

Villamos forgógépek analízise

(átszerkesztett kivonat a PIM Kft. „Villanymotorok analízise” című tananyagából)

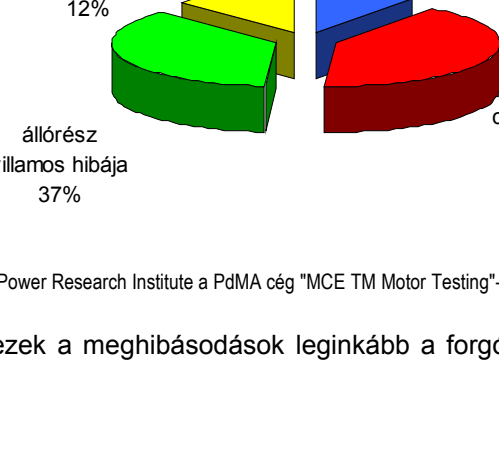
Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök
Copyright © PIM Profeszionális Ipari Méréstechnika Kft.

1. Bevezetés

A gépdiaosztikában a villamos forgógép fogalmát az erősáramú villanymotorokra és generátorokra korlátozzuk, más villamos forgógépekkel gazdasági szempontok alapján itt nem foglalkozunk. Mechanikus rendszerként a villamos forgógépek is a többi forgógépnél szokásos módszerekkel vizsgálhatók. Felépítésükből és működésükből adódik, hogy esetükben nem csak a „hajtott” forgógépeknek fellépő gépészeti (mechanikai) erőhatások és az ebből adódó rezgések fordulnak elő. Szem előtt kell tartanunk, hogy a villamos forgógépeken történő elektromechanikai energiaátalakítás elektromágneses terek közvetítésével történik. Az így keletkező erőhatások nemcsak a kívánt forgatónyomatokat, hanem az egyes gépelemek időben és irányban változó igénybevételét (és eseti deformációját) is eredményezik.

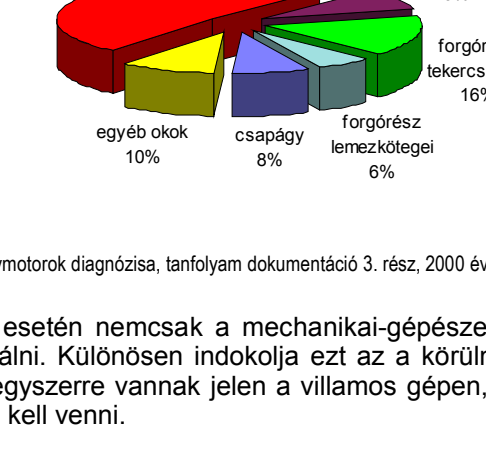
Amennyiben a villamos forgógép valamelyik elektromos eleme villamos szempontból megsérül, akkor ez egyenlőten eloszlású elektromágneses tér kialakulásához vezet. Ennek következményeként az egyes gépelemek nagyobb, aszimmetrikus ill. időben erősen változó mechanikus terhelésére kell számítani. Motorok esetén nagyobb villamosenergiafelvétel mellett kisebb mechanikus teljesítmény nyerhető, generátoroknál csökken a leadott villamos energia ugyanakkorra mechanikus energiával történő hajtás mellett. A hatások csökkenéséből eredő nagyobb veszteségek hővé alakulnak át és így az alkatrészek termikus terhelése még tovább fokozódik.

Statisztikai megfigyelésekből kiderül, hogy a villanymotorok kiesésének döntő része a forgórész és állórész meghibásodására vezethető vissza. Ezt mutatja a következő grafikon:



Forrás: Electric Power Research Institute a PdMA cég "MCE TM Motor Testing"-ben megjelentetett tanulmánya

Továbbá megállapítható, hogy ezek a meghibásodások leginkább a forgórész ill. állórész villamos alkotóelemeinek meghibásodásából adódnak:



Forrás: Jörg Dethloff, Villanymotorok diagnózisa, tantfolyam dokumentáció 3. rész, 2000 évi kiadás, DDC BI GbR Rostock

Érdemes tehát villamos forgógépek esetén nemcsak a mechanikai-gépészeti, hanem a villamos hibaforrásokat is diagnosztikai szempontból megvizsgálni. Különösen indokolja ezt az a körülmény is, hogy a villamos eredetű és a mechanikailag gerjesztett rezgések egyszerre vannak jelen a villamos gépen, és így a rezgésanalízishez mindkettőt ill. ezek kölcsönhatásait is figyelembe kell venni.

