

## CSAPÁGYAK ELEMZÉSE SPM REZGÉSDIAGNOSZTIKÁVAL

**Orosz Péter**

hallgató, Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki Kar  
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: [orosz.peter12@gmail.com](mailto:orosz.peter12@gmail.com)

### **Absztrakt**

*Jelen cikk keretében a csapágyak SPM rezgésdiagnosztikai elemzésének lehetőségeit mutatom be. Az SPM elemzés alapját a dBm/dBc, illetve LR/HR értékek megállapítása, valamint az SPM spektrum felvétele alkotja. A módszer ismertetését követően egy gyakorlati példával mutatom be az SPM rezgésdiagnosztika alkalmazási lehetőségeit.*

**Kulcsszavak:** SPM rezgésdiagnosztika, csapágy, kenés, vibráció

### **Abstract**

*Within the framework of this article, I present the possibilities of SPM vibration diagnostic analysis of bearings. The SPM analysis is based on the determination of the dBm/dBc and LR/HR values, as well as the recording of the SPM spectrum. Following the description of the method, I present the application possibilities of SPM vibration diagnostics with a practical example.*

**Keywords:** SPM vibration diagnostics, bearing, lubrication, vibration

## **1. Bevezetés**

A csapágyak a gépészetben olyan alapvető elemek, melyek szinte minden gépben megtalálhatóak. Nagyon gyakran alkalmazzuk őket, ezzel szemben állapotfelmérésükre sokszor nem fordítunk kellő hangsúlyt. Az évtizedekkel ezelőtti gyakorlat arról szólt, hogy a csapágyak élettartamát a statikus és dinamikus terhelés (becslése) alapján különböző tényezők felhasználásával előre meghatározzuk. A gördülőcsapágyak élettartamán azt az időtartamot értjük többnyire üzemórában, melyet a kifáradási tünetek jelentkezéséig a gépelem megtesz [2]. Amint a gépelem eléri ezt a becsült üzemórát, egyszerűen kicseréljük az alkatrészt, mondván, hogy bizonytalanná válik a további üzemeltetés. Mennyivel komolyabb, XXI. századhoz méltó eljárás lenne, ha folyamatosan figyelemmel kísérnénk a csapágy pontos állapotát, rövid időn belül tudnánk reagálni a különböző állapot-változásokra, mint például a megfelelő kenőanyag hiánya, és így nem csak azt érnénk el, hogy akkor cserélnénk a csapágyat, amikor ténylegesen szükség van rá, de annak élettartamát is meg tudnánk növelni, sok esetben nem kevés üzemórával. Mindemellet a környezetvédelmi és egyéb különböző szemléleteknek megfelelő felújítási tevékenységek során a csapágyak állapotát felül tudnánk vizsgálni, és ennek ismeretében, tényleges adatok alapján dönthetnénk annak cseréjéről, avagy megtartásáról. A rezgésdiagnosztika alkalmazásával ez mind lehetségessé válik.

## **2. Rezgésdiagnosztika**

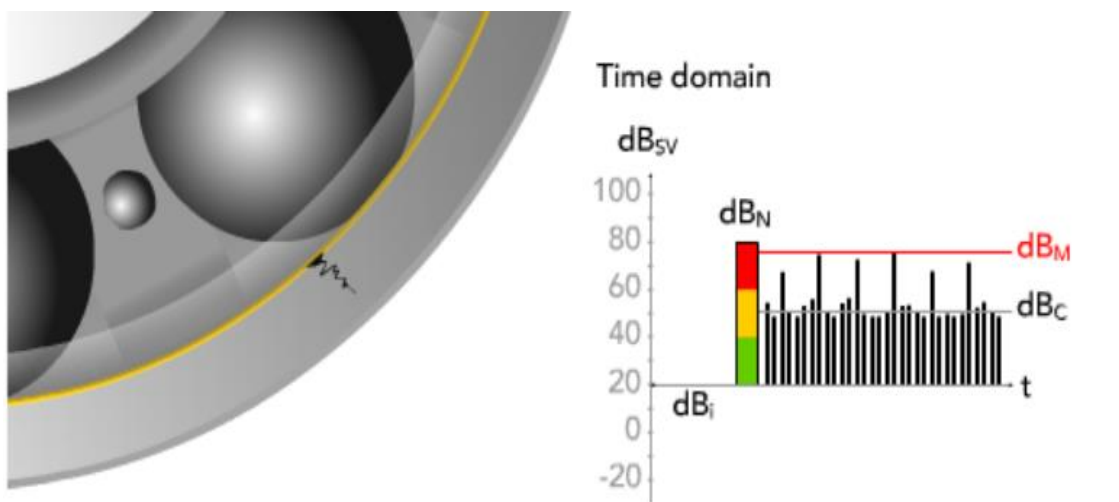
A rezgésdiagnosztika általánosságban véve a rezgésspektrum vizsgálatával alkot képet a gépek, gépelemek, berendezések állapotáról. A mechanikai jellegű meghibásodások, mint például kopások,

deformációk, felületi sérülések, repedések a gép rezgésspektrumának megváltozását eredményezik. E változások felismerésével és elemzésével megállapítható, hogy milyen kezdődő meghibásodás érinti a gépet [3,4].

