

# Állapotfüggő Karbantartás Műszaki Diagnosztika I.

Rezgésdiagnosztika

Dr. Nagy István

2006.

## Tartalom

<b>Előszó</b> .....	<b>9</b>
<b>A szerzőről</b> .....	<b>10</b>
<b>1. Bevezetés</b> .....	<b>11</b>
<b>2. Karbantartási stratégiák</b>	<b>13</b>
Üzemelés meghibásodásig	13
Tervszerű megelőző karbantartás	13
Állapotfüggő karbantartás	15
Megelőző karbantartás	16
Kockázat alapú karbantartás	18
<b>3. Rezgés tan alapjai</b>	<b>20</b>
Mi a rezgés	20
Alapfogalmak	21
A rezgés vektoros ábrázolása	28
<b>4. Mechanikai rezgés</b>	<b>31</b>
Egyszabadságfokú harmonikus rezgés	31
Harmonikus rezgések összege, lebegés	35
Harmonikus rezgés csillapítással	36
Kényszerrezgés csillapítás nélkül	41
Kényszerrezgés csillapítással	43
Kettő- és több szabadságfokú rezgés	46
Kétszabadságfokú tömeg-rugó rendszer szabad harmonikus mozgása	47
Két összekapcsolt inga viselkedése	51
A kétszabadságfokú rendszerek szabad mozgásának általános leírása	54
Kétszabadságfokú rendszer gerjesztett harmonikus mozgása	55
<b>5. A rezgés vizsgálat néhány alapfogalma</b>	<b>57</b>
A rezgés additivitása, összetett rezgés	57
Rezgés amplitúdó és frekvencia skálák	58
Fázis	64
Idő- és frekvencia tartomány, Fourier transzformáció	66
<b>6. Rezgés jelek mérése és feldolgozása</b>	<b>67</b>
Érzékelők	67
Elmozdulás érzékelők	67
Sebesség érzékelők	68
Rezgésgyorsulás érzékelők	69
Analóg-digitális jelátalakítás	72

Aliasing	74
Analizátorok, spektrumanalízis	76
Időben korlátozott jelek spektruma, ablakfüggvények	87
Kifolyás	90
Léckerítés effektus	91
Ablakolás	93
Háromszög (Bartlet) ablak	95
Hann-ablak, vagy Hanning-ablak	95
Hamming-ablak	98
Blackman-ablak	99
Átlagolás	100
Átlapolás	101
<b>7. Rezgésvizsgálat néhány módszere</b>	<b>104</b>
Időjelek vizsgálata	104
Gépek tengelyének mozgása: Orbitok	104
Az orbit és a teljes spektrum kapcsolata	105
Időszinkron mintavételezés	106
Crest Factor	108
Kényszerrezgések vizsgálata	109
Sajátfrekvenciás rezgések, rezonancia jelenségek	110
Teljesítménysűrűség spektrum	114
Cepstrum analízis	114
Demodulált spektrum	118
Amplitúdó moduláció a gépállapot diagnosztikában	119
Root Cause Failure Analysis (RCFA)	123
Fázis vizsgálatok	124
Gépek rezgésszintjének mérése, szabvány-előírások	125
A frekvencia analízis White-féle szabályai	126
<b>8. Rendszerek, szerkezetek dinamikai vizsgálata</b>	<b>130</b>
Parseval teorémája	130
Autókorreláció függvény	131
Weiner-Hincsin tétel	132
Rendszer analízis	132
Súly- és átviteli függvény	133
Teljesítmény átviteli függvény	134
Keresztkorreláció- és kereszt-teljesítménysűrűség függvény	134
Koherencia	136
Lineáris és nem-lineáris rendszerek	136
Szerkezetek dinamikai vizsgálata	138
ODS Üzemi rezgésalak vizsgálat	139
Modálanalízis alapjai	140
Mobilitás mérések	142
Kísérleti modálanalízis	147