2. Villamos forgógépeken fellépő jelenségek okai és analízise (áttekintés)

2.1. A villamos forgógépek rezgéseltető hibáinak csoportosítása

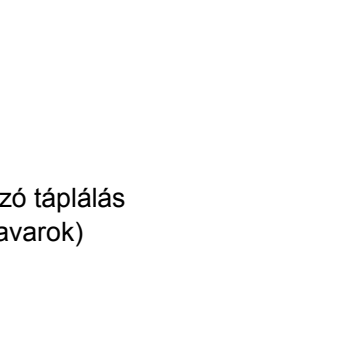
mechanikai eredetű hibák

- forgórész:** kiegyensúlyozatlanság
tengelyhiba (görbület, repedés/törés, tengelykapcsoló beállítása)
rezonancia (hajlított és torziós belengés)
meglazult elemek
kommutátor* ill. csúszógyűrűk* hibái
felületi egyenetlensége
kóralak hibája (excentricitás, oldalirai
- állórész:** csapágyfészek szöghibája
rezonancia
meglazult elemek
alapozás ill. rögzítés hibája
- csapágy:** mechanikai sérülés, kopás
túlterheltség
ferde vagy megfeszített szerelés
elégtelen kenés



villamos eredetű hibák

- forgórész:** elektromágneses inhomogenitás (pl. anyaghibák)
meglazult lemezkötegek(ek)*
forgórész rúdja(i)nak* törése
meglazult forgórészrúd(ak)*
rövidzáró gyűrű(k)* ill. kalicka* törése
csúszógyűrűk* ill. kefék* hibái
szennyezés (rárakódás, oxidálás)
rövidzárlat (gyűrűk ill. föld között)
- állórész:** tekercselés rövidzárlata
fázis és fázis között
tekercs és tekercs között
tekercs és föld között
meglazult tekercselés
aszimmetrikus elektromágneses tér
feszültség kiegyenlítetlensége
kontaktushiba a csatlakozókban



külső tényezők

- villamos eredetű: aszimmetrikus ill. tranzienseket tartalmazó táplálás
vezérlésből* adódó villamos jelenségek (zavarok)
áramtáplálás (kúszó áramok)
- mechanikus eredetű: tengelykapcsoló beállítási hibái
kapcsolt berendezés átvitt rezgései

* nem minden villamos forgógép rendelkezik ezekkel az elemekkel, értelemszerűen akkor ez hibaforrásként sem merül fel

Mivel a mechanikailag gerjesztett rezgésekre a villamos forgógép esetén is ugyanaz érvényes, mint amit a „szokásos” rezgésdiagnosztikai eljárásokról szóló rezgésdiagnosztikai tanfolyamunkon az általános forgógépek rezgéseiről és analízisééről oktattunk, ezért a „Villamos forgógépek analízise” című tanfolyamunk csak a villamos forgógépre vonatkozó különleges (villamos eredetű) rezgésekkel és a villamos (elektromágneses) jelenségekkel (és kölcsönhatásaikkal) foglalkozik.

2.2. Bontás nélküli hibafelderítő módszerek

A forgórész és állórész hibáinak mérés-technikai (bontás nélküli) felderítésére a rezgésmérésen, spektrumanalízisen, burkológörbe-analízisen túl alkalmazható a tápáramok (generátor esetén: leadott áram) és az elektromágneses tér vizsgálata, valamint a termográfiai állapotfelmérés is.

