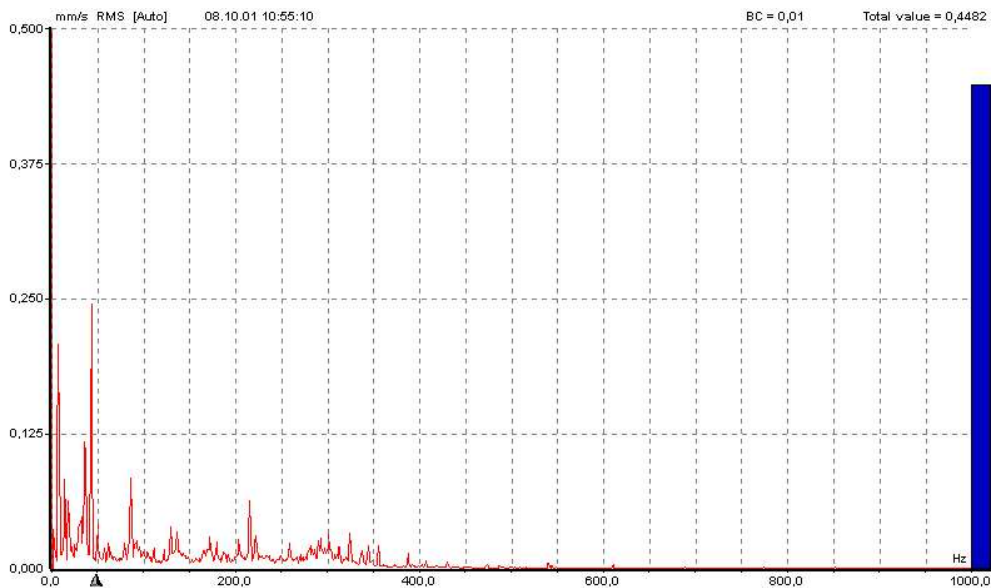


Géprezgések spektrumanalízise (ill. frekvenciaanalízise) -3-

Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök
Copyright © PIM Profeszionális Ipari Méréstechnika Kft.

A spektrumanalízis (-értékelés) folyamata

A rezgésspektrumok megértéséhez azt kell feltételeznünk, hogy mindegyik frekvenciacsúcsnak, illetve a frekvenciacsúcsok kombinációinak megfelelő - mechanikailag megmagyarázható - alternáló erő kifejti hatását a gépben. Ha megtaláljuk a csúcsokhoz kapcsolható mechanikai magyarázatot, igen közel kerültünk a szükséges korrekciókhoz is. A frekvenciaspektrum például az következő ábrán látható alakot veheti fel.

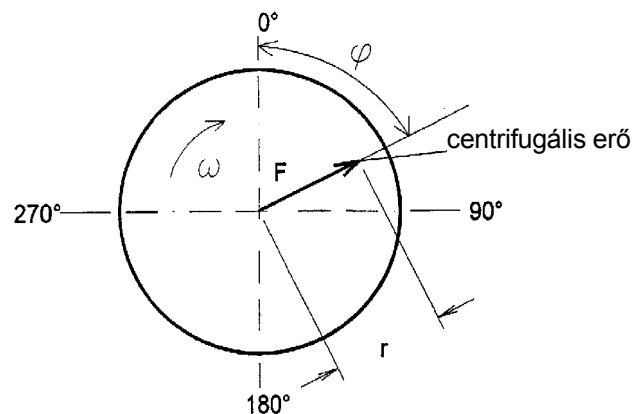


Tipikus frekvenciaspektrum képe [forrás: PIM]

Egy-egy spektrum számos frekvenciacsúcsot tartalmaz, és ezért - legalább is első megközelítésben - komplikáltnak tűnhet. Módszeres értékeléssel viszont gyorsan "tisztul" a kép. A rezgés természetének és okozójának kiderítéséhez általában a spektrumban található legnagyobb amplitúdóértékű frekvenciacsúcs, illetve a domináns csúcscsoport (harmonikus frekvenciacsúcsok) analízisével kezdünk hozzá. Sokat segít, ha a gyakori géphibák tipikus rezgésspektrumait ismerjük, ugyanis ezekkel kell a valós spektrumot összehasonlítani. Ehhez a következőkben szemügyre vesszük a leggyakoribb géphibák spektrumbeli megjelenését.

