

# **ANYAGDIAGNOSZTIKA**

ANYAGMÉRNÖK MESTERKÉPZÉS  
ANYAGDIAGNOSZTIKA SZAKIRÁNY

TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

MISKOLCI EGYETEM GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR  
GÉPELEMEK TANSZÉKE

MISKOLC, 2008.

## **Tartalomjegyzék**

1. Tantárgyleírás, tárgyjegyző, óraszám, kreditérték
2. Tantárgytematika (óraóra lebontva)
3. Minta zárthelyi
4. Vizsgakérdések, vizsgáztatás módja
5. Egyéb követelmének

## 1. TANTÁRGYLEÍRÁS

<b>A tantárgy/kurzus címe:</b>	<b>A tantárgy/kurzus száma:</b>	<b>Félév:</b>
ANYAGDIAGNOSZTIKA	Anyagmérnök MS 02	2
<b>A kurzus típusa</b>	<b>Óraszám/hét</b>	<b>Kreditek száma</b>
ELŐADÁS+gyakorlat	2+1 K	4

**Tárgyjegyző és előadótanár:** Sarka Ferenc egyetemi tanársegéd  
**Intézet/Tanszék:** Gépészmérnöki és Informatikai Kar  
Gépelemek Tanszéke

### **A kurzus státusza a tanulmányi programon belül:**

Az MS anyagmérnök anyagdiagnosztikai szakirány számára kötelező tárgy

### **A kurzus célja**

A hallgatók megismerkednek a különböző rezgésdiagnosztikai modellekkel és azok gyakorlati alkalmazásával.

### **A kurzus leírása:**

Gépészeti rezgésdiagnosztika

Diagnosztikai módszerek, az egyes eljárások összehasonlítása, alkalmazási lehetőségei, jelentőségük a korszerű karbantartásban. Rezgésjellemzők, alapvető rezgéstani alapfogalmak. Szintek, műveletek szintekkel. Jeladók, rezgésmérési módszerek (különös tekintettel a tranziens folyamatokra), alkalmazható műszerek és eljárások. Testhang- és léghangmérés. Gépállapotra vonatkozó előírások és műszaki irányelvek. Frekvenciamérés. Színkép és kiértékelési lehetőségei. Fourier-analízis, gyors Fourier-analízis. A frekvenciák és a lehetséges hibaforrások azonosítása. Különböző elempárok és gépegységek jellegzetes frekvenciái, azok lehetséges torzulásai, modulációs jelenségek. A megbízhatóságelmélet alkalmazása. Határértékek egyedi és tömegtermékeknél, ill. ezek megállapítási lehetőségei. Gazdaságossági kérdések, elérhető eredmények.

### **A kreditpontok megszerzésének követelményei:**

2 db félévközi zárthelyi sikeres megírása, vizsgajegy megszerzése

### **Oktatási módszer:**

Előadások, írásvetítő használatával, laboratóriumi gyakorlat alapján.

### **Előfeltételek:**

Diagnosztika I. sikeres vizsga

### **Oktatási segédeszközök:**

Kováts A.: Gépszerkezettan. Műszaki akusztika. Tankönyvkiadó, Bp. 1985.

Sólyomvári K.-Lipovszky Gy.-Varga G.: Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1981.

Dömötör F. (szerk.): Rezgésdiagnosztika I. Főiskolai kiadó, Dunaújváros, 2008.

### **Vizsgáztatási módszer:**

Szóbeli és írásbeli vizsga

### **Kell-e jelentkezni a kurzusra:**

Igen, a félév megkezdése előtti héten, számítógépen

**Értékelés:** 25% évközi ZH és 75% vizsga súllyal

## 2. TANTÁRGYTEMATIKA

Tantárgytematika (Ütemterv)  
2007/2008. II. félév

Diagnosztika II. Anyagmérnöki MS. Anyagdiagnosztika szakirány I. évf. II. félév  
2 e + 1 K

