

Rezgés- és áramdiagnosztikai tapasztalatok a Márkushegyi Bányáüzemben

Dr. Ladányi Gábor okl. bányagépészmérnök, tanszékvezető egyetemi docens, Miskolci Egyetem



Szomorú aktualitást ad cikkünknek az 1981 óta folyamatosan termelő Márkushegyi Bányáüzem 2016-ban történt bezárása. A bányászati tevékenység befejezésével egyben értek azok a kiegészítő tevékenységek is, amelyek végzése támogatta – esetenként nélkülözhetetlen módon – a fő tevékenységet, a széntermelést. Ilyen tevékenység volt a bányában üzemelő, a termelésben és szállításban meghatározó szereppel bíró gépegységek állapotfüggő karbantartásához információt szolgáltató rezgésdiagnosztikai mérések végzése.

A bányában már az 1990-es évek végén kezdték alkalmazni a rezgésdiagnosztika eszközeit egyes gépegységek állapotának megítélésére. A szerző, mint külsős munkatárs 2005-ben kapcsolódott be ebbe a tevékenységbe, amely a többivel együtt a 2016-os bányabezárással befejeződött. A 2005 és 2016 között eltelt időszakban megszerzett ismeretek, felhalmozott tapasztalatok közreadása érdekében íródott ez a cikk

Kezdetben a külszíni szállítási útvonalban elhelyezkedő szállítószalagok hajtásgejségei tartoztak a felügyelt gépek közé. Az évek során aztán a felügyelet alá vont gépek sora kibővült olyan berendezésekkel, amelyek a bánya folyamatos működésében a szállítószalagokhoz hasonlóan fontos szerepet játszottak. Az utolsó évekre kialakult és állandósult azoknak a gépeknek a csoportja, amelyek rezgésdiagnosztikai felügyelet alatt üzemeltek. Ezek a berendezések az alábbiak voltak:

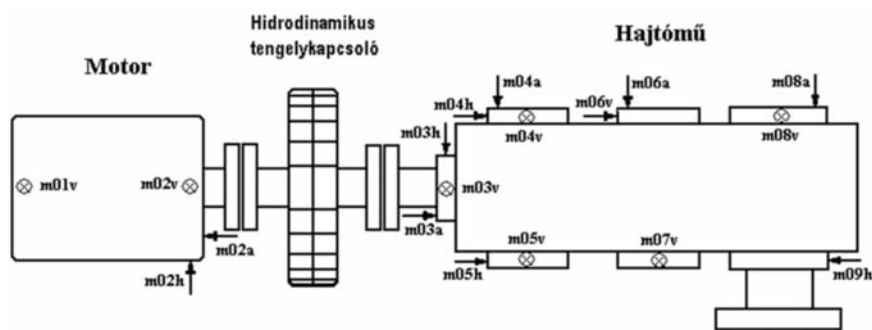
- Szállítószalag hajtásgejségek, melyek között voltak föld alatt és külszínen üzemelő berendezések egyaránt,
- Szitaberendezések,
- Törőberendezések,
- Marótárcsás jövesztőberendezés, illetve ennek részegységei,
- Aknaszállító gép,
- Bányaszellőztető.

A cikk terjedelmi korlátai nem engedik meg, hogy a fentebb felsorolt valamennyi berendezéscsoportra megadjuk az alkalmazott mérési elrendezés vázlatát. A legjelentősebb mérési igényt a szállítószalag hajtás-

egységek adták (motor, tengelykapcsoló, hajtómű felépítéssel) ezért ennek elrendezését bemutatjuk az 1. ábrán. Az ábrán látható elrendezésből kiderül, hogy egy hajtásgejség diagnosztizálásához jelentős számú mérési pontot, illetve irányt használtunk. Az 1. ábra elrendezésénél ez 18, amit az egység jelentős kiterjedése és a benne futó csapágysak száma indokol.