A rezgésdiagnosztika hatékonyságának feltétele az, hogy az értéket hordozó jelet meg tudjuk határozni és fel tudjuk venni. Ez meglehetősen bonyolult feladat, hiszen egy adott mérési ponton nagyon sok rezgésösszetevő található, melyből elemzéssel ki kell szűrni a vizsgálni kívánt gépelemből érkező rezgéseket. Fontos, hogy az értékelhető jel érdekében megfelelő műszerrel kell rendelkezni, a mérési pontot megfelelően kell kiválasztani, valamint a különböző zavaró hatásokat ki kell szűrni. A hatékony diagnosztika további feltétele, hogy a megfelelő minőségben rendelkezésre álló jelből egyértelmű, könnyen értelmezhető, a gép állapotának jellemzésére alkalmas indikátorokat tudjunk származtatni [3].

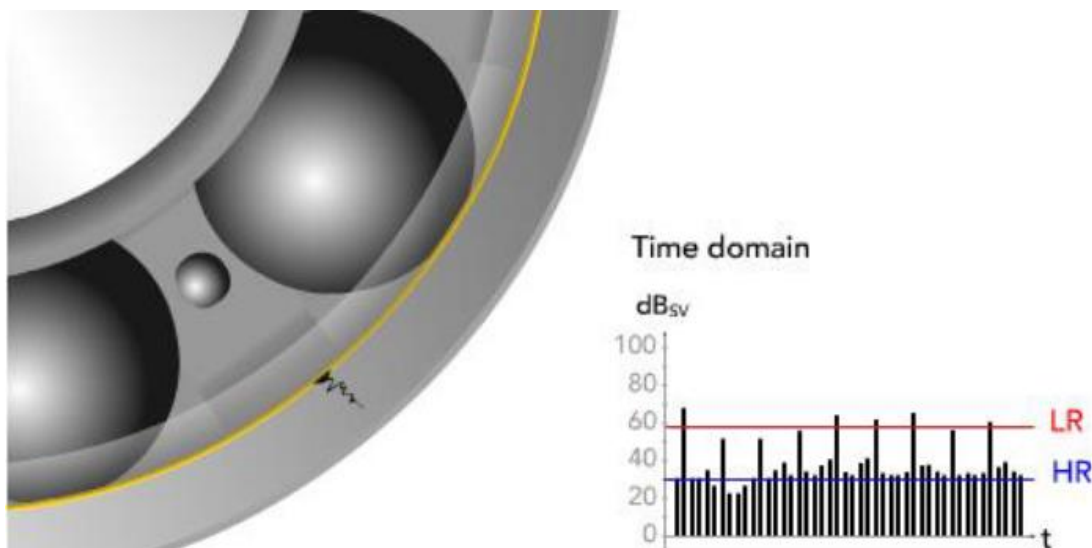
Az általános rezgésdiagnosztika jellemzően az effektív érték (RMS), PTP (Peak to Peak), valamint átlag értékek származtatásával alkot képet a gép állapotáról [5]. A csapágyak elemzése azonban ettől eltérő, speciális mérést és elemzést kíván. A csapágyrezgések energiaszintje akár több nagyságrenddel is alacsonyabb lehet, mint az egyéb géprezgéseké [3]. Ezért speciális módszer szükséges a feltárásukhoz és elemzésükhöz.

A csapágyon belül keletkező ütések a gép anyagában tovaterjednek, lökéshullámokat hoznak létre. E hullámok gyakoriságának és energiaszintjének érzékelésén alapszik az SPM (Shoch Pulse Method) eljárás. A mérés alapja különbözik a szokványos értelemben vett rezgésdiagnosztikától, ezért annak jellemző értékei nem alkalmazhatóak az elemzés során. A csapágyon belüli felületi sérülések, kenőanyag-film vékonyodások és más, ütések formájában megnyilvánuló hatások vizsgálata során az a lényeges, hogy a különböző energiaszintű lökésimpulzusok milyen gyakorisággal vannak jelen. Az eljáráson belül két különböző mérőszámpárost különböztetünk meg. A dBm/dBc mérés esetén rögzítjük azt a legnagyobb amplitúdószintet, mely alatt 200 impulzus/másodperc érkezik. Ez a szint a dBc, melyet dB mértékegységben határozunk meg, a „c” harmadik tag pedig a carpet level kifejezésből származik. Emellett rögzítjük azt a legnagyobb amplitúdószintet, mely alatt legalább 0,5 impulzus/másodperc érkezik. (az „m” harmadik tag a maximum level kifejezésből származik). A csapágyállapot jellemzésére a dBc szintet és a dBm-dBc szintkülönbséget használjuk (1. ábra) [3].