Hét	Előadás	Gyakorlat
1.	Diagnosztikatörténeti áttekintés Rezgéstani alapfogalmak	Számítási példák (rezgések)
2.	Harmonikus rezgések összegzése Csillapítatlan és csillapított rezgések, jellemző mennyiségek	Számítási példák (rezgések)
3.	Rezgésjelek feldolgozása	Ellenőrző feladat Számítási példák
4.	Rezgések felbontása, Fourier-transzformáció	Rezgésanalízis
5.	Szintek, műveletek szintekkel	Szintszámítások
6.	Terjedési jellemzők, terjedési viszonyok	Térjellelmzők számítása
7.	Műszerek	Ellenőrző feladat
8.	Műszerek	<b>1. zárthelyi</b>
9.	Jellegzetes berendezések zaj- és rezgésforrásai, jellemzői Villamos gépek	1. labormérés Rezgésjellelmzők
10.	Jellegzetes berendezések zaj- és rezgésforrásai, jellemzői Csapágyazások	2. labormérés Időben változó jelek feldolgozása
11.	Jellegzetes berendezések zaj- és rezgésforrásai, jellemzői Hajtások	3. labormérés Rezgésanalízis
12.	Jellegzetes berendezések zaj- és rezgésforrásai, jellemzői Hidraulikus berendezések	4. labormérés Rezgésanalízis
13.	Jellegzetes berendezések zaj- és rezgésforrásai, jellemzői Légtechnikai és technológiai berendezések	<b>2. zárthelyi</b>
14.	Rezgésdiagnosztikai rendszerek, állapot kiértékelés	Pótzárthelyi

A tantárgy lezárásának módja: vizsga

A gyakorlati jegy megszerzésének módja:

- a gyakorlatok látogatása 100%-ban,
- 2 db zárthelyi elégséges szintű megírása (elégséges szint 60%).

Ajánlott irodalom:

*Kováts A.*: Gépszerkezettan. Műszaki akusztika. Tankönyvkiadó, Bp. 1985.

*Sólyomvári K.-Lipovszky Gy.-Varga G.*: Gépek rezgésvizsgálata és a karbantartás. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1981.

*Dömötör F.* (szerk.): Rezgésdiagnosztika I. Főiskolai kiadó, Dunaújváros, 2008.

A zárthelyik írása során a mobiltelefon használata tilos!

Sarka Ferenc  
egyetemi tanársegéd

Dr. Döbröczöni Ádám  
tanszékvezető egyetemi tanár

### 3. MINTA ZÁRTHELYI

**„Minta”Zárthelyi feladatsor  
(A feladatsor megoldására rendelkezésre álló idő 120 perc)**

1. Diagnosztikai feladatoknál az állapot megítélésére
  - a) Mely rezgésjellemzőket mikor célszerű felhasználni?
  - b) Miért?
  - c) Milyen rezgésérzékelők alkalmasak erre?
2. Mi a piezoelektromos hatás, és az milyen jelentőséggel bír rezgésméréseknél? Nevezzen meg egy konkrét gyakorlati példát előfordulására!
3. Tömegeből, rugóból és csillapító elemből álló rendszer gerjesztését megszüntetve amplitúdója  $q = 5$  lengés után hatodára csökken. Mekkora a rendszer csillapítására jellemző logaritmikus dekrementum?
4. Határozza meg két harmonikus rezgés eredőjét, ha az összetevők
$$f_1(t) = A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$
és
$$f_2(t) = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2),$$
továbbá
$$A_2 = 2A_1, \quad \omega_1 = \omega_2 = \omega, \quad \varphi_1 = 25^\circ \quad \text{és} \quad \varphi_2 = 46^\circ$$
5. Készítsük el az alábbi  $g(t)$  függvény Fourier-analízisét legalább három tagig! Ábrázoljuk az összetevőket!

$$0 \leq t \leq \frac{T}{2}; \quad y = 0$$

$$\frac{T}{2} < t \leq T; \quad y = 1$$

stb.

6. Villamos motor ékszíjhajtáson át lassító áttétellel hajt meg egy egyfokozatú fogaskerék hajtóművet. Számítással határozza meg a rendszer valamennyi lehetséges gerjesztési frekvenciáját!. A hajtás végig lassító!