Bontás nélküli módszerekkel felfedezhető motorhibák

- Termográfia (vagy beépített hőérzékelők):** Elsősorban a tekercselési - minőségi ill. konstrukciós - problémák (árameloszlási ill. áramsűrűségi eltérések, helyi inhomogenitások), a túlterhelés, az állórészproblémák (rövidzárlatok), a villási és megnövekedett energiafelvétellel járó villamos hibák felfedezését szolgálja. Ezen túl hatékony eszköz a hűtánymotor csatlakozások ellenőrzésére.
- Szilipfrekvencia-figyelés:** Ez az aszinkron motorok esetén legegyszerűbben - akár folyamatosan is - alkalmazható ellenőrző módszer: az adott fordulatszámom és terhelésen bekövetkező szilipfrekvencia növekedése jelzésnek vehető minden villamos problémára. A hibátípusra viszont ez a megfigyelés nem ad választ.
- Tápáram-mérés és spektrumanalízise:** A legreálisabb hibanaalízise a fázisonként felvett tápáram-spektrum ad módot. A motorok szinte minden villamos hibája a tápáramok spektrumaiban tükröződik jól körülírható jellegzetességekkel.
- Elektromágneses térérő (fluxus) mérése és spektrumanalízise:** Hasonlóan ad módot a részletes hibaanalízise, mint a tápáram-spektrum analízise. Például az aszinkron motorok esetén a legtöbb villamos hiba a fluxusspektrumban is észlelhető egyértelmű jelenségek ill. változások formájában. Elsősorban ott van felbecsülhetetlen jelentősége a fluxusmérésnek, ahol a helyi adottságok miatt a fázisonkénti tápáram mérése nincs lehetséges.
- Rezgések mérése és spektrumanalízise:** A legtöbb (nem szimmetrikusan fellépő) villamos és minden mechanikus hiba rezgések formájában észlelhető. Ennek megfelelően a rezgésanalízis sok hiba felderítésére ad módot, de a mérés-technikai követelmények (pl. a spektrumok felbontása) rendszerint nagyságrendekkel magasabbak, mint a „szokásos” forgógép-analízis esetén.
- Megger-teszt:** Ez egy roncsolásmentes villamos teszt, amely során mindegyik állórésztekercs és a föld közötti ellenállás (magasfeszültségű, de mA nagyságú áramokkal történő) mérése alapján a szigetelések állapotáról információkat lehet nyerni. 200 MW és nagyobb ellenállásértékek esetén rendszerint vannak a szigetelések, 1 MW vagy kisebb értékek esetén több szigetelési hiba is jelen van.
- Lökéshullámteszt:** Ennél a módszeremél áramhullámokat bocsátanak minden egyes fázistekercsbe. Az egyes fázistekercsek reluctancejának függvényeként kialakulnak a mérhető lecsengések. Amennyiben nagy eltérések vannak a lecsengési idők vagy az amplitúdók között, szigetelési problémák jelenléte feltételezhető.

A legtöbb villamos hibákat bontás nélkül felderítő módszer még nagyon fiatal. A villamos forgógépek elterjedése és fontossága miatt főleg ezen a területen igen nagy fejlődésre számíthatunk az elkövetkező években: a meglévő eljárások a gyakorlatban szerzett tapasztalatokkal lesznek alátámasztva és továbbfejlesztve, sőt új elveken alapuló módszerekre is számíthatunk.