1. ábra. dBm/dBc értékek megjelenése elemzés során [3].

A másik mérőszám páros az LR/HR. Ebben az esetben azt a legnagyobb amplitúdósíntet rögzítjük, mely alatt legalább 1000 lökés fordul elő másodpercenként. Ez az érték lesz a HR érték (high rate of occurrence). Ezen kívül rögzítjük azt a legnagyobb amplitúdósíntet, melyen másodpercenként 40 lökés fordul elő. Ez az érték lesz az LR érték (low rate of occurrence). A csapágyállapot jellemzésére az előzőekhez hasonlóan a HR, valamint az LR-HR különbséget alkalmazzuk (2. ábra) [3].



2. ábra. LR/HR értékek megjelenése elemzés során [3].

A csapágyállapot meghatározásához a futófelületek és a gördülőelemek közti relatív mozgás során keletkező ütközések keltette impulzusok detektálása szükséges. Ezek az rezgésösszetevők a teljes géprezgés energiájának nagyjából 1%-át teszik ki, tehát kiemelésük technikailag nehéz feladat. E mérésekhez speciális rezgésérzékelők használatosak. Az ütés keltette lökés hullám a gép anyagában tovaterjed, az érzékelőhöz érve gerjeszti a lökésimpulzusérzékelőben elhelyezett tömeget. Az impulzus elvonulása után ez a tömeg csillapított rezgést végez. A hozzá csatlakoztatott piezoelektromos kristályban a mozgás következtében létrejövő nyomás hatására potenciálkülönbség alakul ki. Ez a potenciálkülönbség arányos a lökés hullám energiájával. A lökésimpulzusérzékelők és a hagyományos értelemben vett rezgésdiagnosztikai méréseknél alkalmazott gyorsulásmérők között sok hasonlóság figyelhető meg, működési elvük mégis különbözik. Mindkettő abszolút rezgés mérő, vagyis egy műszerházban elhelyezett csillapított rezgő rendszerből áll [6]. Utóbbiakról általánosságban elmondható, hogy széles frekvenciatartománnyal végzett mérésekre alkalmasak. Ebben a tartományban lineáris karakterisztikával rendelkeznek. A lökésimpulzusérzékelők hangolása ezzel szemben más, a gerjesztési frekvencia a lökés hullám frekvenciájának közelében helyezkedik el. Ez azért szükséges, mert a kis méretű hibák által keltett lökés hullámok energiája sokkal kisebb az egyéb géprezgésekénél, így a hullám frekvenciáját ki kell emelni ahhoz, hogy az ütések detektálhatók legyenek. A lökésimpulzusérzékelők rezonanciafrekvenciája 32 kHz közelében található, ennek közelében rendkívül érzékenyek, míg egyéb tartományba eső frekvenciakomponensek hatására csak alacsony kimeneti jelet produkálnak [3].

Az SPM elemzés alapját a dBm/dBc, illetve LR/HR értékek megállapítása, valamint az SPM spektrum felvétele alkotja. Az elemzés szoftveresen támogatott folyamat, az elemző szoftver a

lökésimpulzusok eloszlásából, energiaszintjéből, a dBm/dBc, LR/HR értékekből kiindulva határozza meg az alábbi jellemzőket: a csapágy kenettségi állapota (LUB érték), a futófelületek és gördülőelemek állapota (COND érték), a csapágy egészének általános állapota (COD A/B/C/D) [3].

Ép és megfelelően kent csapágy esetén a lökésimpulzusok energiaszintje normális eloszlást mutat, a HR értékek alacsonyak, szőnyegszerűen terülnek el az időtartományon. (Ebben a fázisban az LR érték nem definiálható.) Az átlagérték függ a működési körülményektől, a beszerelés pontosságától és a terheléstől is. Amennyiben a csapágy gördülőelemei közötti kenőfilmvastagság csökken, hasonló kép alakul ugyan ki, de az átlagos energiaszint megnövekszik, ezzel együtt természetesen a HR érték is megnő. Amennyiben sérülés jelenik meg valamelyik felületen (kopás, repedés, stb.), a sérülés helyétől és a fordulatszámától függő gyakorisággal az alapzajhoz képest nagy energiájú szabályosan ismétlődő csúcsok jelennek meg a jelben. Ekkor már definiálható az LR érték is [3].