Adatok:

a villamos motor fordulatszáma:  $n_m = 2880 \text{ min}^{-1}$ ;

az ékszíjtárcsák névleges átmérője:  $d_1 = 205 \text{ mm}$ ;

$d_2 = 525 \text{ mm}$ ;

a fogaskerekek fogszámai:  $z_1 = 19$ ;

$z_2 = 47$ .

7. Adott egy villamos motorral közvetlenül hajtott egylépcsős fogaskerék hajtómű. Ismerjük spektrumából a következő három értéket 1,5 %-nál kisebb hibával:

$$f_1 = 12 \text{ Hz}; f_2 = 48 \text{ Hz}; f_3 = 870 \text{ Hz}.$$

- a) Állapítsa meg a hajtómű mindkét tengelyének fordulatszámát és a fogaskerekek fogszámaikat!
  - b) Egészítse ki a kapott adatok alapján a spektrumot!
8. Milyen jellegzetes frekvenciák tapasztalhatók siklócsapágyaknál?
  9. Mit értünk a rezgésérzékelőknél érzékenység alatt?
  10. A magnetostrikciós eredetű rezéseknél
    - a) mekkora az alapfrekvencia és miért?
    - b) Mi a magnetostrikció?
    - c) Hogyan befolyásolható nagysága?
    - d) Milyen gépeknél kell fellépésére számítani?

**A „MINTA” ZÁRTHELYI megoldása és értékelése**

1. Diagnosztikai feladatoknál az állapot megítélésére

- a) Mely rezgésjellemzőket mikor célszerű felhasználni?
- b) Miért?
- c) Milyen rezgésérzékelők alkalmasak erre?

Megoldás:

- a) élő szervezeteknél a rezgésgyorsulás gépállapotnál, épületeknél stb. a rezgése sebesség
- b) működőképességét befolyásolja (ld. Infrahangok észlelése) a károsodás energiatartalomra;
- c) bármely rezgésérzékelő a műszer felépítésétől függően.

2. Mi a piezoelektromos hatás, és az milyen jelentőséggel bír rezgésméréseknél? Nevezzen meg egy konkrét gyakorlati példát előfordulására!

Megoldás:

Piezoelektromos elven működő gyorsulásérzékelőknél töltésvándorlás akkor is fellép, ha a zárófelületek eltérő hőmérsékleten vannak. Pl.: meleghengertől csapágytökök rezgésmérése.

3. Tömegeből, rugóból és csillapító elemből álló rendszer gerjesztését megszüntetve amplitúdója  $q = 5$  lengés után hatodára csökken. Mekkora a rendszer csillapítására jellemző logaritmikus dekrementum?

Megoldás: 
$$\delta = \frac{1}{q} \ln \frac{A_n}{A_{n+q}} = \frac{1}{5} \ln 6 \approx 0,36$$

4. Határozza meg két harmonikus rezgés eredőjét, ha az összetevők

$$f_1(t) = A_1 \sin(\omega_1 t + \varphi_1)$$

és

$$f_2(t) = A_2 \sin(\omega_2 t + \varphi_2),$$

továbbá

$$A_2 = 2A_1, \quad \omega_1 = \omega_2 = \omega, \quad \varphi_1 = 25^\circ \quad \text{és} \quad \varphi_2 = 46^\circ$$

Megoldás: Az eredő

$$f_e = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$

ahol

$$\begin{aligned} A &= \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = \sqrt{A_1^2 + 4A_1^2 + 4A_1A_1 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = \\ &= \sqrt{5A_1^2 + 4A_1^2 \cos(46^\circ - 25^\circ)} = A_1 \sqrt{5 + 4 \cos 21^\circ} \end{aligned}$$

és

$$\begin{aligned}\varphi_0 &= \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} = \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin 25^\circ + 2A_1 \sin 46^\circ}{A_1 \cos 25^\circ + 2A_1 \cos 46^\circ} = \\ &= \operatorname{arctg} \frac{\sin 25^\circ + \sin 46^\circ}{\cos 25^\circ + \cos 46^\circ}\end{aligned}$$

5. Készítsük el az alábbi  $g(t)$  függvény Fourier-analízisét legalább három tagig! Ábrázoljuk az összetevőket!

$$0 \leq t \leq \frac{T}{2}; \quad y = 0$$

$$\frac{T}{2} < t \leq T; \quad y = 1$$

stb.

