

Szenzorok a rezgésmérésben

Bártfai Krisztián

Bevezetés

A szenzorok szerepe a rezgésmérésben

- Termelés minőségi és biztonsági követelményei:
Rezgésvizsgálat fontossága
- Forgógépek működése során rezgések keletkeznek:
folyamatos mérés és ellenőrzés
- Állandó rezgésfelügyelet és vizsgálat:
 - rezgéseket kiváltó okok feltárása
 - hibák időben való felismerése és javítása

Bevezetés

A szenzorok szerepe a rezgésmérésben

- Rezgésmérés feladata: vizsgált rezgés jellemzőinek meghatározása
- Jellemzők:
 - elmozdulás (x)
 - sebesség (v)
 - gyorsulás (a)
- Rezgésjellemzők mérése és elemzése idő- vagy frekvenciatartományban: a két tartomány közötti egyértelmű kapcsolatot a Fourier transzformáció adja meg
- Periodikus rezgések vizsgálata: harmonikus vagy nem harmonikus

Forgógépek rezgésjellemezői

- Amplitúdó
- Frekvencia
- Fázisszög
- Rezgésalak
- Rezgési mód

Forgógépek rezgésjellemezői

■ Amplitúdó

- Leggyakrabban vizsgált elem
- Harmonikus rezgéseknél: csúcstól-csúcsig (Y_{p-p} vagy Y_{0-p}) elmozdulásnál (μm), sebességnél (mm/s), gyorsulásnál (mm/s^2)
- Nem harmonikus rezgésnél: y_{eff}
- A gépek normál üzemét a frekvenciakomponensek alacsony rezgésszintje jelenti
- Amplitúdók változása a gép állapotának változását jelzi, felülvizsgálat kell!

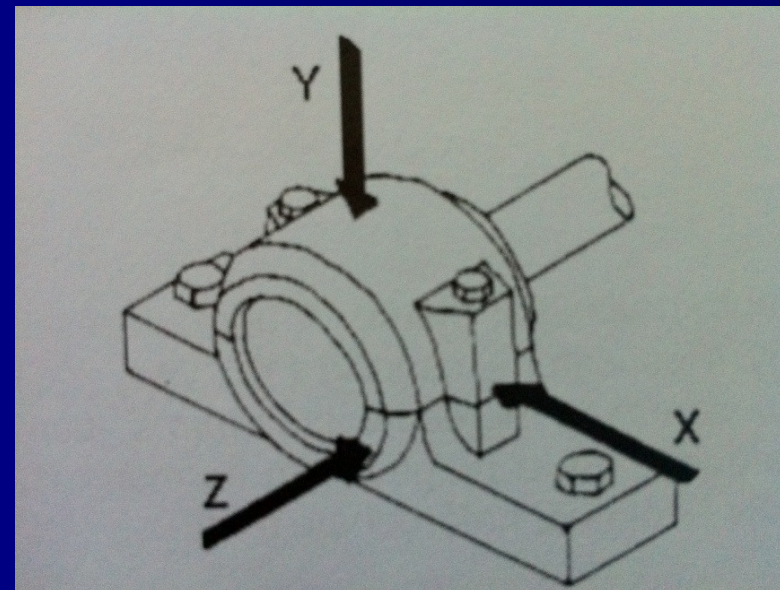
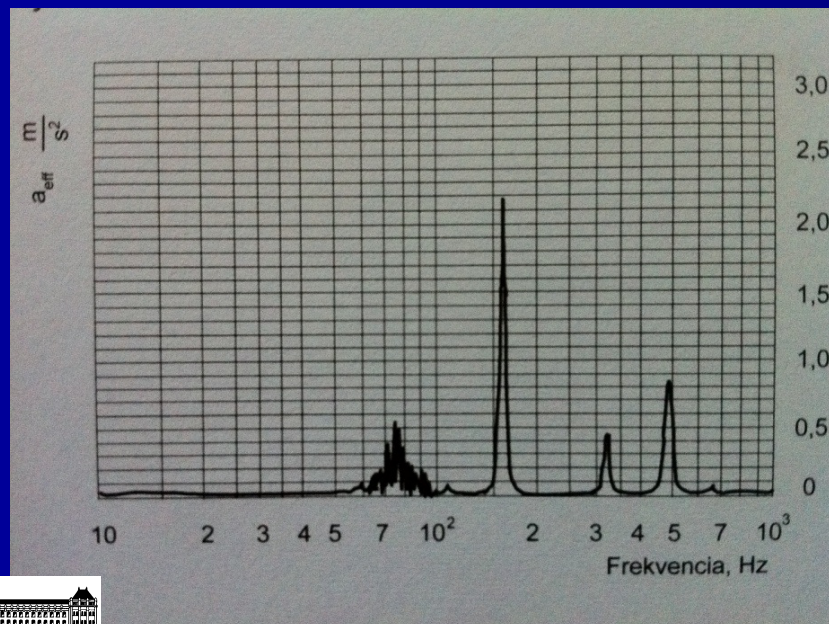
Forgógépek rezgésjellemezői

■ Frekvencia

- frekvenciaspektrum: rezgésjellemezők (x, v, a) – frekvencia függvényében
- Frekvenciák osztályozása:
 - egyszeres frekvencia (alapharmonikus) – megegyezik a forgógép fordulatszámával
 - egész számú többszörös (felharmonikus)
 - hányadosok (szubharmonikus)
- Meghibásodás okának azonosítása:
 - rezgés erősség frekvenciái alapján
 - jellemző frekvenciákon megjelenő amplitúdók nagysága

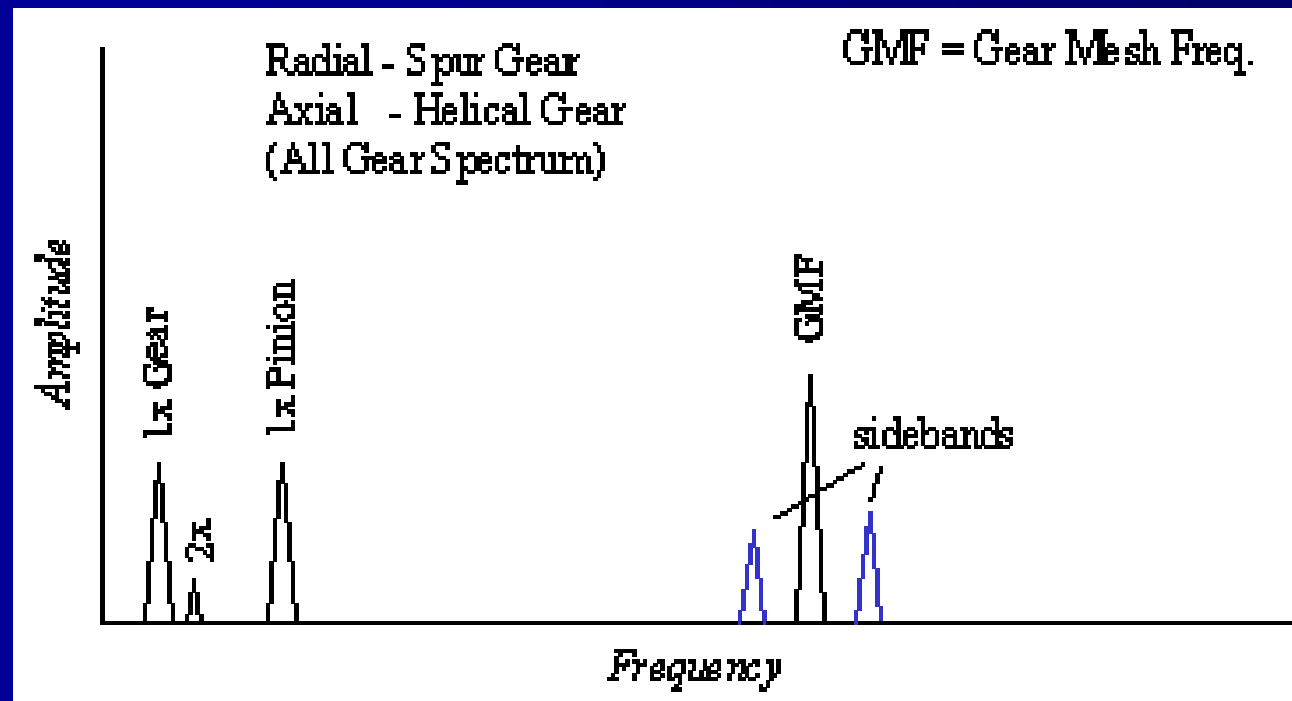
Forgógépek rezgésjellemezői

- fáziseltérések alapján következtethetünk a hiba okára és helyére
- Hibák: kiegyensúlyozatlanság, tengelyrepedés, csapágymozgás, egytengelyűségben eltérés, szöghiba, mechanikai lazaságok.
- Fontos! – megfelelő szabványban (ISO 10816-1) rögzített mérési irányok betartása.