A korábban említett jellemzők: LUB, COND, CODE a következő műszaki tartalommal bírnak. A LUB érték (1. táblázat) a csapágy megfelelő, vagy éppen elégtelen kenéséről ad információkat számunkra. Ez azért fontos, mert ugyan a csapágyazások esetében a kenőfilm vastagságot befolyásoló tényezők egy része állandó, azaz nem tudunk rajta változtatni (csapágyház kialakítás, csapágy geometria, stb.), de vannak olyan tényezők, melyek megváltoztathatók. Így elősegíthető az optimális kenőfilm kialakulása, amely a csapágyélettartam növeléséhez vezet. Ilyen tényező lehet például az egytengelyűség beállítása, vagy a megfelelő mennyiségű (és minőségű) kenőanyag megválasztása és folyamatos biztosítása [3].

**1. táblázat.** Különböző LUB értékek jelentése a csapágytípusok esetében (saját szerkesztés [3] alapján).

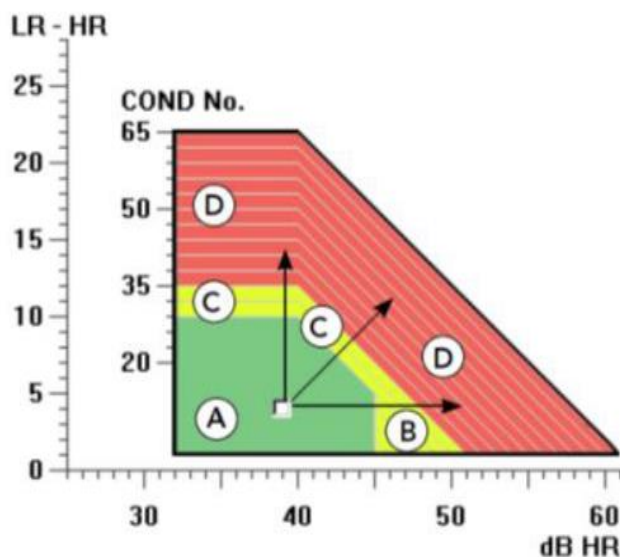
Golyós csapágyak esetén	Egyéb görgős csapágyak esetén
LUB 0: szárazon futás	LUB 0: szárazon futás
LUB 1-2: még éppen megfelelő kenőfilm	LUB 1-4: még éppen megfelelő kenőfilm
LUB 3-4: megfelelő kenőfilm	LUB >4: megfelelő kenőfilm

A LUB érték mintájára a COND érték a csapágy futófelületeinek állapotáról nyújt információkat egy 0-65-ig terjedő skálán. Ezen a közel 50%-hoz tartozó 30 érték már kezdődő károsodásra utal (2. táblázat). Ez az érték a sérülés mértékének fokozódásával arányosan növekszik [3].

**2. táblázat.** COND értékekhez tartozó felületi állapotok (saját szerkesztés [3] alapján).

COND érték	Felületek állapota
20-30	megfelelő állapot (jelentéktelen hiba)
30-40	kezdődő károsodás jelenléte
40-től	a felületek súlyosan károsodtak

A HR, valamint az LR-HR értékek alapján 4 különböző tartomány különböztethető meg, mely tartományok a 3. ábrán szereplő példán láthatók. Az ábrán látható belső koordináta rendszer a csapágyparaméterek, valamint egyéb üzemeltetési körülmények alapján különböző helyeket foglalhat el a külső abszolút koordináta rendszerben. A négy különböző állapot jelentését a 3. táblázat tartalmazza.



3. ábra. Lubmaster kiértékelő grafikon (példa) [4].

3. táblázat. CODE értékek jelentése (saját szerkesztés [3] alapján).

CODE	Jelentés
A	A csapágy állapota jó.
B	A kenés elégtelen, szárazon futás.
C	Kezdődő felületi sérülés van jelen, fennáll a további károsodás veszélye.
D	A csapágy károsodott.