Megoldás:

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T g(t) dt = \frac{1}{T} \left[ M \frac{T}{2} \right] = \frac{M}{2},$$

$$A_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos \frac{2k\pi t}{T} dt = \frac{2}{T} \int_{T/2}^T M \cos \frac{2k\pi t}{T} dt = \frac{2M}{T} \frac{T}{2k\pi} \left[ \sin \frac{2k\pi t}{T} \right]_{T/2}^T = 0,$$

mert

$$\sin \frac{2k\pi T}{T} - \sin \frac{2k\pi T/2}{T} = 0.$$

Tehát koszinuszos összetevő nem lesz, ez a  $g(t)$  függvény páratlan jellegéből előre látható volt.

$$\begin{aligned}B_k &= \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin \frac{2k\pi t}{T} dt = \frac{2M}{T} \int_{T/2}^T \sin \frac{2k\pi t}{T} dt = \frac{2M}{T} \frac{T}{2k\pi} \left[ -\cos \frac{2k\pi t}{T} \right]_{T/2}^T = \\ &= \frac{M}{k\pi} \left[ -\cos \frac{2k\pi T}{T} + \cos \frac{2k\pi T/2}{T} \right] = \frac{M}{k\pi} (1 - \cos k\pi),\end{aligned}$$

ha

$$k = 1 \Rightarrow B_1 = -\frac{M}{\pi} (1 - \cos \pi) = -\frac{2M}{\pi} 1$$

$$k = 2 \Rightarrow B_2 = -\frac{M}{2\pi} (1 - \cos 2\pi) = 0$$

$$k = 3 \Rightarrow B_3 = -\frac{M}{3\pi} (1 - \cos 3\pi) = -\frac{2M}{\pi} \frac{1}{3}$$

$$k = 4 \Rightarrow B_4 = -\frac{M}{4\pi} (1 - \cos 4\pi) = 0$$

$$k = 5 \Rightarrow B_5 = -\frac{M}{5\pi} (1 - \cos 5\pi) = -\frac{2M}{\pi} \frac{1}{5}$$

Ebből a  $g(t)$  függvény

$$g(t) = \frac{M}{2} - \frac{2M}{\pi} \left[ 1 \sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots + \right]$$



6. Villamos motor ékszíjhajtáson át lassító áttétellel hajt meg egy egyfokozatú fogaskerék hajtóművet. Számítással határozza meg a rendszer valamennyi lehetséges gerjesztési frekvenciáját!. A hajtás végig lassító!

Adatok:

a villamos motor fordulatszáma:  $n_m = 2880 \text{ min}^{-1}$ ;  
 az ékszíjtárcsák névleges átmérője:  $d_1 = 205 \text{ mm}$ ;  
 $d_2 = 525 \text{ mm}$ ;  
 a fogaskerek fogszámai:  $z_1 = 19$ ;  
 $z_2 = 47$ .

Megoldás:

$$n_{\text{vill}} = 100 \text{ Hz}$$

$$f_{t1} = \frac{2880}{60} = 48 \text{ Hz}$$

$$f_{t2} = \frac{2880}{60} \frac{205}{525} = 18,74 \text{ Hz}$$

$$f_{t3} = \frac{2880}{60} \frac{205}{525} \frac{19}{47} = 8,903 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{2880}{60} \frac{205}{525} 19 \cong 356,1 \text{ Hz}$$

$$f_{sz} = 2t \frac{v}{t}$$

oldalsávok:

$$f_2 \pm 2f_{t2}$$

$$f_2 \pm 2f_{t3}$$

továbbá harmonikusok,  
 hibafrekvenciák,  
 csapágyfrekvenciák.

7. Adott egy villamos motorral közvetlenül hajtott egylépcsős fogaskerék hajtómű. Ismerjük spektrumából a következő három értéket 1,5 %-nál kisebb hibával:

$$f_1 = 12 \text{ Hz}; f_2 = 48 \text{ Hz}; f_3 = 870 \text{ Hz}.$$

- c) Állapítsa meg a hajtómű mindkét tengelyének fordulatszámát és a fogaskerek fogszámainak!
- d) Egészítse ki a kapott adatok alapján a spektrumot!