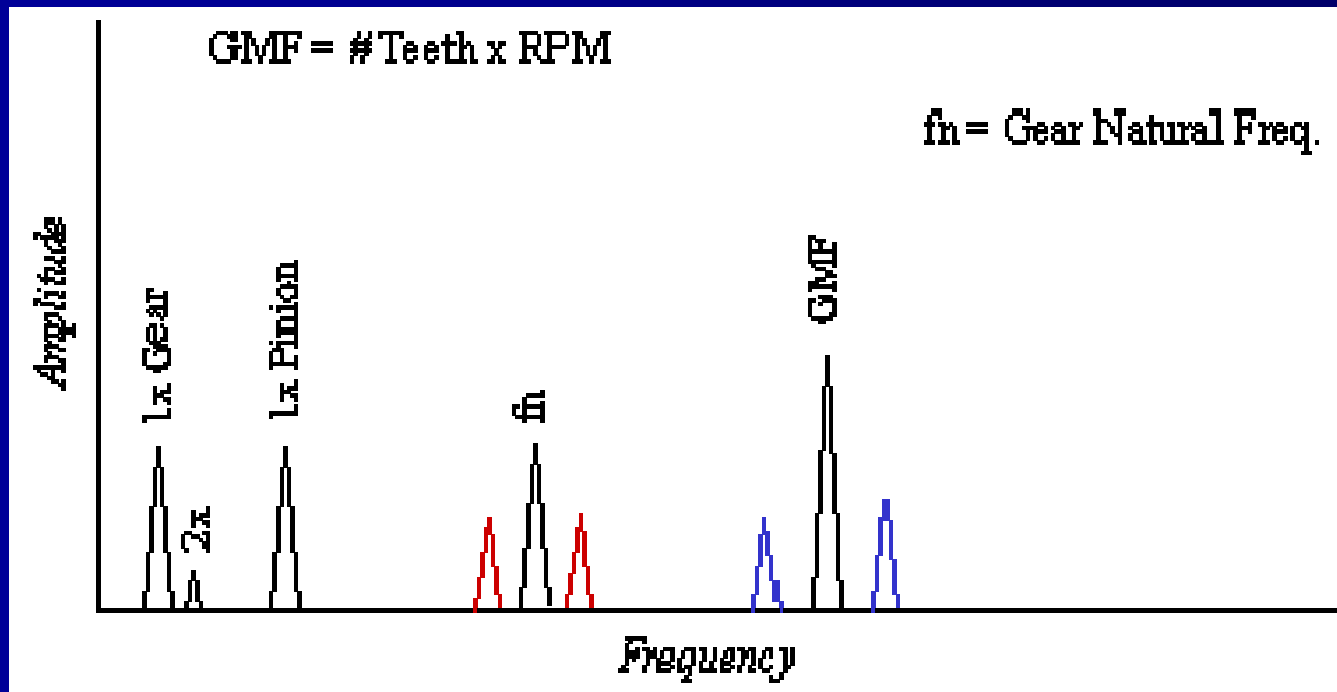
Forgógépek rezgésjellemezői

- Jellegzetes spektrumok:
- normális spektrum:



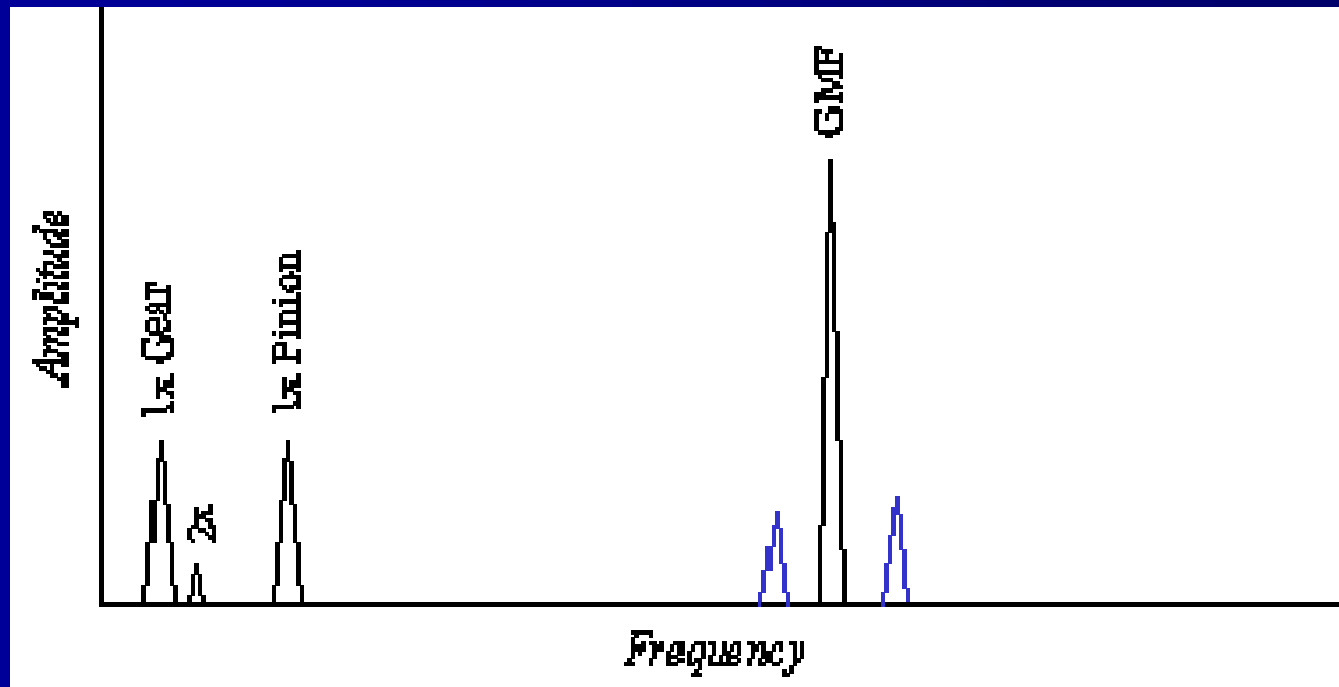
Forgógépek rezgésjellemezői

- fogkopás:



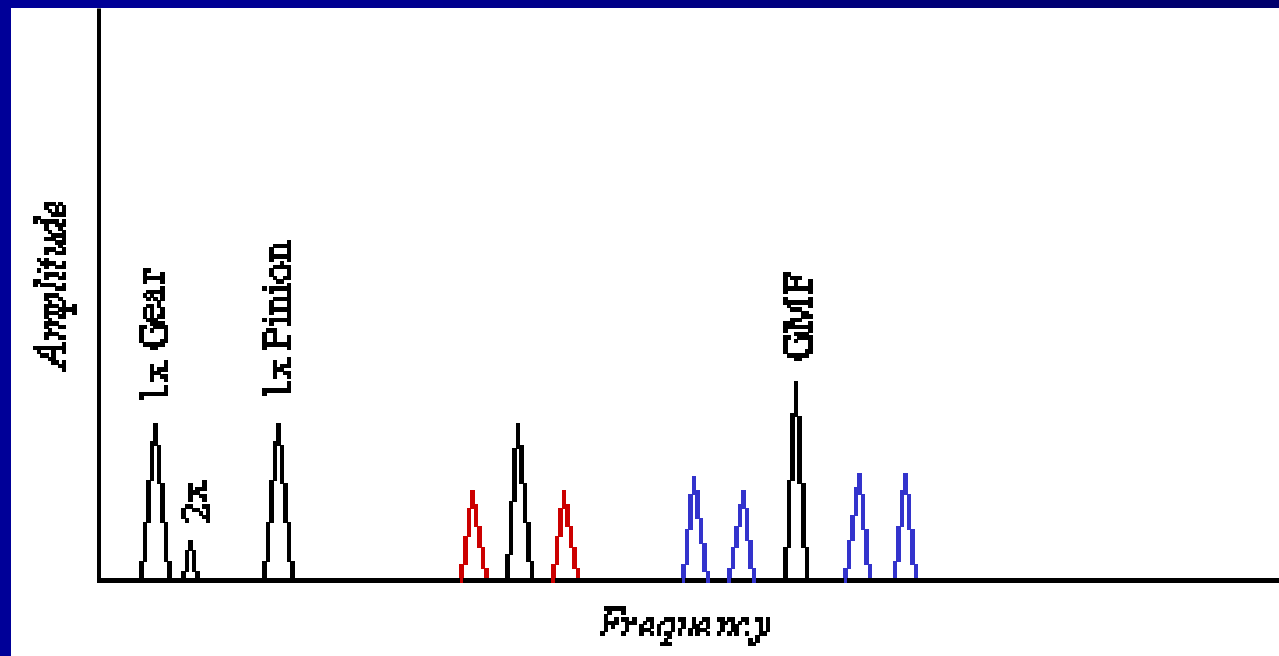
Forgógépek rezgésjellemezői

- túlterhelés:



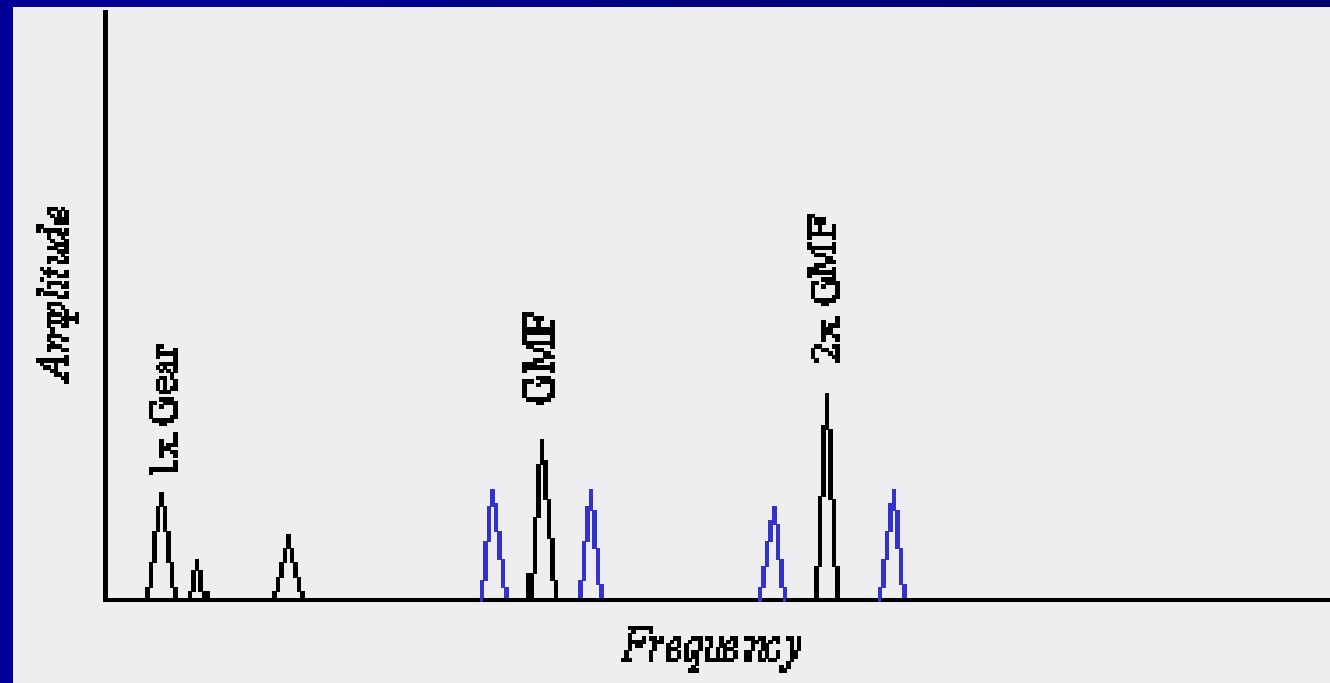
Forgógépek rezgésjellemezői

- excentrikusság és holtjáték:



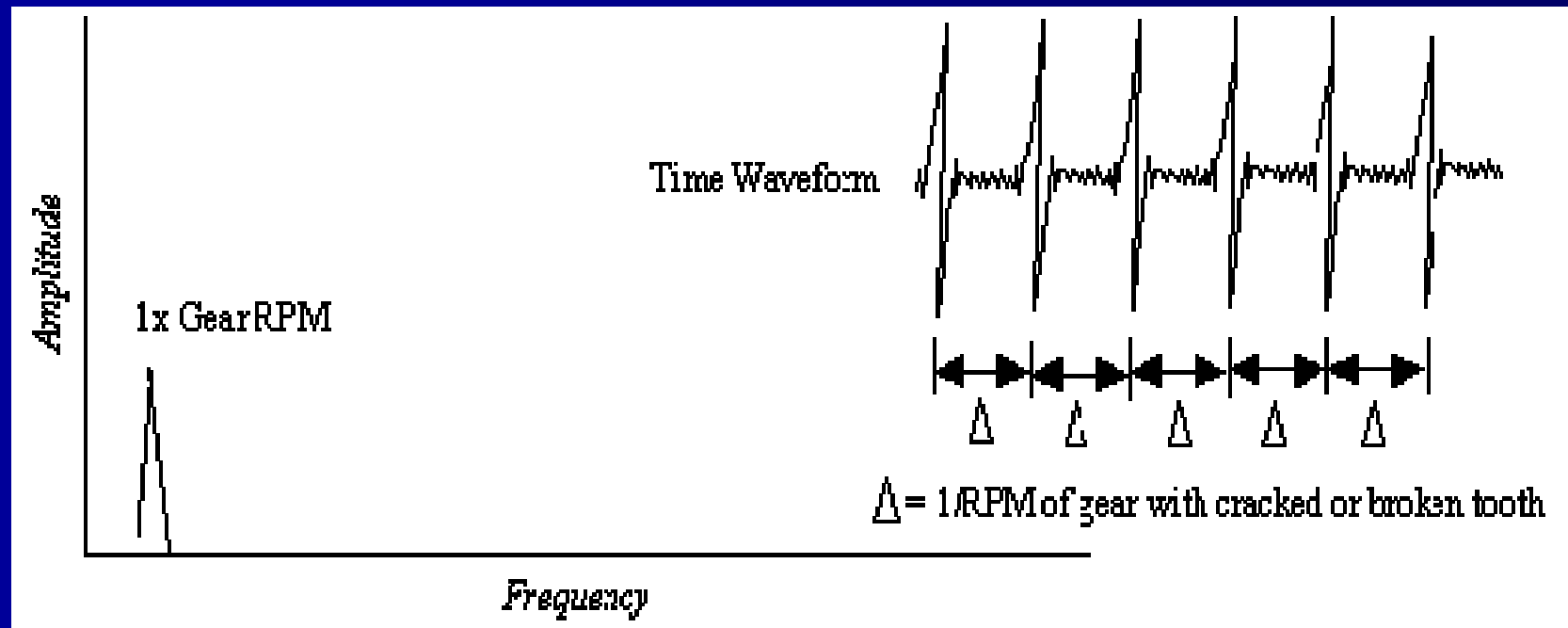
Forgógépek rezgésjellemezői

- fogaskerék eltolódás:



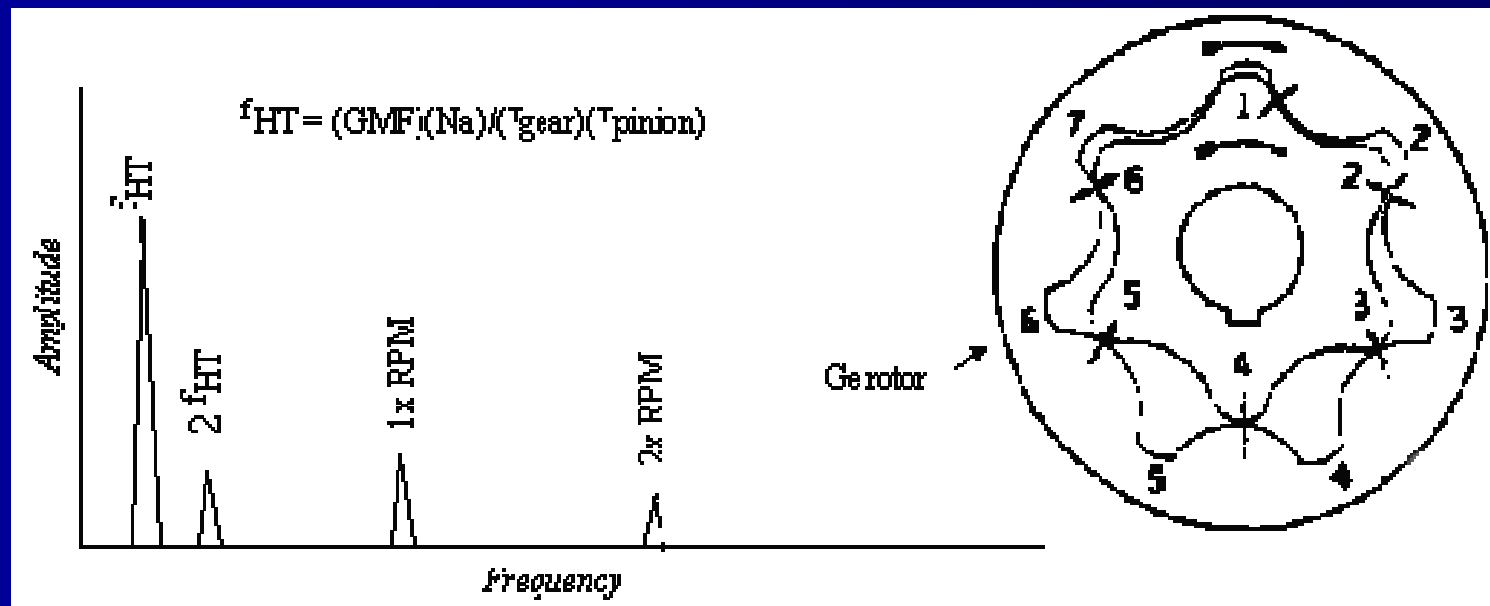
Forgógépek rezgésjellemezői

- repedt vagy sérült fogaskerék:



Forgógépek rezgésjellemezői

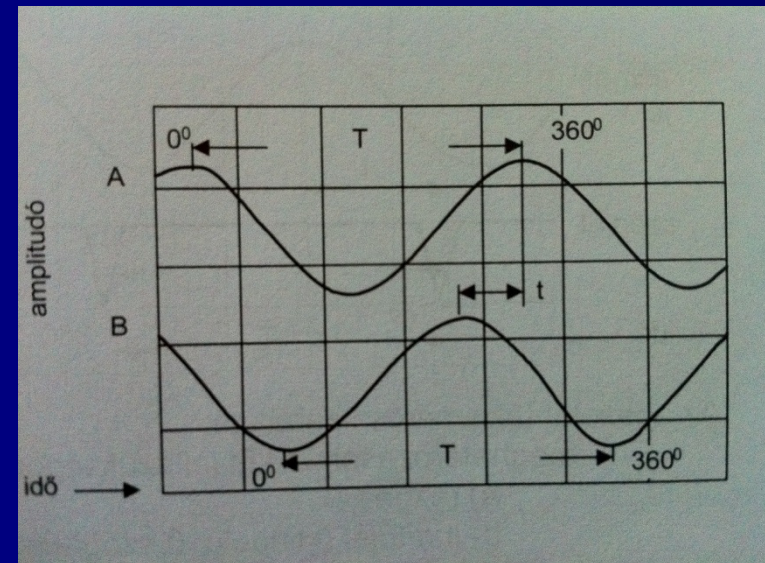
- gyártási folyamat helytelensége:



Forgógépek rezgésjellemezői

■ Fázisszög

- mérése elengedhetetlen
- fontos információk a gép állapotáról
- fáziseltérésből származtatható
- Értelmezése: relatív – abszolút

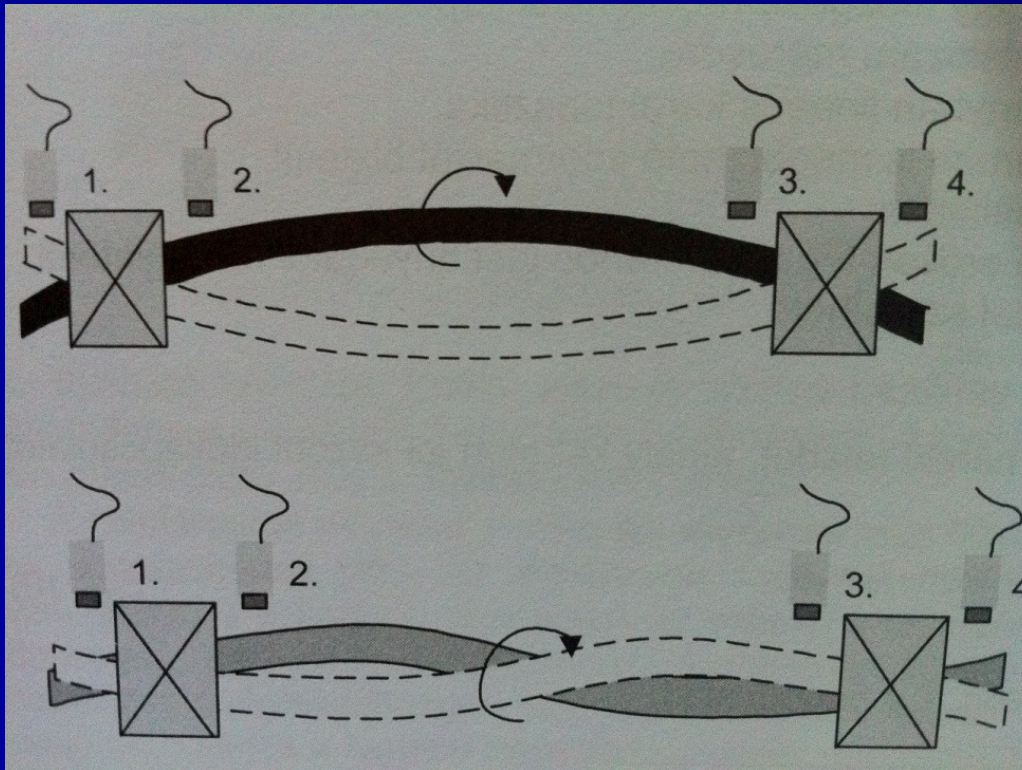


- Relatív: a referencia és a mérendő jel egy kiválasztott, azonos fázishelyzetű pontja közötti időkülönbség meghatározása

Forgógépek rezgésjellemezői

- mérési során:
 - két szűrt jel
 - Rezgésjelek ugyanazon a frekvencián
 - Két jelből az egyik a referenciajel
 - Fázismérés során a mért jel $0-180^\circ$ késhet/siethet
- Forgórész térbeli elhelyezkedése:

Forgógépek rezgésjellemezői



A csapágyak két oldalán elhelyezett elmozdulás érzékelők időjele között 180° -os fáziseltérés.

Két lengésalak szétválasztása 1. és 4. érzékelővel.

