

Géprezgések spektrumanalízise (ill. frekvenciaanalízise) -5-

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

A rezonancia fizikai alapjai

A mechanikus struktúrák különböző frekvenciákon más-más merevséget mutatnak. Azokon a frekvenciákon, amelyekeken kicsi a szerkezet merevsége (tehát nagy a rezgéshajlama), már akár nagyon kis erők is képesek a szerkezetet erős lengésbe (rezgésbe) hozni. E frekvenciákat rezonanciafrekvenciáknak, a körülvevő frekvenciatartományt pedig rezonanciatartománynak nevezik. Azt a frekvenciatartományt, amelyben viszont a szerkezetet kifejezetten nagy merevség jellemzi, anti-rezonanciás tartománynak hívjuk.

További fontos paraméter a rezonancia csillapítása. A csillapítás annak a mértékegysége, hogy egyszeri gerjesztés által előidézett rezonanciarezgés milyen gyorsan cseng le. A kemény anyagok (például üveg, acél, sárgaréz) általában kis csillapításúak, a gerjesztés után még sokáig rezegnek (ennek példája a mindennapi életben a harang és a xilofon). Az ilyen rezonanciák frekvenciatartománya általában nagyon szűk, és jellemző rá a magas amplitúdókiemelkedés. A lágú és plasztikus (rugalmas, puha) anyagok (például gumi, fa) nagy csillapítással bírnak. Ezeknél az anyagoknál többnyire nagyon széles frekvenciájú rezonanciatartományt találunk, amelynek amplitúdókiemelkedései nem olyan magasak.

Forgógépek rezonanciaproblémái

Az ipari forgógépek szempontjából leszögezhetjük, hogy minden gépnek van egy vagy több rezonanciája, mivel ez a gépstruktúra tulajdonsága. A rezonanciák frekvenciatartománya pedig az alkalmazott anyagoktól és a gépszerkezet kialakításától függ. Baj csupán akkor van, ha a rezonanciafrekvenciák valamelyike egybeesik a gép forgásfrekvenciájával, illetve annak többszörösével. A változtatható fordulatszámú gépek (például egyenáramú vagy frekvenciaváltós aszinkron motorok) esetén éppen ebből adódik a gond: minél szélesebb az üzemszerű fordulatszám-tartomány, annál nagyobb valószínűséggel rezonanciafrekvencián, illetve annak valamelyik többszörösén is üzemelhet a berendezés.

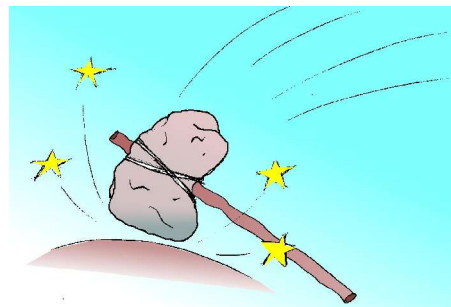
A rezonanciaproblémák megoldhatók szerkezeti változtatásokkal (így a szerkezeti elemek sajátfrekvenciájának megváltoztatásával, a rezonanciafrekvencia elhangolásával vagy a rezonancia csillapításával), valamint a gerjesztőfrekvencia megváltoztatásával (a géphiba megszüntetésével, az üzemi fordulatszám vagy a terhelés módjának megváltoztatásával). Ehhez viszont előtte bizonyosságot kell szerezni arról, hogy valóban rezonanciával állunk-e szemben, és tudni kell a frekvenciáját.

Vizsgálati módszerek

Mindenképpen akkor kell a rezonanciaproblémával foglalkoznunk, ha kismértékű fordulatszámváltozás esetén nagy rezgésamplitúdó-változások lépnek fel. (Tehát a gerjesztőfrekvencia kis változására a rezgések nagysága drasztikusan változik.) Maga a rezonanciafrekvencia és a rezonanciacsillapítás felmérésére többféle módszer létezik. Ezek között van olyan, amelyet álló gép mellett kell elvégezni (ütésgerjesztés), és olyan is, amely kihasználja a forgógép felfutása, illetve leállása folyamán fellépő, változó frekvenciájú gerjesztést (a gép forgásából adódó rezgésekre alapozva). Mindegyiknél fontos azonban, hogy mivel a rezonanciák hely- és irányfüggőek, a gerjesztésre adott választ több irányban (például vízszintesen és függőlegesen) is érdemes megmérni. (A különböző irányokban igen lényeges - akár nagyságrendi - eltérések is előfordulhatnak.)

