

Szabó József Zoltán, Dömötör Ferenc

VILLANYMOTOROK MŰSZAKI ÁLLAPOTÁNAK MEGHATÁROZÁSA MOTORÁRAM-, ÉS REZGÉSELEMZÉS SEGÍTSÉGÉVEL

Forgógépek diagnosztikai vizsgálata során az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a rezgésdiagnosztika, amelynek során a csapágyazási helyeken fölvetett időjel effektív rezgéseirősségét a nemzetközi szabványokban megadott határértékekkel összehasonlítva mondanak véleményt a gép állapotáról. A módszer továbbfejlesztett változata az időjel FFT elemzése révén állapítja meg a rezgés lehetséges okát, és az időközben bekövetkezett károsodás hozzávetőleges mértékét. Munkánk során ezt, a Magyarországon is széles körben alkalmazott eljárást alkalmaztuk elektromotorok vizsgálatára, illetve egészítettük ki a motor áramának vizsgálatával. Megállapítottuk, hogy a két eljárás részben kiegészíti egymást, részben megerősíti a másik módszer felhasználása által kialakított véleményt.

Kulcsszavak: elektromotor, rezgéselemzés, motoráram elemzés

Az ipari berendezések költséghatékony felhasználása csak akkor eredményes, ha azokat a lehető legkevesebb időre kell kivonni a termelésből javítás, állapotfelmérés, vagy karbantartás céljából. A rendszeres időközönként (off-line) vagy folyamatosan (on-line) végzett, diagnosztikai célú állapotfelmérés révén a javítási ciklusok előre tervezhetők. Az idejekorán felfedezett, kisebb hibák megszüntetésével elkerülhető a váratlan meghibásodásból fakadó termelés kiesés. A tervezés révén a javítási költségek is jelentősen csökkenthetők. Az ipari termelésben alkalmazott berendezések hajtására széles körben alkalmazzák az elektromotorokat, és ezen belül elsősorban az aszinkron motorokat. Egyszerű felépítésük, kedvező áruk üzembiztonságuk miatt ez a típus alkotja a felhasznált összes motor 90%-át. A cikk egy olyan munkáról szól, amelynek során a villanymotorok rezgésdiagnosztikai vizsgálatát motoráram elemzéssel egészítettük ki.

KÍSÉRLETI BERENDEZÉSEK

A motoráram analízis célja a forgórész rudak állapotának meghatározása. Ennek során egy, a műszaki köznyelvben lakatfogónak nevezett szondát helyezünk a betápláló vezetékek egyikére. A kapott jelet FFT analízátorban dolgozzuk fel. Sérült rúd esetén a motor forgatónyomatéka minden alkalommal lecsökken, amikor a forgó mágneses tér egyik pólusa elhalad mellette. Ez a forgatónyomaték-csökkenés megjelenik a betápláló áramvezetékben is. A motoráram analízist a motor terhelt állapotában kell végezni, mert terheletlen illetve kis terhelés esetén a szlip frekvencia nagyon kicsi, így az effektus nem vagy csak nehezen kimutatható. A motoráram analízis egy gyors, egyszerűen kiértékelhető vizsgálat, mely kizárólag a forgórész rudak állapotának meghatározására alkalmazható, egyéb hibák kimutatására a rezgésmérés sokkal biztonságosabb eredményt adhat, bár ennek mérés tervezése, végrehajtása és kiértékelése több időt, nagyobb szaktudást és így több költséget jelent.



1. ábra Microlog CMVA 60 rezgésmérő és tartozékai

Az 1. ábrán a Microlog CMVA 60 típusú hordozható adatgyűjtő/ FFT analízátor (1), és tartozékai láthatók. Ezek a következők: CMSS6187 váltó- és egyenáramú árammérő szonda (2), CMSS 31707500-CE Csatlakozó kábel (3), CMSS2200 típusú gyorsulás érzékelővel (4) és mérőcsúccsal (5). A mérések során ezt részben közvetlenül (rezgésmérésre), részben közvetve, azaz lakatfogóval kombinálva, a motoráram elemzése céljából alkalmaztuk.