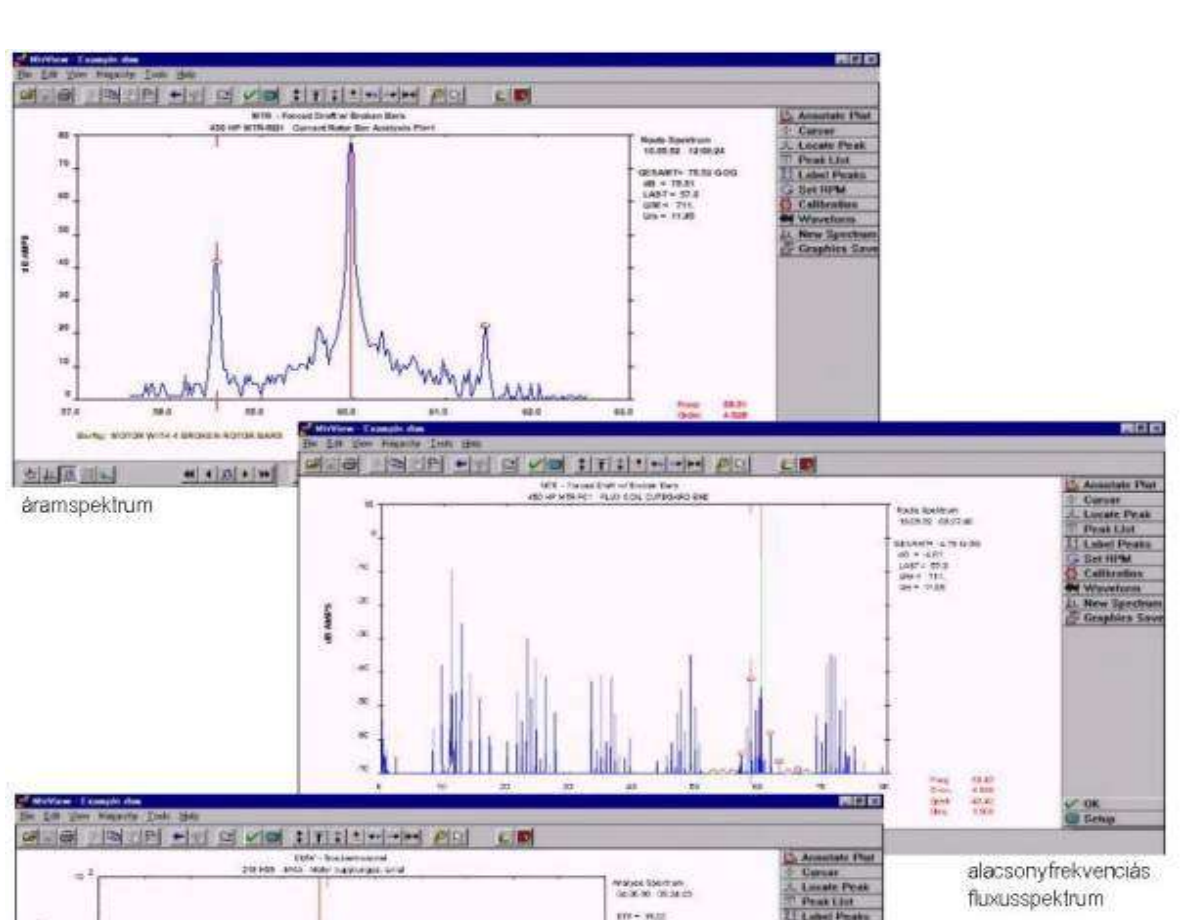
Ennek megfelelően a jelen jegyzet villamos forgógépek diagnosztikájára vonatkozó fejezete csak a bontás nélküli analízis-eljárások jelenleg már a gyakorlatban is használt eljárásainak bemutatására szorítkozik. A fenti felsorolásban két színű címmel kiemelt eljárások részletesen tárgyalásra kerülnek, de elképzelhető, hogy ezek esetén a gyakorlatban szerzett újabb és újabb tapasztalatok alapján más határértékek vagy akár egészen más kiértékelési módok kerülnek majd alkalmazásra.

Mivel a villamos forgógépek – generátorok és villanymotorok egyaránt – többféle működési elv szerint, igen sok kivételben és szinte számtalan speciális műszaki megoldásban készülnek, az egyszerűség kedvéért a következőkben az aszinkron motorokra vonatkozóan mutatjuk be a villamos és mechanikus paraméterek mérésén alapuló eljárások elvi hátterét és gyakorlati szempontjait. Külön figyelembe véve majd a szinkron motorok és a kommutátoros (egyenáramú ill. univerzális) motorok esetén a fenti fejezetben beáradó különbségekre, valamint az invertekkel (ill. tisztorokkal) vezérelt villamos forgógépekre is.