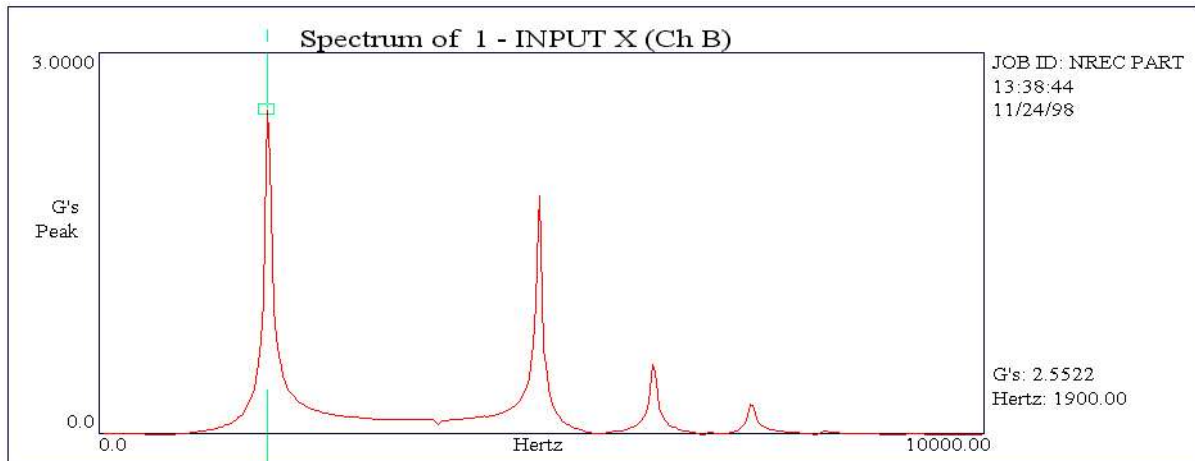
Ütésteszt

A legegyszerűbb rezonanciateszt az ütésteszt, amelyet álló gépen kell elvégezni. Lényege, hogy egyszeri ütéssel gerjesztjük a gépszerkezetet, és rögzítjük az ütésre keletkező rezgések spektrumát. A rezonanciafrekvenciák a spektrumban található kiemelkedések (amplitúdóhegyek) formájában láthatóvá válnak. Az antirezonanciás tartományok viszont völgyekként jelennek meg. A kiemelkedések és a völgyeszerű tartományok szélessége jól jellemzi a csillapítást.



Hogy melyik frekvenciatartományt lehet ütéssel gerjeszteni, az az ütésimpulzus T időtartamától függ. Az $1/T$ frekvenciatartományban az ütés által a szerkezetbe juttatott energia 90 százaléka rezgésgerjesztésként hat. E miatt a puha (tomp), például gumialapáccsal kifejtett ütések csak néhány 100 Hz-ig képesek gerjeszteni, a rövid (kemény) ütések (például vaskalapáccsal) pedig akár több kHz-es frekvenciatartományban is rezgéseket gerjesztenek.

Nagy szerkezetek és a magasabb frekvenciák irányába eltolódó frekvenciatartományok esetén az ütésteszt - a fenti összefüggés miatt - már nem elég hatásos, illetve egyáltalán nem alkalmazható.



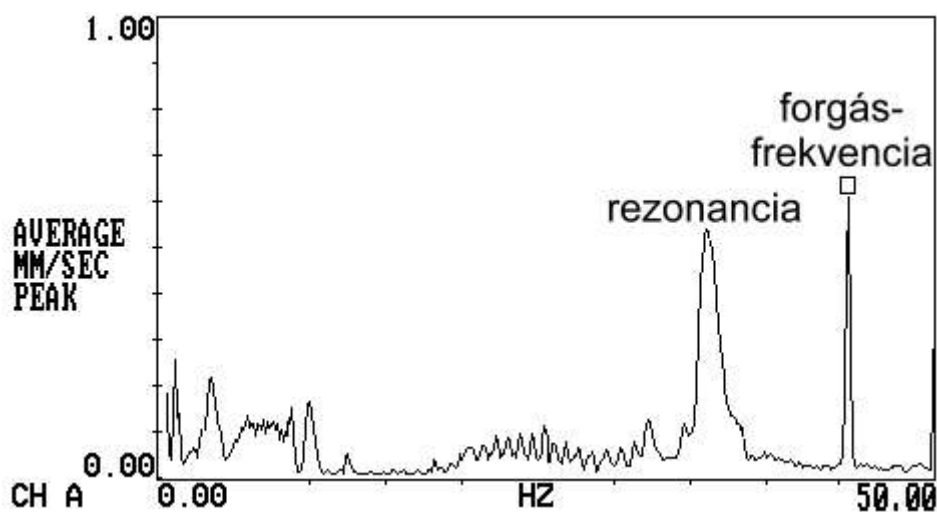
Négy rezonanciafrekvenciát kimutató spektrum, mely ütésteszttel került rögzítésre [forrás: CSI]

Fel- és lefutási vizsgálatok

A következőkben részletezett módszerek kihasználják a forgógép felfutása, illetve leállása folyamán fellépő, változó frekvenciájú "természetes" gerjesztést (a gép forgásából adódó rezgésgerjesztést) a rezonanciák felderítésére. E módszerek "szépséghibája", hogy az így alkalmazott gerjesztés szintén a fordulatszám függvénye lehet (emlékezzünk csak a kiegyensúlyozatlanságra: a rezgést gerjesztő centrifugális erő a fordulatszám négyzetével arányosan nő).