A mért jelszint különbség	Szóbeli értékelés
54–60 dB	kiváló
48–54 dB	jó
42–48 dB	mérsékelt
36–42 dB	forgórész rudak repedés kifejlődőben, vagy nagy ellenállású kapcsolatok
30–36 dB	forgórész rudak több helyen előforduló repedése
< 30 dB	repedt forgórész rudak, repedt véggyűrűk; mindenütt komoly problémák

1. táblázat Az SKF gyártmányú, CMVA60 Microlog motoráram analízis kiértékelő táblázata

A diagnosztikai célú motoráram elemzés alkalmazási korlátai:

Ez az eljárás alkalmas repedt vagy törött forgórész rudak detektálására, vagy véggyűrűk repedéseinek észlelésére, vagy pedig indukciós motorok nagy ellenállású csatlakozásainak diagnosztizálására, ha a következő feltételek teljesülnek:

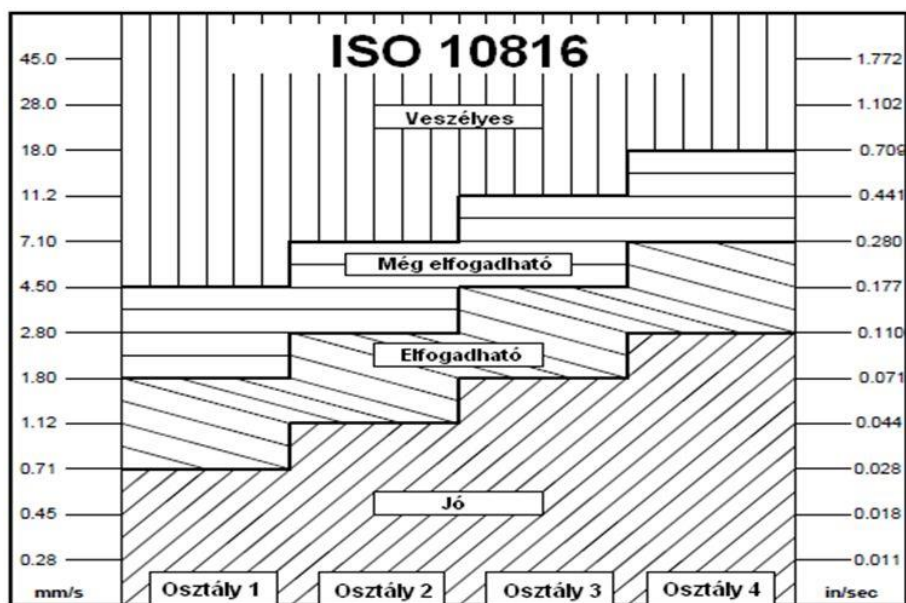
1. a motor terhelése eléri a névleges terhelés legalább 75%-át;
2. a motor névleges teljesítménye legalább 10 LE (7,5 kW);
3. a vizsgálat előtt pontosan meg van határozva a pólus elhaladási frekvencia (és a fordulatszám).

További korlátozások: mechanikai hatások ugyancsak okozhatnak a rotorhibák hatásához hasonló jeleket, ha a terhelés során a fordulatszám kisebb, mint 75/perc. Ez az eljárás nem képes más, olyan hibák detektálására, mint a dinamikus vagy a statikus excentricitás.



2. ábra Adash VA4 Pro mérőműszer

A rezgésméréseket általában a 3. ábrán látható Adash VA4 Pro mérőműszerrel végeztük. A megengedhető rezgésértékeket az ISO 10816 szabvány rögzíti.



