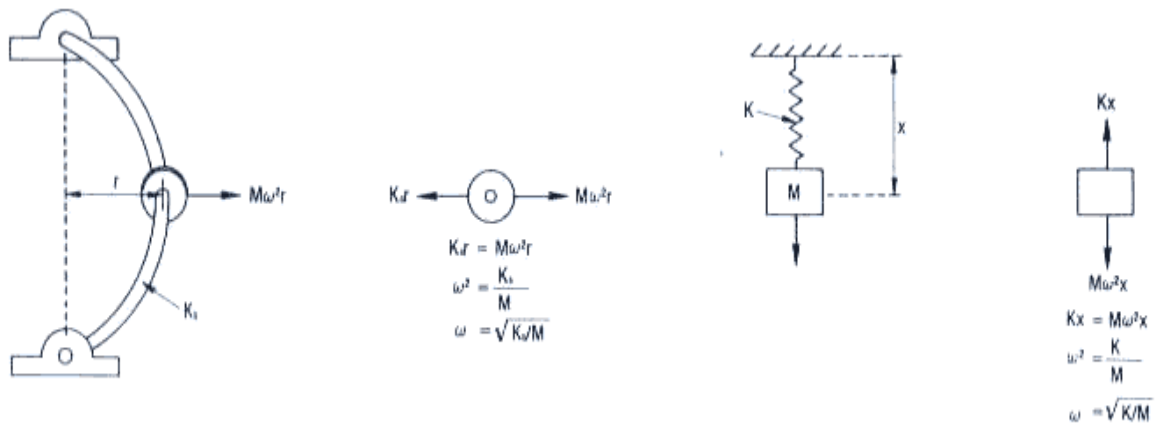


Géprezgések spektrumanalízise (ill. frekvenciaanalízise) -2-

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

Géprezgések keletkezése

A forgógépek működése közben ébredő alternáló erők periodikus rezgéseket keltenek. Minden egyes szerkezeti elem más-más mechanikai (fizikai) tulajdonsággal - különböző merevséggel, csillapítással, sajátfrekvenciával - bír, maga a gépszerkezet egésze pedig a fellépő dinamikus erők szempontjából csillapított, több szabadságfokú rendszerként modellezhető (lásd a lenti ábrát). Mivel a gép belső erőhatásairól csak nehezen tudunk információt szerezni, az erőhatás válaszként fellépő, kívülről mérhető rezgések alapján kell a gép vizsgálatát elvégeznünk. Ennek során a legnagyobb segítséget az időjelek spektrumanalízise nyújthatja, mivel az így "láthatóvá" tett rezgéskomponenseket csupán abból a szempontból kell ellenőrizni, hogy frekvenciái megegyeznek-e a gép alkatrészeire és bizonyos gépbeállítási hibákra jellemző frekvenciákkal, vagyis a legtöbb beállítási hiba és számos gépelem sérülése esetére egyértelműen definiálható, úgynevezett hibafrekvenciákkal.



Az eltérő tulajdonságú szerkezeti elemekből álló gépszerkezet több szabadságfokú rendszert alkot

Hibafrekvenciák

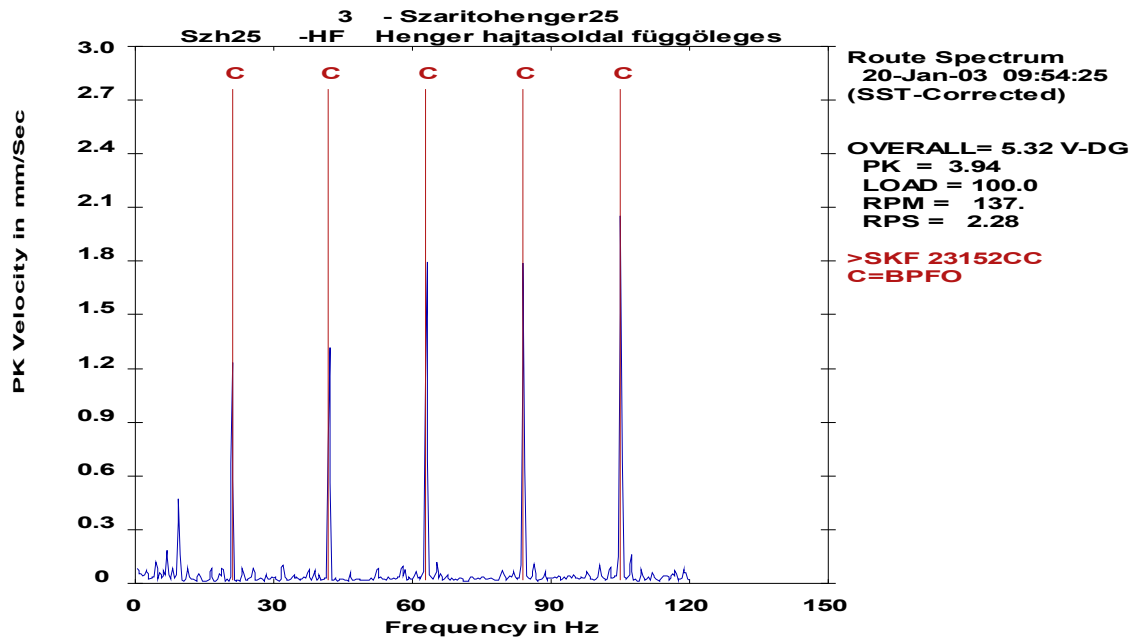
A frekvenciaspektrumok megértéséhez azt kell feltételeznünk, hogy mindegyik frekvenciacsúcsnak, illetve a frekvenciacsúcsok kombinációinak megfelelő - mechanikailag megmagyarázható - alternáló erő megtalálható a gépben. A mechanikai magyarázathoz ismerni kell a gép szerkezetét és az ebből adódó összefüggéseket. Annak ellenére, hogy a gépek konstrukciójában, működésében és viselkedésében igen nagy különbségek vannak, a legtöbb hibajelenségre általánosan érvényű definíciók adhatók meg, mivel a geometriai, illetve fizikai összefüggések alapján kiszámíthatók a várhatóan fellépő rezgések frekvenciái.