---

<b>9. Gépek rezgésvizsgálata a gyakorlatban</b>	<b>155</b>
Mérőpontok elhelyezése	156
Egyirányú- és triaxiális érzékelők	157
Érzékelő orientáció	157
Mérési körülmények	158
Rezgésfelügyelet	159
Mérési ciklusidők	160
Spektrumok összehasonlítása, normalizáció	161
Referencia spektrum	162
Spektrum maszk	163
Trendelemzés	164
Gerjesztési frekvenciák	165
Rezgésspektrumok kiértékelése	167
Rezgéselemzéshez szükséges gépadatok	167
Adat validitás	168
A spektrumelemzés lépései	170
<b>10. Gépállapot diagnosztika</b>	<b>172</b>
Mechanikai hibák	173
Kiegyensúlyozatlanság	173
Statikus kiegyensúlyozatlanság	174
Dinamikus kiegyensúlyozatlanság	175
Összetett kiegyensúlyozatlanság	176
Egyoldalt csapágyazott forgórész kiegyensúlyozatlansága	176
Kiegyensúlyozatlanság vertikális gépek esetén	177
Excentrikus forgórész	178
Tengely beállítási hiba	178
Párhuzamos tengely beállítási hiba	179
Szögbeli tengely beállítási hiba	180
Összetett tengely beállítási hiba	181
Hőmérséklet hatása a tengelybeállításra	182
Görbült tengely	182
Tengely beállítási hiba és a görbült tengely megkülönböztetése	183
Ferdén beépített csapágy	183
Kuplunghibák	185
Siklócsapágyas gépek diagnosztikája	186
Olajörvénylés, olajfilm instabilitás (whirl) és olajütés (whip)	
a siklócsapágyakban	188
Siklócsapágy lazulás, hézagprobléma	189
Siklócsapágy kenési hiányosságok, súrlódás	191
Siklócsapágyas gépek támcsapágy kopása	192
Siklócsapágyas gépek tengely beállítási hibája	192
Gördülőelemes csapágyak hibái	194
Gördülőelemes csapágy kopása, lazulása	202

Mechanikai lazulás	202
Forgórész belső megfogásának lazulása	203
Strukturális lazulás	204
Talpcsapágy lazulás	205
Rezonancia Jelenségek	205
Gépek rezonancia problémája	206
Külső gerjesztés	207
Forgórész tengelyrepedés, tengelytörés	218
Villamos eredetű hibák	211
AC motorok	211
Zárlatos vasmag	213
Laza áramszedők, fázis-probléma	213
Forgórész deformációja hő hatására	214
Légrés excentrikusság, laza forgórész	214
Laza forgórész rudak	215
Görbült, vagy törött forgórész rúd	216
Rotor rúd monitorozás motoráram analízissel	217
Excentrikus forgórész	218
Állórész ovalitása, excentricitása	218
Állórész tekeresszám frekvencia	219
Laza állórész tekerceselés	220
Motor puhaláb	220
DC motorok vizsgálata	221
Áramlás keltette rezgés	222
Centrifugális szivattyúk, ventilátorok vizsgálata	222
Kavitáció centrifugális szivattyúkban	224
Áramlási turbulencia	225
Turbina diagnosztika	227
Fogaskerekes szivattyúk diagnosztikája	228
Csavarszivattyúk felügyelete	228
Axiális átfolyású ventilátorok	228
Centrifugális ventilátorok	229
Centrifugális kompresszorok	229
Szíj- és lánchajtású gépek vizsgálata	230
Rosszul illesztett, kopott, vagy megnyúlt szíj, lánc	230
Excentrikus tárcsa, tárcsaütés	231
Szíj, vagy lánc beállítási hiba	232
Szíj, lánc rezonancia, vagy ütés	233
Hajtóművek rezgésfelügyelete	234
Fogaskerék áttétel	234
Fogaskerék kopás	235
Fogaskerék túlterhelés	236
Fogaskerék foghézag, túl nagy holtjáték	237

---

Sérült, repedt, vagy törött fog	238
Excentrikus fogaskerék, vagy görbült tengely	239
Tarokkírozó hajtómű fogak	239
Fogaskerekek tengely beállítási hibával	240
Bolygó hajtómű	241
Fogaskerék szellemfrekvencia	243
Fogszámok közös osztóval	243
Dugattyús gépek rezgésvizsgálata	243
Dugattyús kompresszorok, robbanó- és diesel motorok	243
<b>12. Irodalomjegyzék</b>	<b>245</b>
<b>11. Név és tárgymutató</b>	<b>249</b>