3. ábra A megengedhető rezgésértékek ISO 10816 szabvány szerint

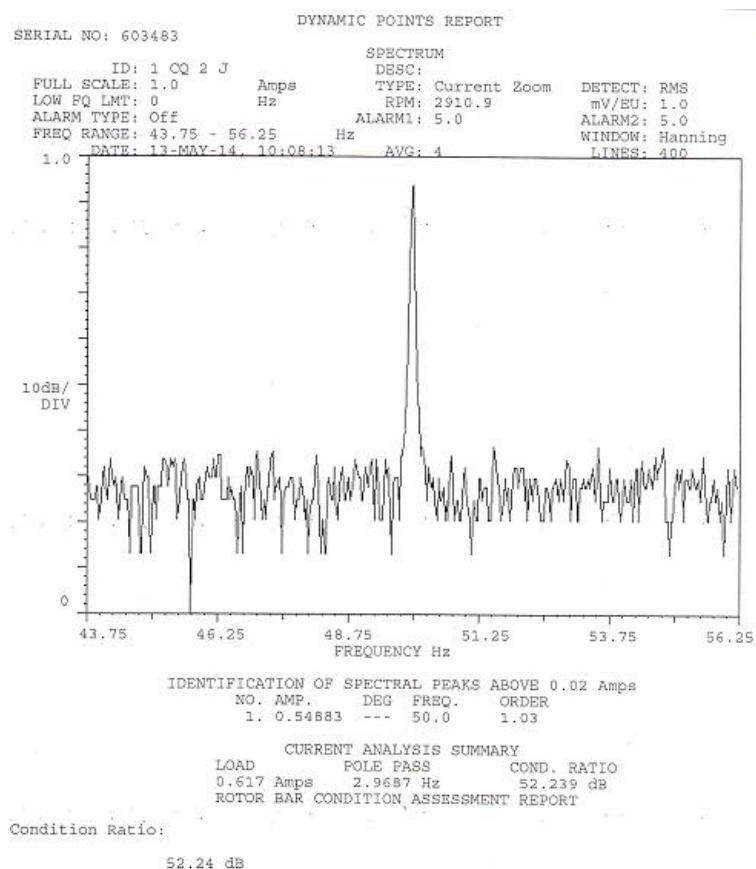
A laborkísérletek során vizsgált motorok ($< 15 \text{ kW}$) az 1. osztályba tartoznak, míg az ipari körülmények között végzett mérések a 2. osztályba tartoznak.

VIZSGÁLATOK ROBBANÁSVESZÉLYES KÖRNYEZETBEN

Az alábbiakban egy háromfázisú aszinkron motor motoráram analízissel történő állapotfelmérését mutatjuk be. A vizsgált motor robbanásveszélyes élelmiszeripari környezetben a folyamatos termelésben nélkülözhetetlen berendezéseket hajtanak, így rendszeres állapotfelmérésük elengedhetetlen mind munkavédelmi, mind gazdasági szempontból. A szén-dioxid szivattyú hajtómotor típusa Agisys T1CR 200L2-2 B5 T1-T4, üzemi feszültsége 400/690 V, névleges áramfelvétele 65,80/38,14 amper, teljesítménye 37 kW, fordulatszáma 2920 1/min volt.