Nagyon fontos figyelembe venni, hogy a legtöbb hiba frekvenciája fordulatszámfüggő. Ezért a frekvenciaspektrumok egyértelmű analíziséhez elengedhetetlen a gép fordulatszámának (fordulatszámainak) ismerete. Táblázatunk a gyakran előforduló hibajelenségek esetén várható (tipikus) rezgésfrekvenciákat tartalmazza, a fordulatszám többszörösében kifejezve.

Tipikus rezgésfrekvenciák a leggyakoribb hibáknál

Kiegyensúlyozatlanság:	1-szeres forgásfrekvencia
Tengelybeállítási hiba:	1-, 2-, 3-, esetleg 4-szeres forgásfrekvencia
Lazaság, mechanikai játék:	1-, 2-, 3-, 4-, 5-, esetleg 6-, 7-, 8-, 9-szeres forgásfrekvencia
Foghibák (fogaskerék):	1-, 2-, 3-szoros fogszámxxxforgásfrekvencia
Lapáthibák (ventilátor, szivattyú):	1-, 2-, 3-szoros lapátszámxxxforgásfrekvencia
Szífrekvencia (szíjhajtás):	a szíjtárcsák geometriai méretei, a szíjhossz és a forgásfrekvencia alapján számolandó ki
Gördülőcsapágy hibái:	a csapágy geometriai méretei és a forgásfrekvencia alapján számolandó ki
Villanymotor villamos hibái:	2-szeres hálózati frekvencia

A táblázat szerint a gép felépítése alapján igen jól meghatározható, hogy milyen hiba esetén milyen frekvenciájú rezgések várhatók. Ezért a legtöbb diagnosztikai szoftver a hibafrekvenciák grafikai megjelenítésével segíti a diagnosztikai munkát: csupán azt kell megnézni, hogy a berajzolt hibavonalak egybe esnek-e a mért rezgésjel spektrumcsúcaival (következő ábra). Természetesen ugyanezen elvek alapján a szoftverek listaszerű - szöveges feltételezésekkel ellátott - hibabeszámolókat is készíthetnek, illetve szakértői programmodulok bevonásával a géphibák akár 80 ... 95 százalékos biztonságú felfedezésére és szöveges kiértékelésére is képesek. De maradjunk a továbbiakban az elemzés "kézi" módszerénél.

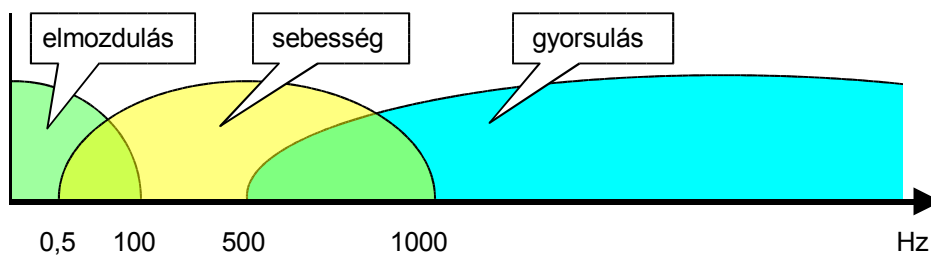


A diagnosztikai munkát nagyban megkönnyítheti a hibafrekvenciák grafikus megjelenítése

Elmozdulás, rezgéssebesség vagy –gyorsulás

Amíg a szélessávú rezgésszintmérés esetén a szabványokból kiindulva tudjuk, hogy a gépállapotr jellemző rezgésszintet rezgéssebességben kell meghatározni, a gördülőcsapágy nagyfrekvenciájú zaját viszont rezgés gyorsulásban szokás mérni - tehát a spektrumanalízis során nekünk kell eldöntenünk, hogy milyen fizikai egységben jelenítsük meg a rezgéseket. Döntésünk attól függ, hogy ugyanannak a rezgésnek a kis- vagy a nagyfrekvenciájú komponenseit kívánjuk-e szemügyre venni. A frekvenciákra érvényes összefüggés miatt ugyanis nem jeleníthető meg a teljes frekvenciatartomány úgy, hogy az összes frekvenciájú komponens ugyanabban az egységben skálázva jól látható legyen.