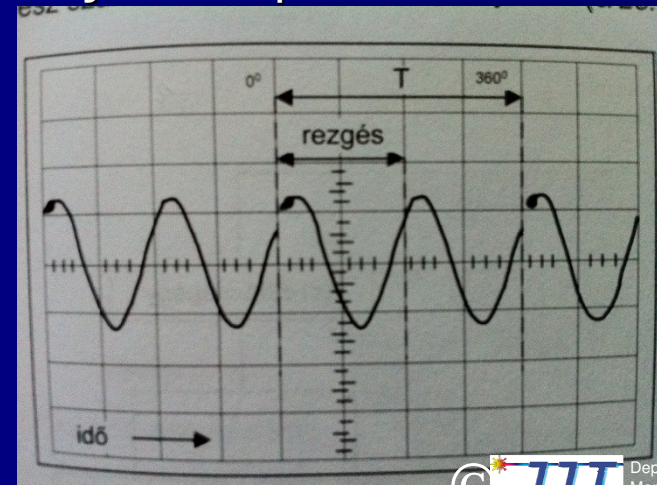
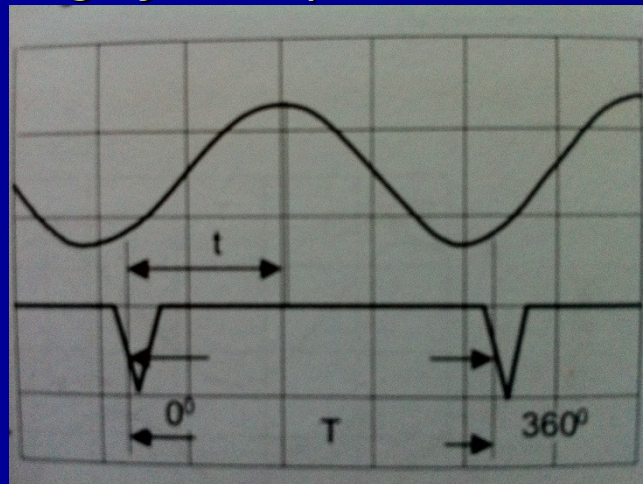
Forgógépek rezgésjellemezői

- Abszolút: indító impulzus és a rezgésjel első pozitív csúcsa közötti eltérés
 - meghatározásához két jelre van szükség
 - rezgésjel
 - indítójel 0 szöghelyzetben (indítójel jelöli ki)
 - rezgési frekvencia az indítójel egész számú többszöröse
 - rezgésjel első pozitív csúcsa az indítójelhez képest 0-360°

rezgésjel

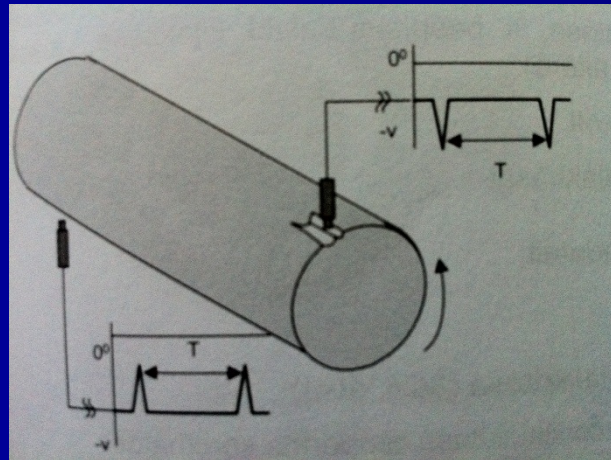
szögjel

idő



Forgógépek rezgésjellemezői

- indítójel kijelölése: szögjel-adó, optikai, stroboszkóp, mágneses
- fordulatonként egy holtpontjel



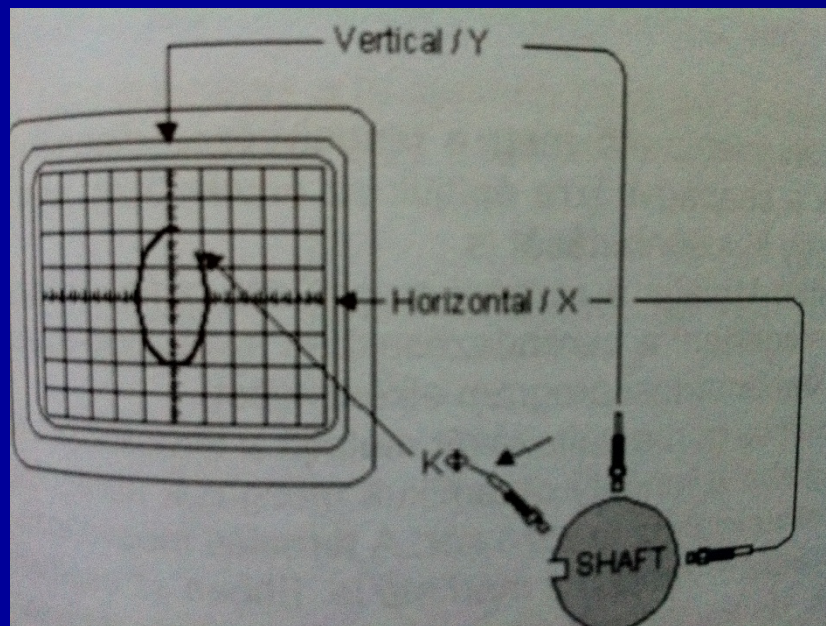
Hibák: tengely kiegyensúlyozása, tengelyrepedés, tengelyrezonancia, tengely térbeli elmozdulása, rezgésirány, instabil folyadékok örvénylése

Forgógépek rezgésjellemezői

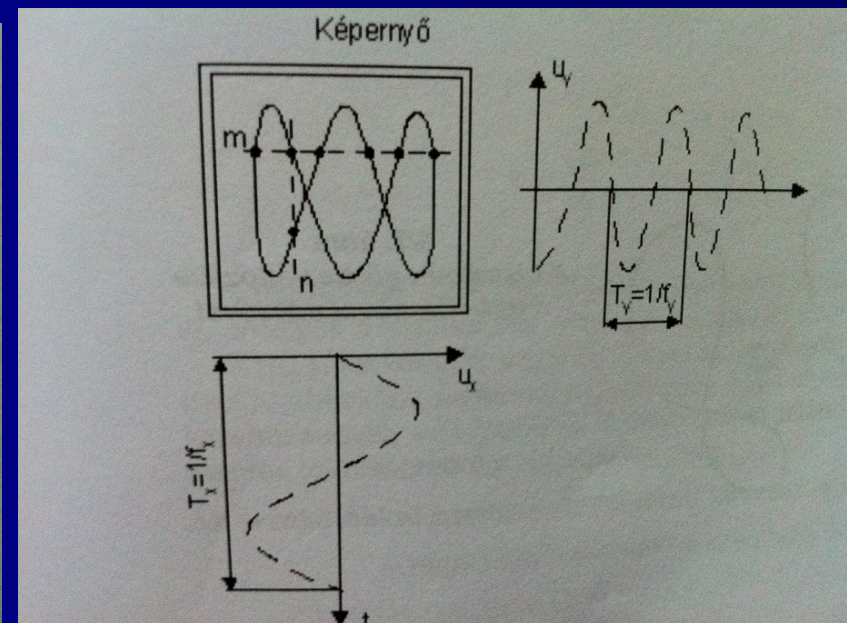
■ Rezgésalak

- előzőekhez képest nem mért, hanem csak megjelenítésre szolgál
- oszcilloszkópon jelenítjük meg
- Kétféle megjelenítés: időalapú – Lissajous görbék
 - Időalapú (pl. elmozdulás érzékelőnél): függőleges tengely a házhoz viszonyított relatív elmozdulás, vízszintes tengely az idő
 - Lissajous görbe: X-Y mérési irányok, gerjesztési és referencia pont

Forgógépek rezgésjellemezői



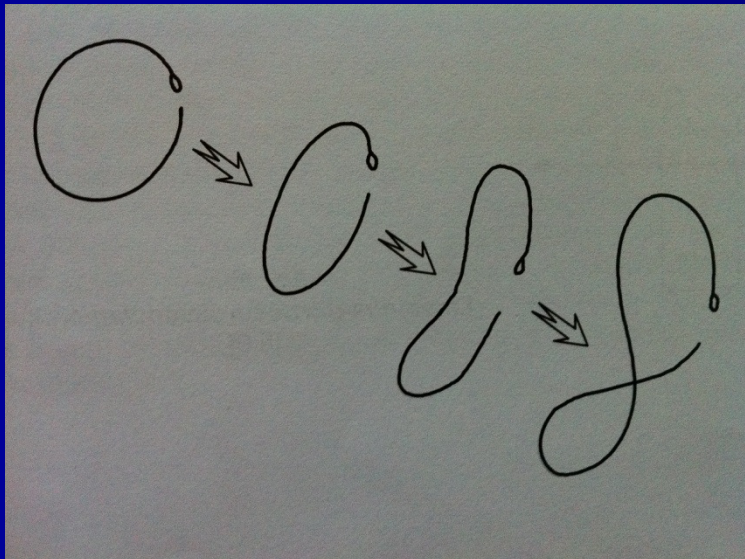
mérési módszer



frekvencia mérése

Forgógépek rezgésjellemezői

- fázisszög mérésére is alkalmas
- tengelyközép dinamikus mozgása a tengely hossza mentén
- az érzékelőket a csapágyházra építve a tengelyközép és a csapágy reakciójának vizsgálata lehetséges
- magában foglalja az amplitúdót, frekvenciát, fázisszöget
- a görbe változik a terhelés növelésével