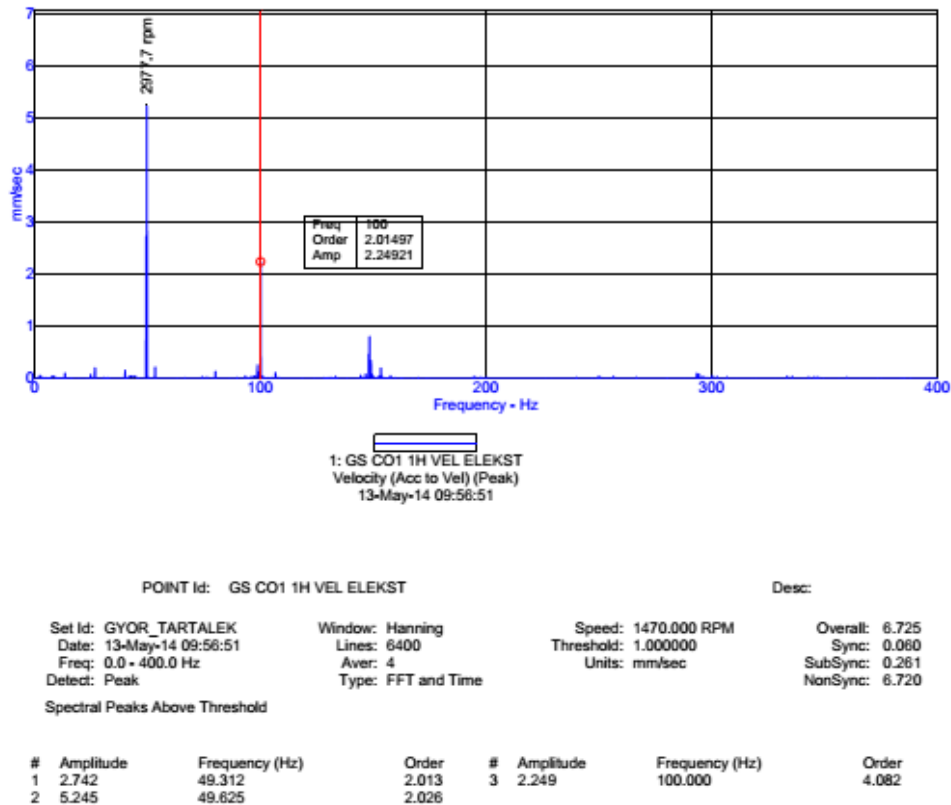


4. ábra Szén-dioxid szivattyú hajtómotorjának adatlapja és beépítési helye



5. ábra A motoráram analízis eredménye

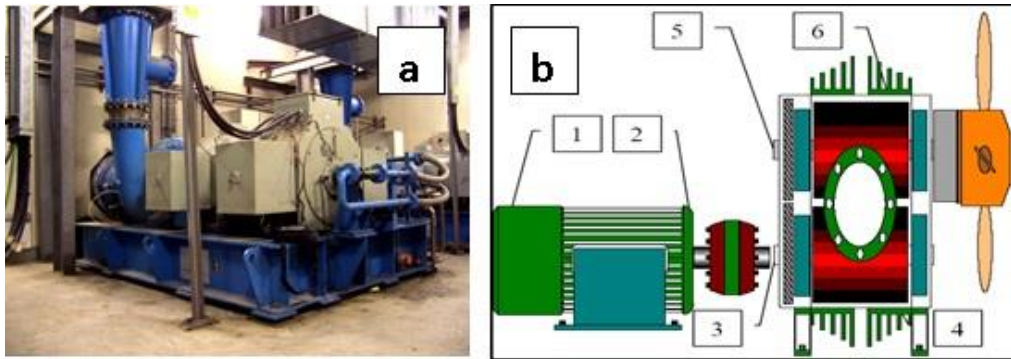
A motoráram analízis eredménye: 52,24 dB, mely megfelelő állapotú motort jelez. Ezt a megállapítást a 6. ábrán látható rezgésmérés eredménye is alátámasztja. A motor villamos eredetű hibájára utaló frekvenciákon nem vagy csak kis mértékű rezgés látható, a forgási frekvencián mért 5,245 mm/s rezgésérték villamos hibára nem utal.