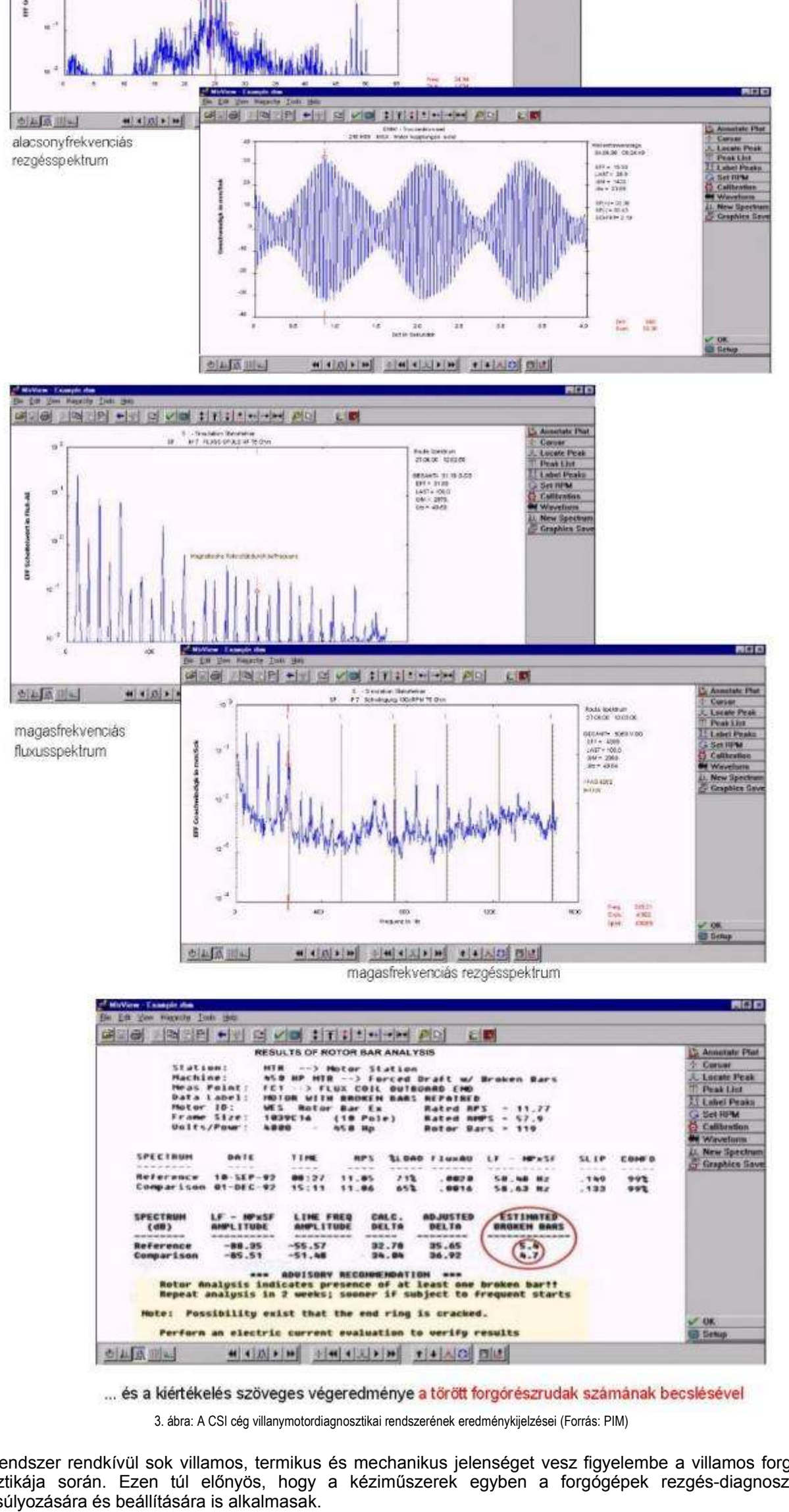
2.3. Hordozható diagnosztikai eszközök a villanymotorok hibaanalíziséhez

Mivel a telepített (vagy a villamos motorokba eleve beépített) diagnosztikai eszközök rendszerint nagy költségekkel járnak és csak új telepítésű motorok esetén jöhetnek szóba, a meglévő (milliósi darabszámú) villamos gépek hibaanalízise és felügyelete elsősorban hordozható eszközökkel oldható meg. Erre leginkább speciális célműszerek ill. bővített képességű géprezgező-analízátorok használatosak.

Nagyon gyakorlatias és egyben költségkímélő megoldás a rezgésanalízisen alapuló gépdiaosztikai adatgyűjtők (spektrumanalízátorok) megfelelő tartozékokkal való kiegészítése, ahogyan ezt az amerikai CSI cég követi a Modell 2120 (kétszatos, professzionális adatgyűjtő-gépanalízáló és gépbeállító műszer), valamint az UltraSpec (univerzális gépanalízáló és beállító) műszerszaládjával.



2. ábra: A CSI cég hordozható villanymotordiagnosztikai készüléksaládjai (Forrás: PIM)



... és a kiértékelés szöveges végeredménye a törött forgórészrudak számának becslésével

3. ábra: A CSI cég villanymotordiagnosztikai rendszerének eredménykijelzései (Forrás: PIM)

A fenti rendszerrel rendelkező villamos, termikus és mechanikus jelenséget vagy figyelembe a villamos forgógépek rezgésdiagnosztikai eszközeiknek a fenti villanymotor-diagnosztikai tartozékokkal történő bővítése révén költségkímélően és új célműszerek, ill. szoftverkezelésének megtanulása nélkül a villamos hibák analízisét is elvégezhetik.