Csúcsmegtartásos (peak-hold) spektrumfelvétel

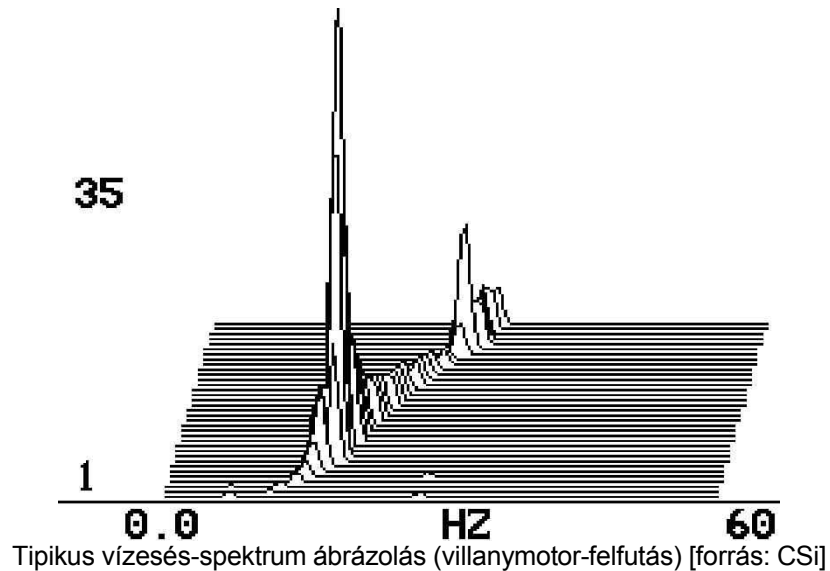
Kihasználja a legtöbb műszerben meglévő képességet, miszerint a műszerek több spektrumot képesek átlagolni, még hozzá csúcsmegtartásos módon (mindegyik frekvencián a hozzá tartozó legnagyobb amplitúdóértéket megtartják). A gép leállása, illetve felfutása alatt folyamatosan történik a spektrumok rögzítése és csúcsmegtartásos átlagolása. Ennek eredményeként "elmosódott" spektrumot kapunk, amelyből kivehető a rezonanciákra utaló amplitudóhegyek.



Csúcsmegtartásos rezgésspektrum egy gépleállásról (ventilátor leállítás) [forrás: PIM]

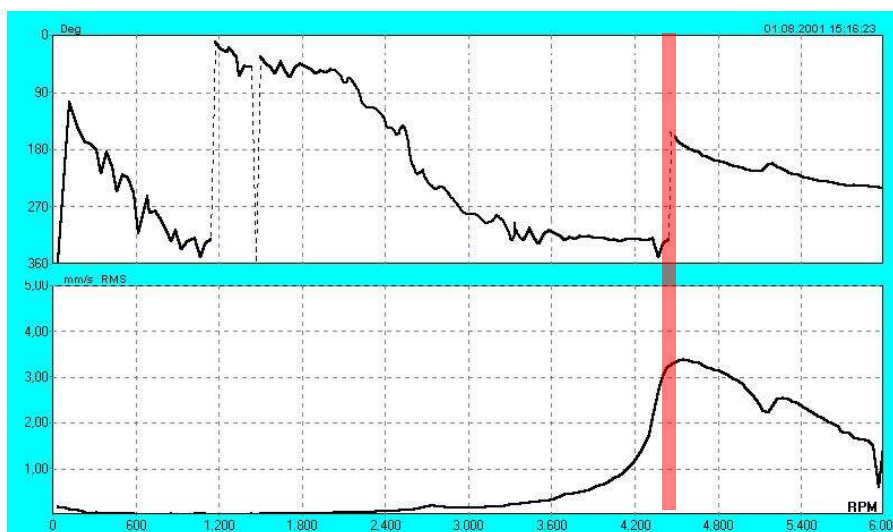
Vízesés-spektrum felvétel

Nagy tudású (nagy tárolókapacitású és gyors spektrumanalízisre képes) kéziműszereket kíván, mivel a lefutás alatt vagy beállított időközönként, vagy a fordulatszám függvényében (az üzemi forgásfrekvencia valamilyen törtrészének elérésekor) rögzíteni kell egy rezgésspektrumot. E spektrumokat egymás mögött szokás megjeleníteni, így az úgynevezett vízesésspektrum ábrázolásához jutunk, amely igen szemléletes megjelenítési forma, és segítségével az összes amplitúdókiemelkedés könnyen felismerhető.



A rezgésamplitúdó és a fázisszög fordulatszámfüggő felvétele

Alapja, hogy a leállítás vagy a felfutás alatt folyamatosan rögzítésre kerül a forgásfrekvenciájú rezgésamplitúdó és a hozzá tartozó fázisszög. Ezek grafikus ábrázolásával nemcsak az amplitúdókiemelkedés válik láthatóvá, hanem a rezonanciafrekvencián bekövetkező fázisszög-megfordulás (tehát mintegy 180°-os változás) is.



Rezgésamplitúdó- és fázisszögméréssel megállapítható rezonancia 4450 fordulat/percen [forrás: PIM]