6. ábra Ugyanazon a motoron azonos időpontban végzett rezgésmérés eredménye

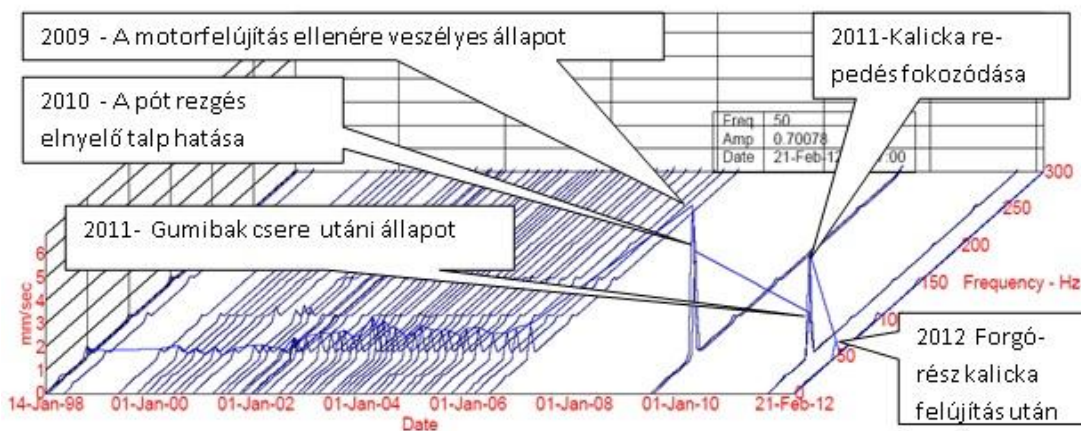
EGY LÉGFÚVÓ BERENDEZÉS VIZSGÁLATA

A következő esettanulmányban egy 40 000 m³/h térfogatáramú, $P_{\text{mot}} = 1100$ kW teljesítményű légfúvó berendezés hibadiagnosztikáját mutatjuk be. A folyamatirányító rendszer a berendezést fokozatmentesen szabályozza a diffúzor segítségével, így a motor fordulatszáma állandó, de a terhelése fokozatosan változó. A berendezésen 1998 és 2006 között 2–3 havonta állapotfelmérő rezgésdiagnosztikát végeztek, mely időszakban a gép váratlan meghibásodás nélkül üzemelt. Az esetenkénti, soron kívüli zsírással, üzem közbeni karbantartásokkal a tervezett nagyjavítási ciklus a kétszeresére nőtt. A 7. ábrán látható 6. számú mérési pontra automata rezgésvédelmi rendszert telepítettek, mely 6 mm/s rezgésnél automatikusan leállítja a berendezést. Ezután megszüntették a gép időszakos felülvizsgálatát, majd 2009-ben az üzemképes berendezésen TMK jellegű karbantartást végeztek. A nagyfelújítás végeztével a gép 50%-os teljesítmény mellett 6–7 mm/s rezgésértékek jelentek meg, melynek hatására a berendezés automatikusan lekapcsolt. A rezgésmérés során a berendezés minden pontján 50 Hz-es forgási frekvencián jelentek meg a veszélyes rezgésértékek, a vázszerkezeten 15–25 mm/s rezgésértékkel. Ezek a szimptómák egyszerre utalhatnak motor kiegyensúlyozatlanságra, a motor vagy a vázszerkezet fellazulására, tengely-beállítási vagy elektromos problémára is. A rezgésspektrum analízis pontosabb kiértékelése, a hibák szétválasztása érdekében mozgás-animációs vizsgálatot végeztek. Ennek eredményeképpen egyértelművé vált a vázszerkezet billegése, amely feltámasztási és rezgéselnyelési problémákra utal. Másrészt a motor és hajtómű tengely ellentétes mozgását figyelték meg, mely tengelybeállítási hibára utal.