Az 1. táblázatban összefoglaljuk az előbbi felsorolás gépegységeit, a felügyelet alá vont gépek darabszámát és a mérési pontok (irányok) számát. A táblázat utolsó oszlopában található számok összeadása után kiderül, hogy a ciklikus ellenőrzések során több mint 550 mérési pont ellenőrzését kellett elvégezni. Pontonként valamennyi helyen legalább két rezgéspektrum került rögzítésre, ami tehát több mint 1100 spektrumot jelent. Ha egy évben egy berendezés ellenőrzésére kétszer került sor, akkor ez évenként legalább 2200 spektrum áttanulmányozását jelenti! (Érdeemes itt megjegyezni, hogy a szállítási útvonal egyes hajtásgejségeit évente háromszor ellenőriztük.) Ahogy a bevezetőben elmondottakból kiderül, az ellenőrző mérések több mint 10 éven keresztül zajlottak. Így az elvégzett mérések mennyisége, a rögzített spektrumok darabszáma olyan sokaságot biztosít, amely információ tartalmának kinyeréséhez már alkalmazhatunk egyszerű statisztikai eszközöket is.

2008 októberétől az addig folyó rezgésdiagnosztikai mérések kiegészültek más típusú, villamos jellegű diagnosztikai mérésekkel. A bánya nagy számban alkalmazott berendezései hajtásához háromfázisú, rövidrezárt (kalickás) forgórészű motorokat. Az ilyen felépítésű motoroknál tartós üzem után előfordul a forgórész körüli áramvezető rudak (a kalicka) sérülése. Különösen akkor, ha gyakori, esetenként terhelés alatti indításnak vannak kitéve. A törések hatására megnő a motor belső ellenállása, ennek folyományaként ellágyul a karakterisztikája és már kis terhelésre is erősen ejti a fordulatszámát. Ez a hibafajta



1. ábra: Szállítószalag hajtásgejségek mérési elrendezése

1. táblázat:

Rezgésdiagnosztikai ellenőrzés alá vont gépek

Berendezés	Felépítés	Vizsgált berendezések száma	Mérési pontok száma
Szállítószalag hajtásegységek	villamos motorok fogaskerék hajtóművek tengelykapcsolók	21	450
Szitaberendezések	villamos motorok tengelycsapágyak szíjhajtások	2	24
Törőberendezések	villamos motorok tengelycsapágyak szíjhajtások	2	18
Aknaszállító gép	villamos motor fogaskerék hajtómű tengelykapcsoló	1	18
Marótárcsás jövesztőberendezés (marótárcsa karok)	villamos motorok marótárcsa hajtáslánc	3	30
Bányaszellőztetők	villamos motorok tengelycsapágyak	3	12

A motorok teljesítménye 160-500 kW tartományba esett, és nagy részük 6 kV névleges feszültségről üzemelt. (Áramváltón keresztül mértünk!) A kisebbik részt a fejtésekben üzemelő 1 kV névleges feszültségű motorok adták. Utóbbiak rendszeres ellenőrzése a rendkívül mostoha üzemi körülmények miatt különösen indokolt volt.

A diagnosztizált hibákat csoportokra bontva adjuk meg a 3-8. táblázatokban.

A táblázatokban megjelenő számokból levonható következtetések megalkotását segíti, ha kiszámítjuk az egyes hibacsoportokra jellemző relatív gyakoriságokat. Ezeket a gyakoriságokat foglalja össze a 2. ábra.

2. táblázat:

Áramdiagnosztikai ellenőrzés alá vont motorok

Berendezés	Névleges feszültség	Névleges teljesítmény	Darabszám
3f villamos motorok	1 kV; 6 kV	160-500 kW	>80

Elsőként szembetűnik, hogy a legnagyobb gyakorisággal (~26%) megjelenő hibacsoport a csapágyak okozta meghibásodáshoz tartozik. Nem véletlen tehát, hogy a rezgésdiagnosztika eszközeit előállító gyártók nagy súlyt fektetnek a csapágyhibák korai diagnosztizálását támogató eszközök (hardver, szoftver) kifejlesztésére és gyártására.

elég nagy valószínűséggel diagnosztizálható pl. a motor áramának analizálásával. Részleteket lásd a [8] alatt. A jelenség ismert volt a Márkushegyi bánya szakembereinek körében is, ezért vontuk be a kritikus villamos motorokat is a diagnosztikus ellenőrzések körébe.