Megoldás:

$$f_{t1} = \frac{n_1}{60} \rightarrow 48 \text{ Hz}$$

$$f_{t2} = \frac{n_1}{60} \frac{z_1}{z_2} \rightarrow 12 \text{ Hz}$$

$$f_2 = \frac{n_1}{60} z_1 \rightarrow 870 \text{ Hz}$$

$$n_1 = 48 \cdot 60 = 2880 \text{ min}^{-1}$$

$$48 \cdot z_1 = 870,$$

ebből

$$z_1 = \frac{870}{48} \cong 18,13 \rightarrow z_1 = 18,$$

ill.

$$48 \frac{18}{z_2} = 12 \rightarrow z_2 = \frac{48 \cdot 18}{12} = 72,$$

$$n_2 = 2880 \frac{18}{72} = 720 \text{ min}^{-1}.$$

Ellenőrzés:

$$f_2 = \frac{2880}{60} 18 = 864 \text{ Hz},$$

$$\delta f = \frac{870 - 864}{864} \cong 0,007 < 0,015,$$

tehát a számítás helyes!

8. Milyen jellegzetes frekvenciák tapasztalhatók siklócsapágyaknál?

Megoldás: - tengelyfrekvencia és harmonikusai,  
- transzformációs frekvencia

9. Mit értünk a rezgésérzékelőknél érzékenység alatt?

Megoldás:

$$\eta = \frac{U}{a} \left[ \frac{\text{mV}}{\text{ms}^{-2}} \right]$$

10. A magnetostrikciós eredetű rezgéseknél

a) mekkora az alaphfrekvencia és miért?

b) Mi a magnetostrikció?

c) Hogyan befolyásolható nagysága?

d) Milyen gépeknél kell fellépésére számítani?

Megoldás:

- f=100 Hz a hálózati gerjesztés,
- ferromágneses anyagok alakváltozása mágneses erőterben,
- anyagminőséggel,  
anyagszerkezettel,  
technológiával,
- valamennyi villamosgépnél;

#### 4. VIZSGAKÉRDÉSEK, A VIZSGÁZTATÁS MÓDJA

Számonkérés:

A vizsga írásbeli és szóbeli. Az írásbeli időtartama 120 perc, amelyet szóbeli követ. Az írásbeli kb. 70%-a konkrét számítási feladat, kb. 30% elméleti jellegű. A szóbeli vizsga az elméleti részre épül, de kiegészítheti az írásbeli anyagát is, messzemenően gyakorlati jelleggel. Szóbeli vizsgára csak akkor kerülhet sor, ha a vizsga zárthelyi legalább elégséges minősítésű. A szóbeli időtartama max. 30 perc.

1. Rezgésjellemezők
2. Rezgésjellemezők mérési lehetőségei
3. Mérőrendszerek felépítése, az egyes egységek feladata
4. Érzékelők
5. Szűrők
6. Dinamika választás
7. Kijelzők
8. Műszerrendszerek kiegészítő elemei
9. Diagnosztikai rendszerek
10. Rezgésjellemezők felhasználása a diagnosztikában
11. Fourier-transzformáció
12. Gyors Fourier-transzformáció
13. Digitalizálás
14. A digitális adatfeldolgozás előnyei és hibái
15. Rezgésjellemezők időfüggvényei
16. Villamosgépek rezgésjellemezői
17. Csapágyazások rezgésjellemezői
18. Fogaskerék hajtások rezgésjellemezői
19. Rugalmas hajtások rezgésjellemezői
20. Lánchajtások rezgésjellemezői
21. Hidraulikus és pneumatikus berendezések rezgésjellemezői
22. Légtechnika berendezések rezgésjellemezői
23. Technológiai berendezések rezgésjellemezői
24. Állapotmegítélés
25. Értékelési lehetőségek
26. A diagnosztika és a karbantartás kapcsolata
27. A „black-box” probléma
28. Gyakorlati esettanulmányok
29. Hibalehetőségek a diagnosztikában
30. Rezgéscsökkentési módszerek

5. Egyéb követelmények

--

Sarka Ferenc  
egyetemi tanársegéd