7. ábra A légfúvó berendezés képe és hajtás elrendezési, mérési vázlata

A költségek minimalizálása érdekében a javítás fokozatosan, az egyszerűbb beavatkozásokkal kezdődött. A fellazult csavarok meghúzása nem vezetett érezhető javuláshoz, Ezután a három legerősebb rezgést mutató helyre pót rezgéselnyelő talpakat helyeztek, ezzel próbálták „elhangolni” a gerjesztő erőket. Ezzel a megoldással már a teljes terhelés 70%-ig tudták üzemeltetni a gépet, mely minimálisan elégítette ki a termelés igényeit. Ezután a pontos tengelybeállítás és a rezgéselnyelő talpak cseréje a rezgéseket átmenetileg elfogadható szintre csökkentette. Folyamatos üzemben a berendezés egy évig üzemelt, majd a rezgésértékek újra növekedésnek indultak. A motor elektromos ellenőrzése az álló és forgórészen a mágneses mező ingadozását mutatta, mely forgórész excentricitásra vagy kalicka repedésre utalnak. Endoszkópos vizsgálat során egyértelművé vált a kalicka repedés ténye, melynek javítása után a gép teljes terhelés mellett is megfelelő rezgésértékeket produkált.



8. ábra Rezgés spektrumok a berendezésen végzett javítások során

ÖSSZEGZÉS

Az ipari mérésekből bemutatott esettanulmányok bizonyítják a módszerek ipari körülmények közötti alkalmazásának lehetőségeit és azok fontosságát, az időszakos állapotfelmérés fontosságát, a termelés során elengedhetetlenül szükséges motoroknál. A kalicka repedésre utaló elektromos hibák egy váltakozó áramú motoron esettanulmányban bemutattam az időszakos állapotfelmérő diagnosztika gazdaságosságát, bizonyos esetekben már a karbantartási költség egy nagyjavítás során meghaladja a több éves diagnosztika költségét, a termelés kieséssel együtt mindenképp gazdaságosabb lehetett volna annak rendszerben tartása a TMK jellegű karbantartás helyett.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Nagy István: Állapotfüggő karbantartás Műszaki diagnosztika I. Delta-3N Kft. Paks, 2006
- [2] Barabás Miklós- Karsai Tibor: Villamos forgógépek tekercselése Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1978
- [3] Benyeda László: Villanymotorok műszaki állapotának meghatározása rezgésdiagnosztikai módszerekkel. Kézirat, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
- [5] Mechatronikai és Autótechnikai Intézet, Budapest, 2016.
- [6] Vibration Diagnostic Handbook Technical Associates of Charlotte P. C.
- [7] Dr. Szabó József Zoltán: Forgógépek üzem közbeni mozgásának próbapadi és ipari vizsgálata című cikk

CONDITION MONITORING OF ELECTRIC MOTORS BY MOTOR CURRENT AND VIBRATION ANALYSIS

During the condition monitoring of rotating machinery one of the most commonly used method is the comparison of vibration severity to various threshold values provided by international standards, and analysis of vibration signals using the FFT technology. This latter one method is an efficient tool to detect the potential severity of damages caused by vibration, too. In this paper apart from the method of vibration analysis the method of motor current analysis has been effectively used. It has been found, that the two methods are partly complementary to each other, and partly they confirm the conclusions drawn by each other.

Keywords: electric motor, vibration analysis, motor current analysis,

Szabó József Zoltán (PhD) egyetemi docens Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész- és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Mechatronikai és Járműtechnikai Intézet szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-3454-0825	József Zoltán Szabó (PhD) Associate professor, Dy leader of Institute Óbuda University Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engi- neering Institute of Mechatronics and Automotive Technol- ogy szabo.jozsef@bgk.uni-obuda.hu orcid.org/0000-0003-3454-0825
Dömötör Ferenc (PhD) címzetes egyetemi docens Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Gépjármű Technológia Tanszék ferenc.domotor@gjt.bme.hu orcid.org/0000-0003-3385-9287	Ferenc Dömötör (PhD) Honorary associate professor Budapest University of Technology and Economics Faculty of Vehicle Engineering and Transport Engi- neering Department of Automotive Technology ferenc.domotor@gjt.bme.hu orcid.org/0000-0003-3385-9287



http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2018_1/2018-1-05-0470_Szabo_Jozsef_Zoltan-Domotor_Ferenc.pdf