A tanulmányozott halmazban második leggyakoribb hiba (~24,6%) a tengelykapcsolatok beállítási hibái miatt állt elő. Egy ilyen hiba természetesen hatással van az előbbi csoportba tartozó hibák kialakulására is. A pontatlanul beállított tengelykapcsolat ugyanis többletterhelést okoz a kapcsolt tengelyeket támasztó csapágyaknak. Jó hír, hogy ma már elérhető áron kaphatók olyan egytengelyűség beállítást támogató eszközök (elsősorban lasersugár alkalmazásával), melyek használatával nagymértékben csökkenthetjük ennek a beállítási hibának a mértékét.

3. táblázat:

Csapágy hibák

Berendezés	db	Jelenség
aknagép	1	a motor zajos, rezeg
lejtakna hajtómű	1	behajtó tengelynél magas a rezgésszint
szalag dobcsapágy	1	szárazon futott
szalag dobcsapágy feszül	1	hőmérséklet alapján diagnosztizálva
lejtakna, hm. gyorstengely csapágy	1	behajtó tengelynél magas a rezgésszint
67. vágat szállítószalag	1	tengely lóg a dobcsapágyban
lejtakna, motor csapágy	2	NU324
zsírozási javaslat	5	
IFE szita motor	1	a csapágy zajos
törőnél felszakadt a csapágyház	1	nem volt diagnosztizálva, hosszú a 4 hónapos ciklus
törőnél fellazult a csapágyház	1	egy törőgyűrű hiányzott a forgórészből, elkopott
összesen	16	

A villamos motorok diagnosztizálásához kapcsolódó tapasztalatokat érdemes meg-

4. táblázat:

Tengelykapcsolati hibák

Berendezés	db	Jelenség
tengelykapcsolat újra állítása	5	a kapcsolat két oldalán magas a rezgésszint
a tengelykapcsoló kiegyensúlyozatlan, lelazult vagy a fékdob, szimering	11	sokszor a tengelykapcsoló szimering miatti következmény
K2/1 kattog a tengelykapcsoló	1	
összesen	17	

5. táblázat:

Fogkapcsolati hibák

Berendezés	db	Jelenség
fogaskerék hiba	6	kúpkerékpárnál vagy a 2. homlokkerékpárnál
aknagép fogfrekvenciák	1	mindkét pár pittinges
összesen	7	

6. táblázat:

Kalickarúd törések

Berendezés	db	Jelenség
vill. motoroknál sérült a forgórész kalicka	12	törött rudak a kalickában
K4/1 erősen rezeg; L3 rezeg, súrlódik L1 erősen rezeg	3	több törött kalicka rúd rúdtörés és csapágy hiba is a motor kalickája sérült
összesen	15	

7. táblázat:

Lazulások

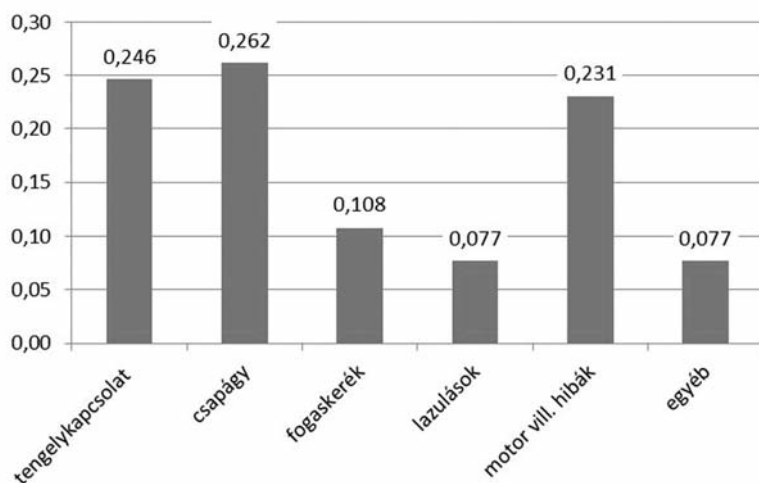
Berendezés	db	Jelenség
IFE1 csapágy környezete lazult	1	
IFE2 motor konzol rezonál	1	
61/1. vágat 1. hajtómű lazulás, zörgés	1	fedél lazulás
motor dörzsölődés vagy lazulás, törtharmonikusok	1	forgórész beleér az állórészbe
61/2 vágat 2. hajtómű: a kihajtó tengely lóg	1	lazulási kép
összesen	5	

8. táblázat:

Egyéb hibák

Berendezés	db	Jelenség
L3 motornál szellőzés probléma	1	elkoszolódott
K1/1. m03-nál meleg	1	a fék lazítva is fog
67/1 hajtóműnél a nyomatóktámasz feszül	1	
K4-nél az olajhűtő miatt nem egyforma a két hajtómű hőmérséklete	1	hőképből diagnosztizálva
Eikhoff hajtómű, padon mérve kopog	1	a fedél nyomta a csapágyat
összesen	5	

Az egyes hibacsoportok gyakorisága



2. ábra: A hibák relatív gyakorisága

fontolni: a gyakori, terhelés alatti indításnak kitett motoroknál majdnem mindig tapasztalható volt a kalicka sérülése. A mostoha üzemeltetési körülmények az átlagostól gyorsabb tönkremenetelt okoznak! Villamos gépek esetében a mechanikai rezgések megjelenése mögött forrásként gyakran lüktető elektromágneses erők állnak, tehát célszerű villamos mérést is alkalmazni.

Általában is érvényes: jótékony, ha több irányból szerzünk információt egy gép állapotáról.

A diagnosztizálás hatékonyságának fokozásához rendkívül fontos az ellenőrzési periódus helyes megválasztása. Ezt a megállapítást támasztja alá a 3. táblázat 10. sorában

megjelenített hiba. Az osztályozó sorban üzemelő egyik röpitő törőnél felszakadt az egyik csapágyház rögzítése. Mint ahogy a táblázatban ez olvasható, ez a durva hiba nem volt detektálva. Legalábbis általam nem. Ennek alapvető oka, hogy a szóban forgó periódusban a törő terhelése miatt annak elhasználódása felgyorsult, és a 4 hónapos vizsgálati periódus túl hosszú volt. Ennél a gépnél tehát célszerű lett volna az ellenőrzések közötti idő rövidítése.

Remélem, nem vagyok egyedül, amikor azt állítom, hogy a Márkushegyi Bányauzemben a bezárást megelőző több mint tíz évben elvégzett rezgés- és áramdiagnosztikai mérések javították a gépek hadrafoghatóságát, és csökkentették a gépek váratlan kiesése miatti állásidőt. Egy üzemben az állapotfüggő karbantartás hatékony fenntartásához

elengedhetetlen a diagnosztika és a gépeket üzemeltető személyzet maximális együttműködése. Vagyis a pozitív eredmények elérésében jelen cikk szerzője csak az egyik közreműködő volt. Szükség volt az üzemeltetők aktív hozzáállására, amikor egy-egy hiba felderítése igényelte a diagnosztika és az üzemeltető együttgondolkodását. Ezeknek a kollégáknak erről a helyről is köszönetet mondok a több mint egy évtizedes sikeres együttműködés okán. Azért is szívesen teszem ezt, mert ezen kollégák közül nem egy az egyetemi éveim alatt tanítványom volt. Egy egyetemi oktató számára jó érzés, ha az iparban sikeresen helytáll egy, a volt tanítványaival együtt végzett munkában.

IRODALOM

- [1] *Dömötör Ferenc* (szerk.): *Rezgésdiagnosztika I-II. kötet*; Főiskolai kiadó
- [2] Brüel & Kjaer application notes: Vibration measurement in predictive maintenance (BO 0094-11)
- [3] Brüel & Kjaer application notes: Condition Based Main-

tenance and Quality Assurance of production Machinery (BO 0334-11)

- [4] Brüel & Kjaer application notes: Machines-Condition Monitoring using Vibration Analysis (The use of Spectrum Comparison for Bearing fault Detection) A Case Study from Alma Paper Mill, Quebec, Canada (BO 0253-11)
- [5] Brüel & Kjaer application notes: Machine-condition Monitoring Using Vibration Analysis, Permanent Monitoring of an Australian paper Mill (BO 0247-11)
- [6] *Gilmore, R. J. – Thomson, W. T.*: Motor current signature analysis to detect faults in induction motor drives – fundamentals, data interpretation, and industrial case histories. Proceeding of the thirty-second turbomachinery symposium; 2003.
- [7] *Fenger, M. – Lloyd, B. A.* Iris Power Engineering Inc.: Case histories of current signature analysis to detect faults in induction motor drives.
- [8] *Ladányi Gábor, Ladányi Gergő*: Kalickás indukciós motor hibadiagnosztizálása rezgés és motoráram analízis együttes alkalmazásával GÉP 2013: (3) pp. 16-20. (2013)