Az összefüggés ugyanakkor egyértelmű irányutatást ad: a kisfrekvenciás rezgéskomponenseket elmozdulásban, a közepes frekvenciatartományt képviselőket rezgéssebességben, a nagyfrekvenciás rezgéseket pedig rezgés gyorsulásban célszerű ábrázolni. (Az összes információt egyszerre megjeleníteni képes, de nehezebben leolvasható ábrázolás logaritmikus skálázással nyerhető, amely grafikusan kinagyítja a kis amplitúdókat.) A tipikus jelmegejtési frekvenciatartományokat a lenti grafikon mutatja.



Az egyes frekvenciatartományokra jellemző megjelenítési formák

A spektrumelemzés paraméterei

A felbontás, a spektrumvonalak száma, a frekvenciatartomány, az átlagolás és a mérési idő olyan paraméterek, amelyeket gyakran együtt említenek, mivel szoros összefüggésben állnak egymással. A spektrális felbontás a spektrumvonalak közötti frekvenciabeli távolságot - más szóval a vonalak szélességét - jelzi. Minél finomabb a felbontás, annál jobb eséllyel választhatók szét az egymáshoz közel eső hibajelenségek frekvenciacsúcsai. A spektrumvonalak száma a műszer spektrális felbontóképességének egyik jellemzője. A beállítható frekvenciatartomány ismeretében kiszámítható, mekkora a legkisebb vonalszélesség.

Ahhoz, hogy egy műszer rögzíteni tudja a kívánt spektrumot, teljesítenie kell a jeldigitalizálással és a spektrumanalízissel kapcsolatos törvényeket. A Fourier-transzformáció kétszer annyi időjelmintát követel meg, mint amennyi spektrumvonalat meg kívánunk jeleníteni. A kelleténél ritkább mintavételezésből adódó jeltorzulás elkerüléséhez viszont a **Shanon-törvényt** is be kell tartani, amely alapján a megjelentetni kívánt legnagyobb frekvencia minimum kétszeresével kell az időjelet rögzíteni. A kézi műszerek legtöbb gyártója a Shanon-tételnek 2,5-szeres frekvenciájú mintavételezés alkalmazásával tesz eleget.

Az elmondottakból adódik, hogy a spektrum méréséhez szükséges idő a következőképpen alakul:

$$T(\text{mérés}) = \text{spektrumvonalak száma} \times 2 / (F_{\text{max}} \times 2,5)$$

Hogy fölöslegesen ne pazaroljuk az időnket, gondoljuk alaposan végig, hogy mit akarunk mérni, hiszen a felbontás túlzott növelése, de a túl alacsony felső határfrekvencia kiválasztása is meghosszabbítja a mérés időtartamát. A felbontás (a spektrumvonalak szélessége) kiválasztásához át kell gondolni, mi lehet az adott mérőponton a két egymáshoz legközelebb eső, de még szétválasztani kívánt hibajelenség frekvenciakülönbsége. A vonalszélesség ennek felére - még inkább ötödére - állítandó be. A felső határfrekvenciát pedig a mérendő gép jellegétől és fordulatszámától függően kell meghatározni. (Ennek egyes szabályaira cikksorozatunk következő részeiben kitérünk.)

Zajcsökkentés céljából (a jel-zaj viszony javítására) több spektrumot szokás átlagolni. (Az átlagolás módjaival is egy későbbi írás keretében foglalkozunk majd.) Matematikailag bizonyított tény, hogy ezeket a spektrumokat nem feltétlenül egymás után kell rögzíteni, hanem legfeljebb 67 százalékos időbeni átlapolás (átfedés) esetén is információvesztés nélkül végezhető az adatrögzítés.

Számítási példa:

8 spektrum átlapolása (átlapolás ill. átfedés: 67%), 6400 vonal, $F_{\text{max}} = 3200$ Hz
(tehát az F_{max} -ból és a spektrumvonalak számából adódik, hogy a spektrumfelbontás 0,5Hz)

$$T(\text{mérés}) = (1 + 7 \times 33\%) \times 6400 \text{ Hz} \times 2 / (3200 \text{ Hz} \times 2,5) = 5,296 \text{ s (másodperc)}$$

Megjegyzés: A kiszámított idő nem készülékfüggő, és semmiképp nem rövidíthető meg, mivel matematikai törvényszerűségek indokolják. A műszerek gyorsaságának különbsége abban rejlik, hogy az automatikus méréstartomány-beállítást, az ofszetkiegyenlítést és magát a jelfeldolgozást, illetve -megjelenítést milyen algoritmussal és sebességgel valósítják meg. Ezek időszükséglete a fent kiszámított időn túl értendő.