Kiegyensúlyozatlanság

Kiegyensúlyozatlanságról akkor beszélünk, ha a tengely, illetve a forgó alkatrész súlyeloszlásának középpontja nem esik egybe a forgás középpontjával, és ezért körbe forgó centrifugális erő lép fel



A kiegyensúlyozatlanság miatt fellépő centrifugális erő keletkezése [forrás: DDC]

A centrifugális erő a következő egyenlet alapján számítható ki:

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2$$

ahol F ... a centrifugális erő
m ... a kiegyenlített tömeg
r ... a kiegyenlített tömeg távolsága a forgás középpontjától
 ω ... a forgási sebesség (körfrekvencia)

Ez az erő természetesen ugyanazzal a frekvenciával kering a forgástengely körül, mint ahogy a tengely forog, így a csapágyaknak, illetve a tartószerkezetnek egy-egy pontjára ható erő nem állandó, hanem szinuszos: egy fordulat alatt egyszer eléri előbb a maximumát, majd a minimumértékét. Egyenlete az alábbiak szerint írható fel:

$$F(t) = m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

A csapágyaknak és a tartószerkezetnek ezzel az erővel azonos nagyságú ellenérőt kell kifejteniük ahhoz, hogy egy helyben tartsák a tengelyt. Az eközben fellépő alternáló mozgás - a végül is kívülről mérhető rezgés - nagysága a tartószerkezet merevségétől is függ. Az egyenletekből látni lehet, hogy a centrifugális erőhatás a fordulatszám négyzetével nő, tehát magasabb fordulatszámú gépek esetén a kiegyensúlyozatlanság megszüntetése fokozottan fontos.

A kiegyensúlyozatlanságból eredő rezgésről általánosságban a következők mondhatók el:

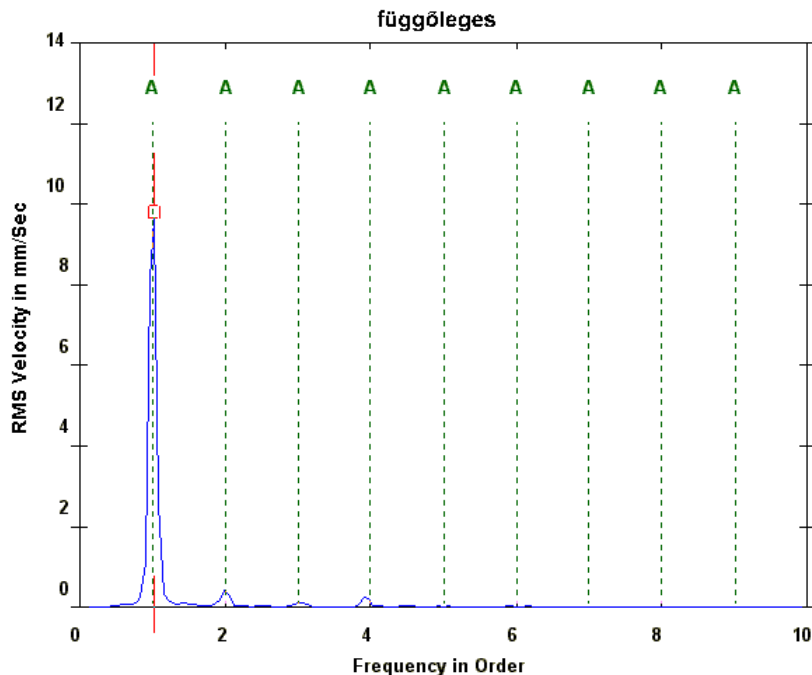
* A rezgés *frekvenciája* megegyezik a forgásfrekvenciával, tehát csak a fordulatszámtól függ.

* A rezgés *amplitúdója* függ

- a kiegyenlített súly nagyságától,
- a kiegyenlített súly és a forgásközéppont távolságától,
- a forgásfrekvencia négyzetes értékétől és
- a gépszerkezet merevségétől.

A rezgés *fázisszöge* azt írja le, hogy a kiegyenlített súly - egy, a forgórészen definiált ponthoz képest - milyen szöghelyzetben van. Ez az érték nem változik sem egy körbeforgás (tengelyfordulat) alatt, sem a fordulatszám változásával.

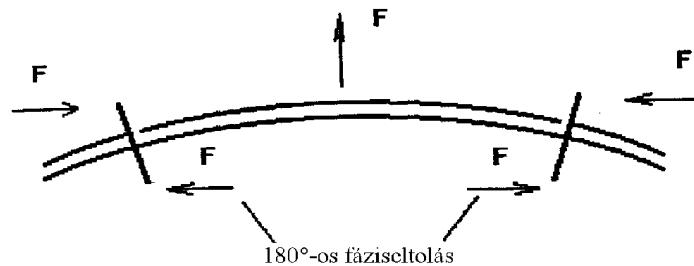
A kiegyensúlyozatlanság mérésére leginkább a rezgésebbesség és a kilengés mérése alkalmas. Ha a spektrumban dominálnak a nagy, állandó amplitúdójú és a forgásfrekvenciával jellemezhető radiális rezgések, és ezek a fordulatszám növelésével együtt nőnek, de nem találunk számottevő axiális rezgéseket vagy forgásfrekvencia-többszörös radiális rezgéseket, akkor nagy valószínűséggel kiegyensúlyozatlanság van jelen (lenti ábra). Már csak azt kell megnéznünk, hogy nem tapasztalható-e nagy amplitúdónövekedés vagy -csökkenés kis fordulatszámváltozás esetén, mert az viszont rezonanciára utalhat.