Dr. Ladányi Gábor 1978-ban szerzett bányagépész- és bányavillamossági mérnöki diplomát a Nehézipari Műszaki Egyetem Bányamérnöki Karán. 1978-85-ig ösztöndíjas gyakornok az Ásványelőkészítési Tanszéken. 1985-től a Bányagépészeti Tanszéken tanársegéd, adjunktus, majd docens. 1987-ben gépészeti elektronikai szakmérnöki diplomát szerez a BME-n. 1988-ban egyetemi doktori, 1997-ben PhD fokozatot szerez. 2012-ben elvégzi az MIT (Massachusetts Ins. of Technology) egyik elektronikai kurzusát. Kutatómunkájában többek között hidraulikus szállítással, közetek jövesztésével, bányagépek mérésével, vizsgálatával foglalkozik. Magyar és idegen nyelvű publikációinak száma meghaladja a százat. 1-1 szabadalom és know-how tulajdonosa, két egyetemi tankönyv szerzője. Jelenleg intézeti tanszékvezető a Bányászati és Geotechnikai Intézetben.

Szakmai előadás az OMBKE veszprémi csoportjánál

Az OMBKE veszprémi csoportja szervezésében 2017. április 12-én nagysikerű szakmai előadás hangzott el a MTESZ Veszprémi Egyesület székházában *Kappel Gizella* okl. bányamérnök, a Kappel és Társa Bányászati Szolgáltató Kft. ügyvezető igazgatója előadásában.

Az előadó a „Negyedszázad a dunántúli külfejtéses bányászat szolgálatában” cím alatt gyakorlati példák és konkrét esetek bemutatása révén adott számot – a szintén bányamérnök férjével közösen alapított – vállalkozásuk több évtizedes sikeres bányászati tervezői és műszaki szolgáltatói gyakorlatáról. Betekintést nyújtott arról a rendkívül komplex mérnöki szolgáltatói, jogi tanácsadói és aprólékos szervezői tevékenységről, amelyet az évek során egyre szigorodó hatósági és környezetvédelmi előírások és jogszabályok útvesztőiben, számos alkalommal a bányászat társadalmi elfogadottságának teljes hiányával szembesülve kényszerülnek nyújtani a kezdő, illetve a már sok éve aktív bányavállalkozások számára.

Ezt a különleges szakmai felkészültséget, továbbá nem kis rátermettséget és elszántságot igénylő munkát kolleganőnk vállalkozása jelenleg 9 fővel látja el. A kis létszámú, de magasan kvalifikált munkatársakból összetevődő csapat

sikereinek ékes bizonyítéka, hogy a közel 1250 magyarországi ásványkinyeréssel foglalkozó termelőhely mintegy ötödét, összesen 255 vállalkozást sorolhatnak rendszeres, ill. alkalmi megrendelők közé. Ezek között mind a bejelentett tevékenységük szerint tényleges bányavállalatok, mind pedig az ún. „vízjogi engedélyes kitermelő helyet” üzemeltető vállalkozások megtalálhatók.

Az előadó igen részletes és alkalmanként pontos leírással közölt esettanulmányaival kiegészített előadását nagy figyelemmel kísérő mintegy 20 fős egykori és mai bányászokból álló szakmai hallgatóság körében különösen nagy sikert aratott a környezetvédelmi túlzások és alkalmasint mesterséges akadály gördítések elhárítására kifejtett felvilágosító, vagy diplomatikus tárgyalásokat igénylő tevékenységek ismertetése. Ez utóbbiak közé tartozott a senki által nem látott, de szigorúan megvédendő uhu bagoly esete, vagy a magyarországi repceföldeket állítólag szinte ellepő tűzök populáción keresztül, az évszázados tardosi bányászattal kialakított sziklafalak révén fészkelőhelyhez juttatott sólymok utólagosan szükségesnek vélt védelme a bányászattól. Az előadás teljes szövegének közreadását az OMBKE Veszprémi Csoport vezetőségének felkérésére a BKL hasábjain tervezi az előadó.

(NGy)