Forgógépek rezgésjellemezői

■ Rezgésmód

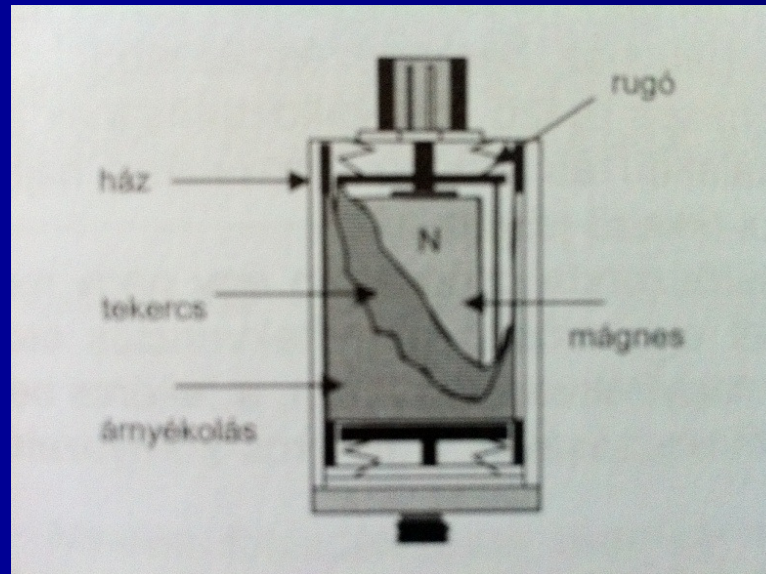
- forgó tengely abszolút elmozdulásának mérése (előbbieknél relatív)
- Meghatározható:
 - tengely relatív elmozdulása a házhoz képest
 - ház abszolút mozgása a környezethez viszonyítva
 - tengely abszolút mozgása a környezethez
 - tengely pozíciójának meghatározása

Rezgésérzékelők osztályozása

- Mechanikai rezgés bemenő jelét átalakítják villamos kimenő jellé.
- Érzékelőkkel szembeni követelmények:
 - nagy hőmérséklettel szemben érzéketlenség
 - érzékelő kimenő jele és a mért jellemző között linearitás
 - kalibrálhatóság
 - mérési jellemzők reprodukálhatósága
 - öregedésállóság
 - megbízhatóság

Rezgésérzékelők osztályozása

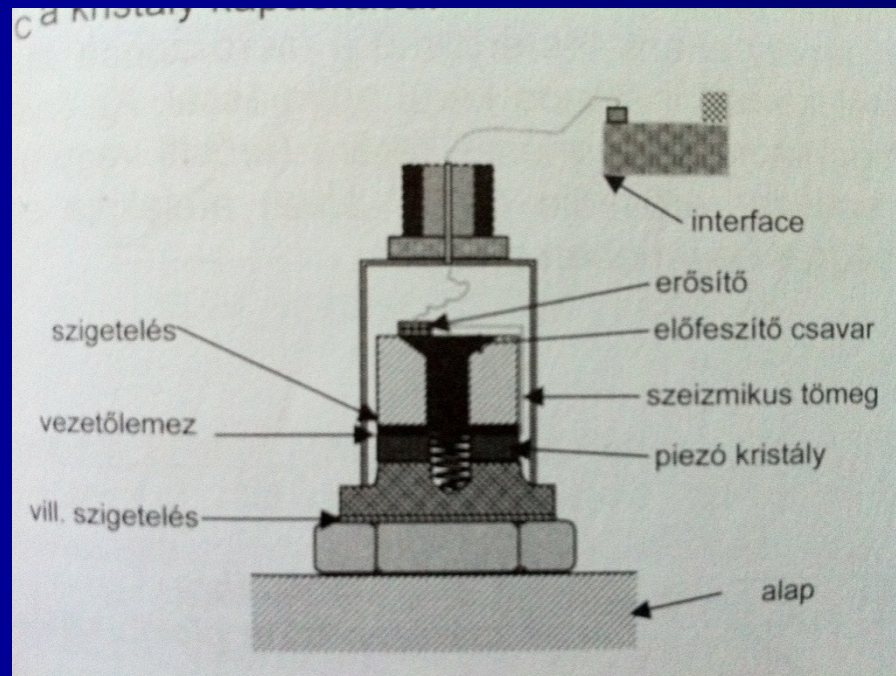
- Érintéses elven működő rezgésérzékelők
 - lengőrendszert tartalmaznak
- Sebességérzékelők
 - Elektrodinamikus rezgésérzékelő: állandó mágneses térben mozgó tekercsben a mozgás sebességével arányos elektromos feszültség indukálódik



Rezgésérzékelők osztályozása

■ Gyorsulásérzékelő

- Piezoelektromos érzékelő: kristályos szerkezetű (pl. SiO_2) anyag mechanikai igénybevétel hatására töltésvándorlás indul be. Az erőhatás következtében kialakuló töltéskülönbségből feszültség jön létre.