Egyensúlyozatlanság esetén mérhető radiális rezgésspektrum [forrás: DDC]

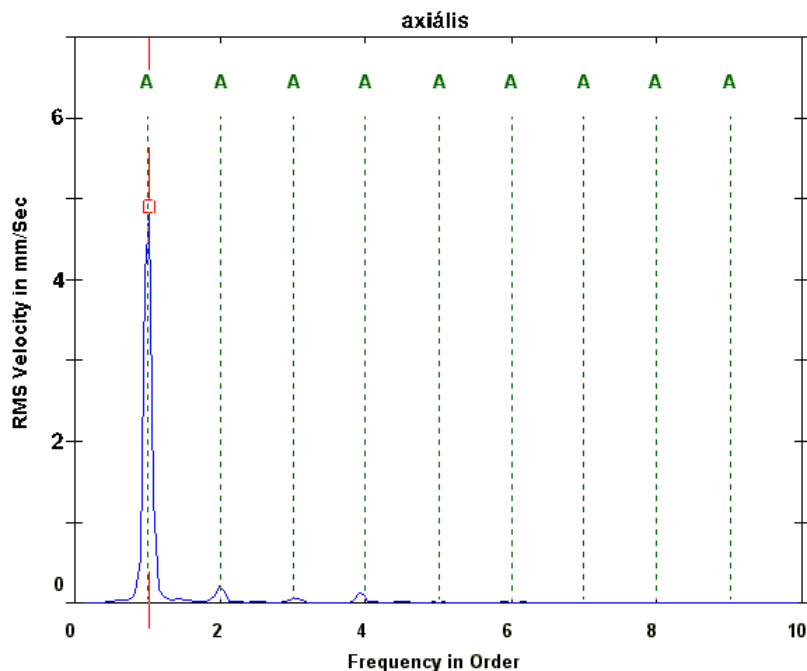
Görbe forgótengely

Görbe tengelyek vagy forgórészek leggyakrabban a hosszú forgórészű gépeken találhatók meg, ilyenek például a turbinák, a papírgyári vezetőhengerek és a dekanterek. A görbülés oka lehet a szakszerűtlen szállítás, a túl gyors lehűlés következtében jelentkező termikus feszültség, a szerelési hiba vagy a gép hosszú idejű állása (a forgórész időnkénti megforgatása nélkül) vagy egy kialakuló forgórész- illetve tengelyrepedés. A mérés során a görbülés az egyoldalú súlyáthelyezés miatt ugyanúgy jelentkezik, mint a kiegyensúlyozatlanság. Tehát a forgásfrekvencián kiugró nagyságú radiális rezgéscsúcs található. A különbség viszont az, hogy a forgórész görbesége a csapágyakat axiális irányú mozgásra is kényszeríti, méghozzá a tengellyel ellentétes irányban. Ezt a forgásfrekvenciájú rezgéskomponens fázisszögének mérésével lehet megállapítani.



Görbe tengely esetén fellépő erők [forrás: PIM]

A görbe tengely, illetve forgórész megtalálására leginkább a rezgésebesség mérése alkalmas, kiegészítve a forgásfrekvenciájú rezgéskomponens fázisszögének mérésével. Ha dominálnak a spektrumban az állandó nagy amplitúdójú, forgásfrekvenciájú radiális rezgések, amelyek a fordulatszám növelésével együtt nőnek, és vannak állandó nagy amplitúdójú, forgásfrekvenciájú axiális rezgések, de nem találunk forgásfrekvencia-többszörös rezgéseket, akkor nagy valószínűséggel görbe forgótengely van jelen (lenti ábra). A két tengelyvég forgásfrekvenciájú axiális rezgése fázisszögének egymástól mintegy 180° -kal való eltérése egyértelműen bizonyítja a görbe forgótengely tényét. Ebben az esetben is meg kell még vizsgálnunk, hogy nem tapasztalható-e nagy amplitúdónövekedés vagy -csökkenés kis fordulatszámváltozás esetén, mert az itt is rezonanciára utalhat.