### 3. Diagnosztikai módszer gyakorlati alkalmazása

A következőkben a diagnosztikai módszer egy gyakorlati alkalmazását mutatom be. A Borsodi Sörgyár Kft. telephelyén üzemelő HK1 számú hűtőkompresszor csapágyának meghibásodása 2013-ban következett be. Ez az eset a hiba súlyossága miatt számomra nagyon érdekes volt. A kompresszorban az SKF által gyártott 7310BECBP típusú gördülőcsapágy üzemelt, mely egy ferde hatásvonalú csapágy 50 mm-es belső átmérővel, 110 mm-es külső átmérővel. Dinamikus alapterhelése 75 kN, míg statikus alapterhelése 51 kN, gördülőelemeinek száma: 11. A csapágméréseket ezen a gépen fél éves gyakorisággal végezte a Műszaki Szolgáltató Osztály. A mért értékekről általánosságban elmondható, hogy a HR értékek 33-37 között mozogtak, míg az LR értékek 38-42 között. Mindezek azt mutatták, hogy megfelelő kenőfilm alakul ki a csapágyakban, felületi sérüléseknek, meghibásodásnak nincs nyoma. A 2013. márciusában esedékes mérés alkalmával azonban kiugró értékek születtek: LR: 57, HR: 46. Ezekhez 59-es COND szám tartozott, mely a csapágy egyértelmű károsodására utalt. A mérést még aznap megismételte a diagnosztikai szakember, mely esetben már rendkívül alacsony értékek (LR: 22, HR: 11) születtek. A diagnosztikai rendszer kapcsolatainak ellenőrzése után megállapításra került, hogy a rendkívül alacsony értékeket az okozza, hogy a csapágy megszorult, elkezdett forogni a házban, így a gördülőelemek közötti relatív sebesség lecsökkent. A diagnosztikai adatokra hivatkozva a gépet azonnal

leállították. A csapágy cseréje után a kiszertelt alkatrészt szemügyre vettük, és nyilvánvalóvá vált a jelenség oka: a csapágy kosárszerkezete kettétört (4. ábra). Ennek következtében a gördülőelemek összetorlódtak, megszorultak [1].



4. ábra. Sérült csapágy a kiszertelés után (Forrás: saját felvétel)

Ezen eset nyomán a diagnosztikai csapat javasolta a diagnosztikai mérések közötti időintervallum csökkentését, hogy a későbbi károsodások korábbi fázisban észlelhetőek legyenek. Ez az eset jó példa arra is, hogy amennyiben kezdődő sérülés, állapotromlás látható, a mérési intervallumot sűríteni kell, így a javításra időben fel lehet készülni, tervezni lehet, valamint az ehhez hasonló súlyos esetek elkerülhetőek [1].

#### 4. Összefoglalás

A csapágyak élettartama nagy szórást mutat az üzemeleési körülmények különbözősége miatt. Ezért az előre meghatározott időnkénti cseréjük mindenképpen gazdaságtalan megoldásnak tekinthető. Amennyiben a csereintervallumot az élettartam számítás szokásos képlete alapján határozzuk meg, annak az lesz az eredménye, hogy a még tökéletesen működőképes csapágyakat is kidobjuk, ezzel a csapágy valóságos élettartamának nagy része kárba vész. A másik véglet az, ha a számított időtartamnál jóval nagyobb időtartamot határozzuk meg, ekkor viszont számolni kell azzal a következménnyel, hogy a csapágy nagyobb valószínűséggel megy tönkre üzem közben, ekkor pedig a meghibásodás anyagi

vonzatai terhelik a vállalatot. A fontos gépek nagyértékű csapágyai tipikusan azon gépelemek közé tartoznak, melyeknél az állapot alapján meghozott döntés jelentős haszonnal jár. [1]

## 5. Felhasznált irodalom

- [1] Orosz P. (2017): *Rezgésdiagnosztikával (SPM) detektálható hibák csapágyaknál*. Miskolc, Miskolci Egyetem, 2017. évi Tudományos Diákköri Konferencia.
- [2] Szendrő P. (2007): *Gépelemek*, Mezőgazda Kiadó
- [3] Kocsis I. (2014): *Zöld energia felhasználását biztosító gépészeti rendszerek diagnosztikája*. Debrecen, Debreceni Egyetem, ISBN 978-963-473-785-8
- [4] Dömötör F. (2008): *Rezgésdiagnosztika*, Dunaújváros.
- [5] Nagy I. (2006): *Műszaki diagnosztika I.* Paks, Delta-3N Kft., ISBN 963-060807-3
- [6] Lakatos I. (2006): *Műszaki diagnosztika*, Széchenyi István Egyetem

Jelen cikk a szerző engedélyével jelent meg másodközlésben. Az első megjelenés bibliográfiai adatai: Orosz Péter: *Csapágyak elemzése SPM rezgésdiagnosztikával*. Diáktudomány: A Miskolci Egyetem Tudományos Diákköri Munkáiból 11. pp. 95-101. (2018)