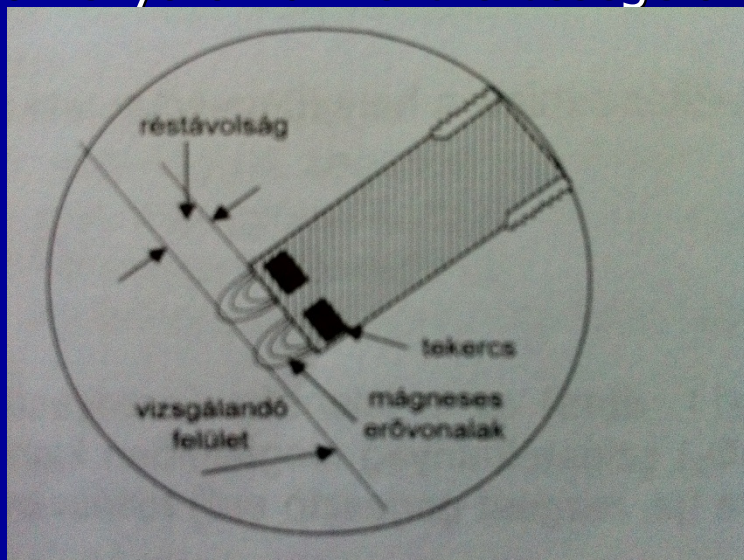


Rezgésérzékelők osztályozása

■ Érintésmentes elven működő rezgésérzékelők

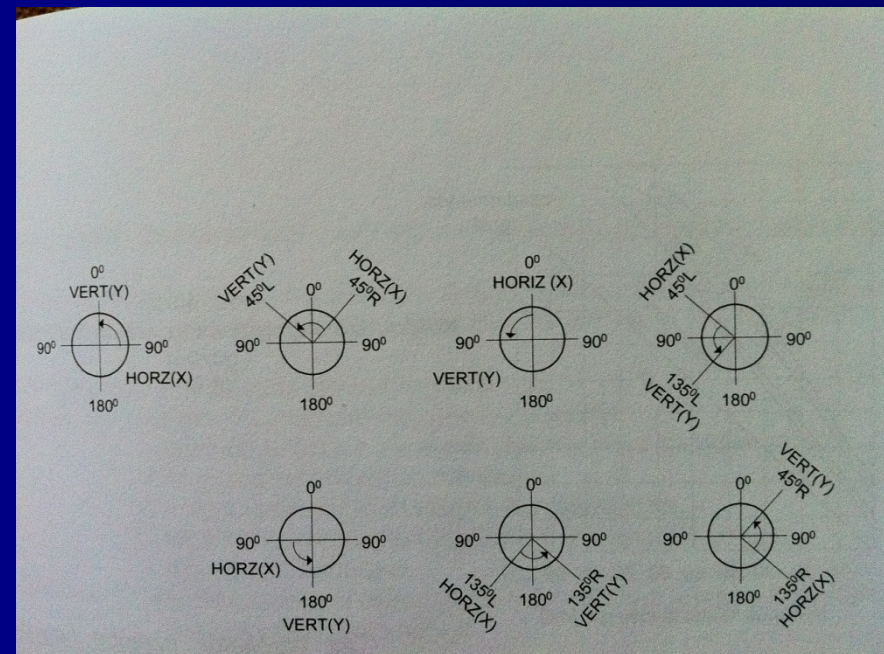
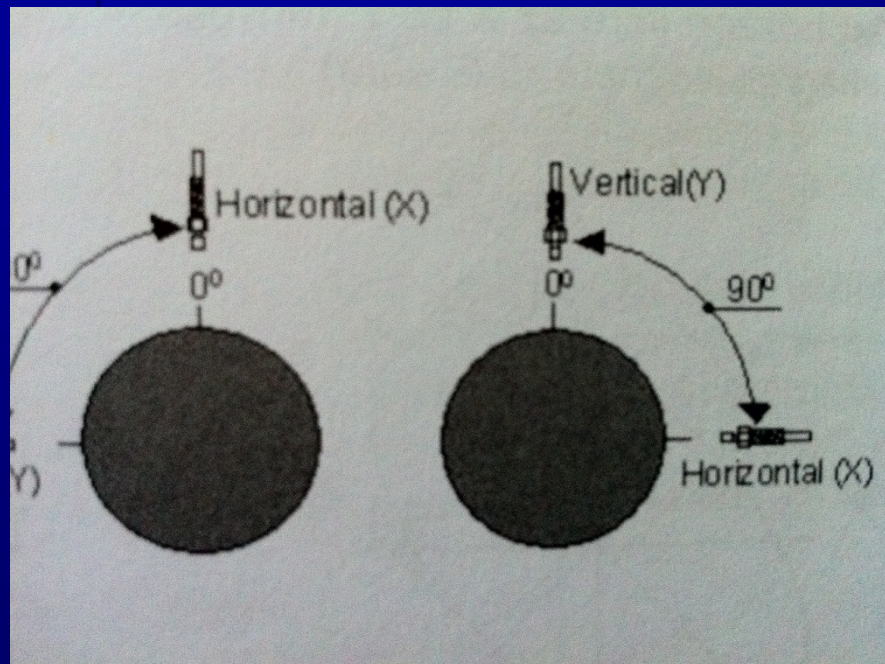
Elmozdulás mérők : örvényáramú szenzorok

működési elv: ferromágneses tárgyon (álló vagy mozgó tengely) záródó mágneses erővonalak örvényáramokat hoznak létre, az örvényáramú mező erőssége a mérendő tárgy távolságától függ



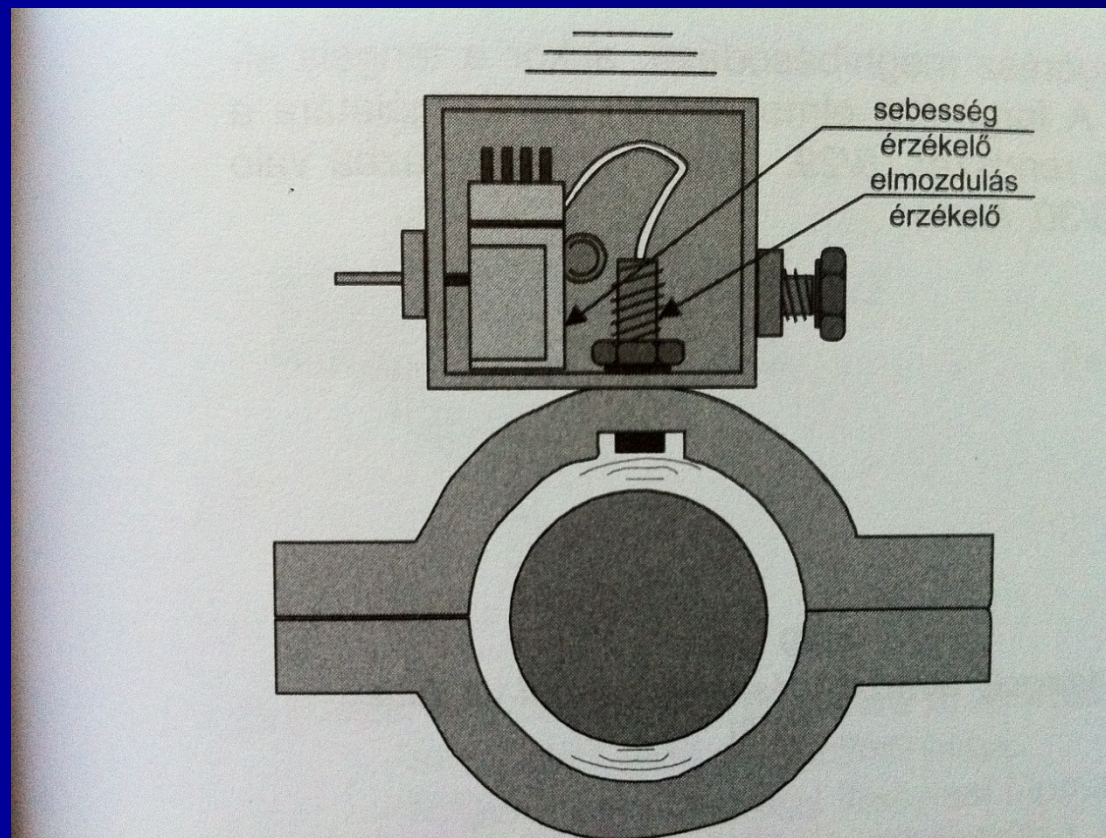
Rezgésérzékelők osztályozása

- Beépítés:
 - Merőleges:



Rezgésérzékelők osztályozása

- Kombinált érzékelő:



Érzékelők kiválasztása

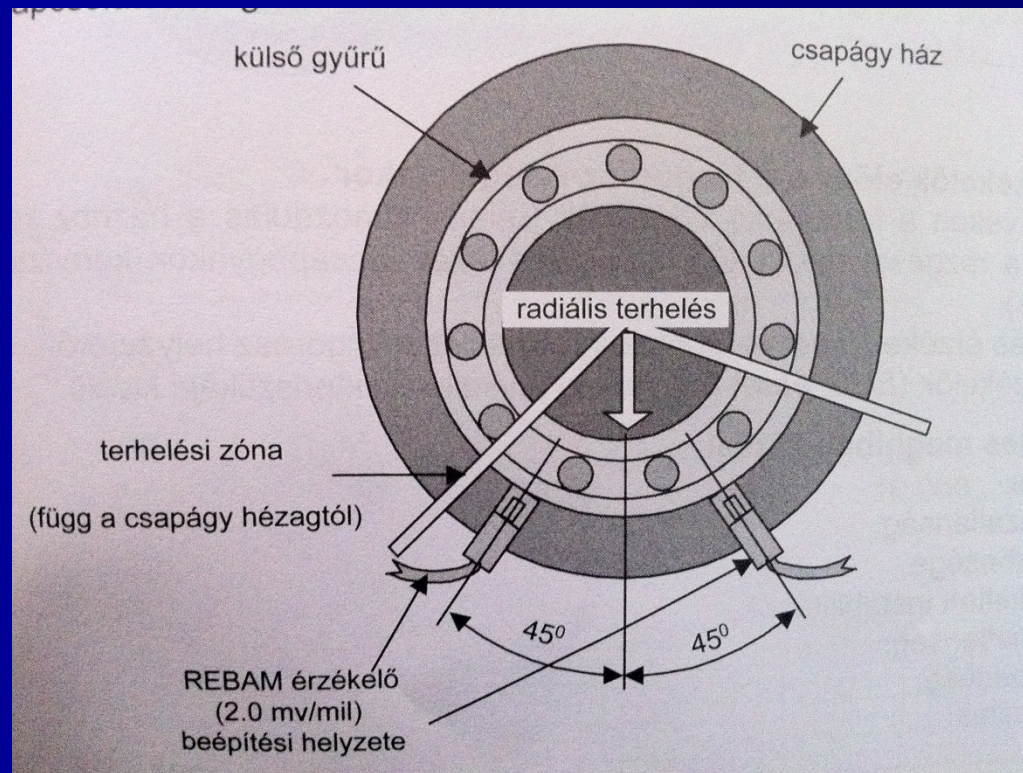
- Forgórész hibáinak felderítésére: elmozdulás érzékelők (örvényáramú szenzorok)
- Ház rezgéseinek mérése: sebességérzékelők, gyorsulásérzékelők
- Az érzékelők megválasztása, beépítése és kialakítása gépenként eltér.
- A kiválasztáshoz ismerni kell:
 - vizsgálandó gép szerkezeti kialakítását
 - lehetséges meghibásodásokat
 - a mérési frekvenciasávot
 - környezeti hatásokat
 - üzemi körülményeket

