyomon követhető ezen gépek, valamin a hozzájuk tartozó segédberendezések állapota, hiba fejlődése, várható üzemideje.



16. Ábra: Berendezés állapota egy korábbi vizsgálat alapján

Összefoglalás

A Delta-3N Kft. által fejlesztett szoftverrendszer több magyarországi gyártó-, és villamos energiaszolgáltató vállalt alkalmazza, mint karbantartás segítő- és tanácsadó szolgáltatás. Nagy előnye, hogy a megrendelő részéről nem igényel beruházási költséget, valamint rendszer felügyeletet. A szerződő feladata, hogy a kész jelentéseket olvassa, és a kapott információk alapján döntsön a további karbantartási feladatokról.

A további érdeklődőket várjuk a <http://ugyfelkapu.delta3n.hu> weboldalunkon, ahol a teljes mintarendszerünk megtekinthető működés közben.

Felhasználó név: mkk2010

Jelszó: mkk

Summary

The software system developed by Delta-3N Ltd. is currently in use at numerous domestic manufacturing and electrical companies, as predictive maintenance advisory system. The advantage of this system is that, it doesn't require any investment and monitoring from the customer. The customer only has to view the reports, and based on the results make the decision about the recommended maintenance activities.

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Sólyomvári Károly – A műszaki diagnosztika, mint az állapotfigyelés eszköze (PowerPoint előadás)
- [2] Dr. Garai Tamás - Távdiagnosztika internet segítségével (BME-OMIKK-Üzemfenntartás-karbantartás, 2002/4)
- [3] dr. Pokorádi László – Karbantartás elmélet (Debrecen, 2002)
- [4] Glenn D. White - Introduction to Machine Vibration (ISBN 9780982051740)
- [5] Dr. Kégl Tibor, Szabó József Zoltán – Műszaki diagnosztika (Főiskolai jegyzet, Bánki Donát Főiskola. 1993, Budapest)

[6] Ramesh Gulati, Jerry Kahn, Robert Baldwin - The Professional's Guide To Maintenance And Reliability Terminology (ISBN 9780982516362)

[7] Hortobágyi Tímea és Kurucz Botond - Forgógép diagnosztikai rendszer a MOL Rt. Finomítás területén (MOL Szakmai Tudományos Közlemények, 2003/2)

[8] Kiss Gábor, Kurucz Botond, Nagy István, Papp Norbert - Diagnosztikai Szakértői Rendszer Működésének és Konkrét Eredményeinek Ismertetése (OKAMBIK-2004 Országos Karbantartási és Munkabiztonsági Konferencia, Nyíregyháza. 2004. június 23-25.) Az előadás részletesen tárgyalja az ExpertALERT rezgésdiagnosztikai szakértői szoftver felépítését, működését



... műszaki diagnosztika felsőfokon!