Görbe tengely esetén mérhető axiális rezgésspektrum [forrás: PIM]

A tengelybeállítás és a tengelykapcsoló hibái

A tengelybeállítási hibák összekapcsolt gépegységek esetén lépnek fel, ha azok tengelyvégei egymáshoz képest szögben állnak, vagy oldalirányú, illetve magassági térbeni helyzetük nem egyezik meg (következő ábra). A tengelybeállítási hibák oka lehet a szakszerűtlen szerelés vagy beállítás, a termikus mozgás (egyenlőtlen hőtágulás), illetve feszültség, vagy a gép alapjának, illetve rögzítésének helyzetváltozása (leülése, deformálódása). A tengelybeállítási hiba illetve tengelykapcsoló alakhibái a tengely hajlítási igénybevételét okozzák. Így tehát a tengely egy pontján adott pillanatban olyan axiális erők hatnak, amelyek a tengelyt megnyújtják, fél fordulattal később viszont ugyanezen a ponton nyomást gyakorló erők lépnek majd fel.

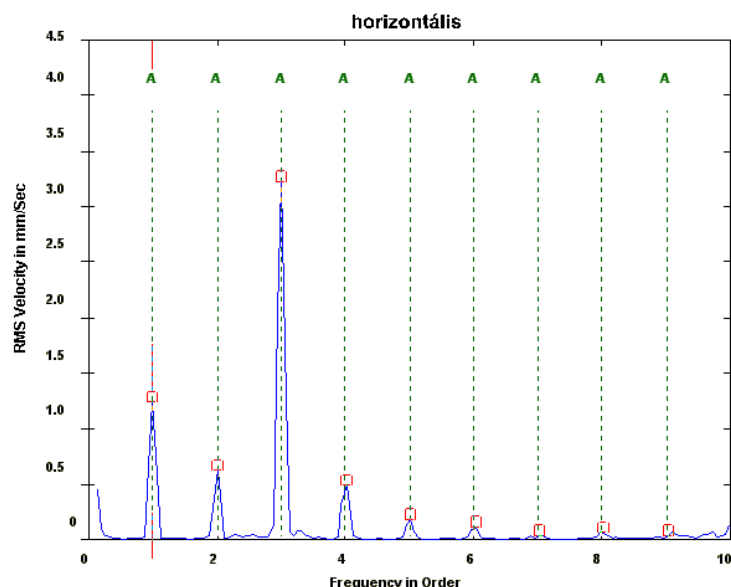


Két alapvető tengelybeállítási hibát különböztetünk meg egymástól [forrás: VMI]

Bár alapvetően kétféle beállítási hibát különböztethetünk meg (a szögbeállítási hibát és a helyzethibát, amikor a tengelyek párhuzamosak, de térben egymástól eltolva helyezkednek el), de a gyakorlatban legtöbbször a kettő kombinációjával találkozhatunk. Mindkét hibacsoport hasonló módon jelentkezik a rezgésspektrumban: elsősorban a radiális, kétszeres (esetleg háromszoros) forgásfrekvenciájú rezgések megjelenése, de az ezzel egyidejűleg fellépő forgásfrekvenciájú axiális rezgések is jellemzik a tengelykapcsoló körüli problémákat. Amennyiben a forgásfrekvencia kétszeresén tapasztalható rezgés nagyobb a forgásfrekvencián jelentkező rezgésnél, szinte biztosra vehető, hogy tengelybeállítási hiba, illetve a tengelykapcsoló alakhibája van jelen. Ezen felül magasabb frekvenciájú (a forgásfrekvenciához képest 3-, 4-, 5- vagy többszörös frekvenciájú) rezgések mutatkozhatnak.

A tengelybeállítási hibáknak és a tengelykapcsoló alakhibáinak megtalálására leginkább a rezgésebesség mérése alkalmas, kiegészítve a forgásfrekvenciájú rezgés fázisszögének mérésével a tengelykapcsoló mindkét oldalán. Ha dominálnak a spektrumban a nagy amplitúdójú, kétszeres és háromszoros forgásfrekvenciájú radiális és axiális rezgések, akkor nagy valószínűséggel egytengelyűségi hiba van jelen (lenti ábra). A tengelykapcsoló két végén mért forgásfrekvenciájú axiális rezgések fázisszögének egymástól mintegy 180° -al való eltérése egyértelműen bizonyítja a tengelybeállítási hiba, illetve tengelykapcsoló alakhibáinak tényének fennállását. A szögbeállítási hibák leginkább forgásfrekvenciájú axiális rezgéseket okoznak, helyzethibák és a tengelykapcsoló alakhibái esetén pedig leginkább kétszeres és háromszoros (időnként négyszeres) forgásfrekvencián lévő rezgések mutatkoznak.

Nem annyira egyértelmű viszont a helyzet, ha kis amplitúdójú, 4-10-szeres, sőt még ennél is nagyobb számú többszörös forgásfrekvenciájú radiális és axiális rezgések vannak jelen, valamint ha zajos és impulzustartalmú időjelet mérünk, mivel ezek a jelenségek meglazult gépelemekre is utalhatnak.



Tipikus frekvenciaspektrum tengelybeállítási hiba, illetve a tengelykapcsoló alakhibája esetén [forrás: DDC]