Érzékelők kiválasztása

- Vizsgálandó gép szerkezeti kialakítása
 - Siklócsapágyas kialakítás
 - Gördülőcsapágyas kialakítás
- Siklócsapágyas kialakítás
 - $m_A/m_F > 10$ tengely relatív elmozdulását kell mérni
 - $m_A/m_F < 5$ forgórész nagy rezgési energiája miatt sebesség + elmozdulás mérése
- Gördülőcsapágyas kialakítás
 - Merev viselkedés
 - Spektrumképben megjelennek a magasabb harmonikusok a gördülőtestek száma függvényében

Érzékelők kiválasztása

- Nagy tömegarány: kis rezgési energia, mérés nagy érzékenységű elmozdulás mérő (REBAM Micro PROX)



Érzékelők kiválasztása

- Kis tömegarány: abszolút rezgések mérése szeizmikus érzékelővel (lásd:29.dia)

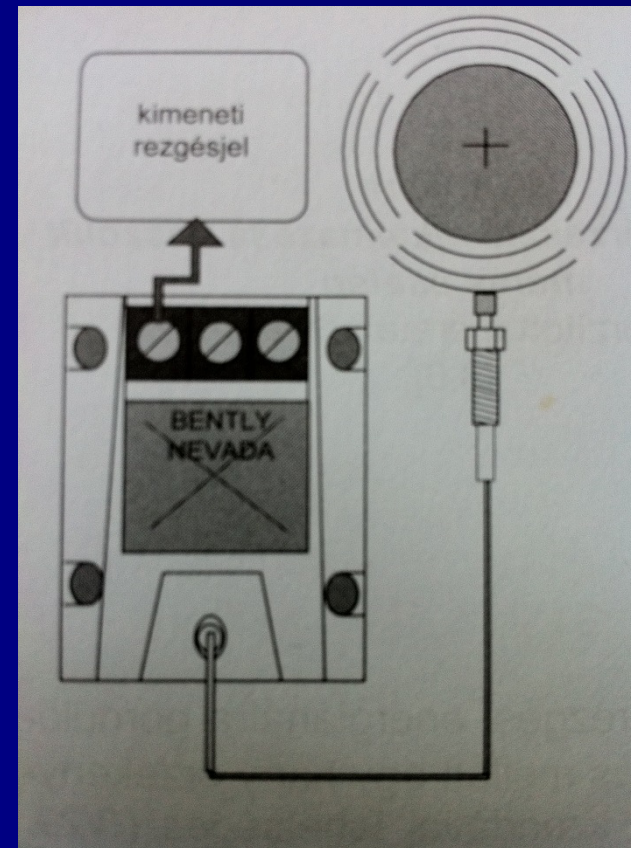
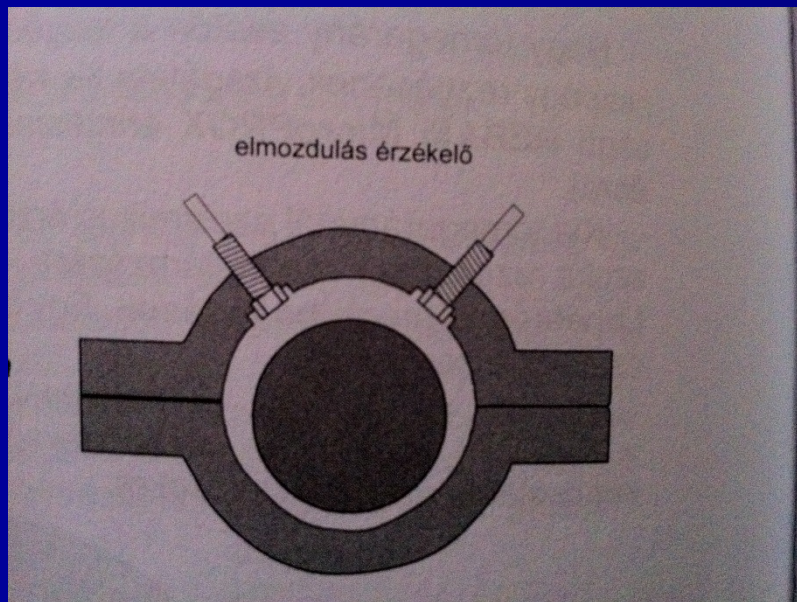
- **Lehetséges meghibásodások**

- **Forgórész**

- Jellegzetes hibák:
- beállítási hiba
 - kiegyensúlyozatlanság
 - görbeség
 - olajfilm által keltett instabilitás
 - felületi egyenetlenség
 - repedés
 - stabilitás elvesztése
 - kavitáció

Érzékelők kiválasztása

- Mérés elmozdulás mérő érzékélővel a csapágyházban (X-Y irányból / bal oldali ábra) , érintésmentes érzékelő rendszer (jobb oldali ábra)



Érzékelők kiválasztása

■ Ház

Jellegzetes hibák: - rezonancia

- illesztési hiba (forgórész és csapágó között)

- gördülőcsapágó meghibásodás

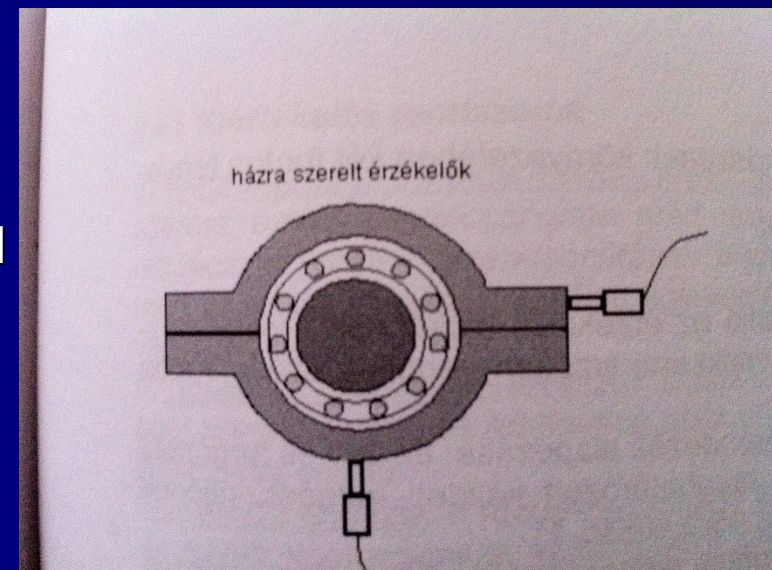
- nem megfelelő alapozás

- termikus elváltozás

- egyenetlenség

■ Mérés sebességérzékelővel:

tengely forgásából és külső gerjesztésből is származhat a hiba (X-Y mérés)



Érzékelők kiválasztása

■ Frekvenciasáv

Adott frekvenciatartományban képesek mérni

- Elmozdulás érzékelők : 0-10 kHz
- Sebességérzékelők: 10 Hz – 1 kHz
- Gyorsulásérzékelők: 10 Hz – 10 kHz

■ Környezeti hatások

- Hőmérséklet
- Rezgésszint
- Korróziós hajlam

Érzékelők kiválasztása

- Nedvesség
- Nyomás
- Sugárzási szint

- Üzemi körülmények
- Megfelelő szabványban vannak rögzítve (VDI 3841)
 - állapotfelügyelet műszerezettség
 - állapotjellemzők megválasztása
 - szükséges érzékelők használata