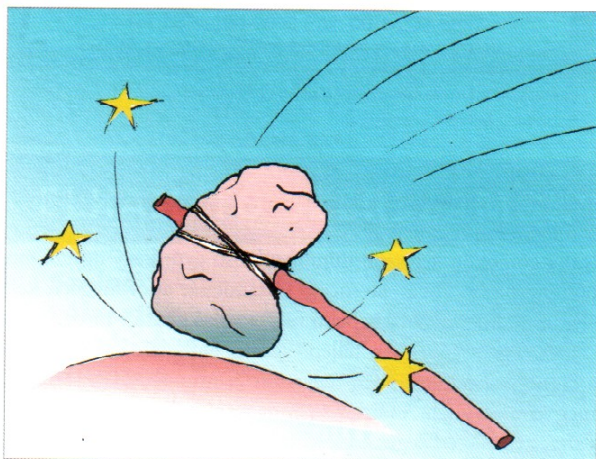


Tűzoltás és nagyjavítás helyett

Állapotfüggő karbantartás rezgésdiagnosztikával (XI.)

A rezonanciaproblémák megoldhatók szerkezeti változtatásokkal (például a szerkezeti elemek sajátfrekvenciájának megváltoztatásával, a rezonanciafrekvencia elhangolásával vagy a rezonancia csillapításával), illetve a gerjesztőfrekvencia megváltoztatásával (a géphiba megszüntetésével, az üzemi fordulatszám vagy a terhelés módjának a megváltoztatásával). Ehhez viszont bizonyosságot kell szereznünk, hogy valóban rezonanciával állunk-e szemben, és tudnunk kell annak frekvenciáját.

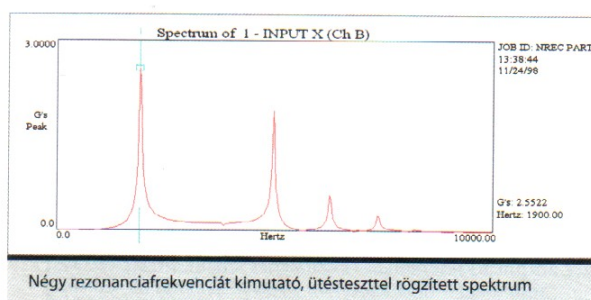
➤ Az IPARI FORGÓGÉPEK szempontjából leszögezhetjük, hogy minden gépnek van egy vagy több rezonanciája, mivel ez a gépstruktúra tulajdonsága. Baj csupán akkor van, ha a rezonanciafrekvenciák valamelyike egybeesik a gép forgásfrekvenciájával, illetve annak többszöröseivel. A változtatható fordulatszámú gépek esetén éppen ebből adódik a gond: minél szélesebb az üzemszerű fordulatszám-tartomány, annál nagyobb valószínűséggel egy-egy rezonanciafrekvencián, illetve többszörösén is üzemelhet a berendezés.



Akkor kell mindenképpen a rezonanciaproblémával foglalkoznunk, ha kismértékű fordulatszám-változás 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 a leállása folyamán fellépő változó frekvenciájú gerjesztést (azaz a gép forgásából adódó rezgésekre alapoz). Fontos mindkettőnél, hogy mivel a rezonanciák hely- és irányfüggők, a gerjesztésre adott választ több irányban (például vízszintesen és függőlegesen) is érdemes megmérni. Ennek során igen lényeges – akár nagyságrendi – eltérések is előfordulhatnak.

Ütésteszt és korlátai

A legegyszerűbb rezonanciateszt az ütésteszt, amelyet álló gépen kell elvégezni. Ehhez egy egyszeri ütéssel gerjesztjük a gépszerkezetet, és rögzítjük az ütésre keletkező rezgések



Négy rezonanciafrekvenciát kimutató, ütésteszttel rögzített spektrum

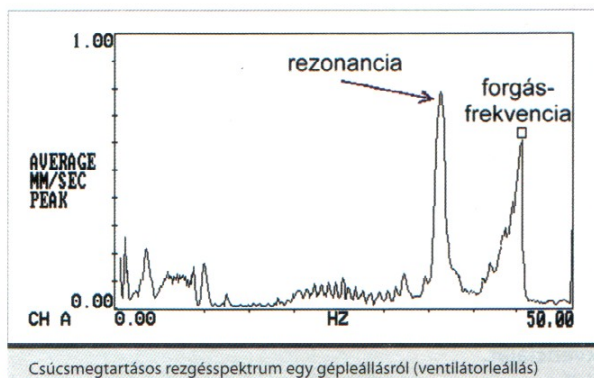
spektrumát. A rezonanciafrekvenciák a spektrumban található kiemelkedések (amplitúdóhegyek) formájában láthatóvá válnak. Az antirezonanciás tartományok viszont völgyekként jelennek meg. A hegyek és völgyek szélessége meghatározó a csillapítás szempontjából.

Hogy melyik frekvenciatartományt lehet ütéssel gerjeszteni, az az ütésimpulzus (τ) időtartamától függ. Az $1/\tau$ frekvenciatartományban az ütés által a szerkezetbe juttatott energia 90 százaléka rezgésgerjesztésként hat. Ennek alapján a puha (tomp) ütések (például gumikalapáccsal) csak néhány 100 Hz-ig képesek gerjeszteni, a rövid (kemény) ütések (például vaskalapáccsal) pedig akár több kHz-es frekvenciatartományban is rezgéseket gerjesztenek. Ez az összefüggés világossá teszi, hogy nagy szerkezetek és magasabb frekvenciatartományok esetén az ütésteszt már nem elég hatásos, illetve egyáltalán nem alkalmazható.

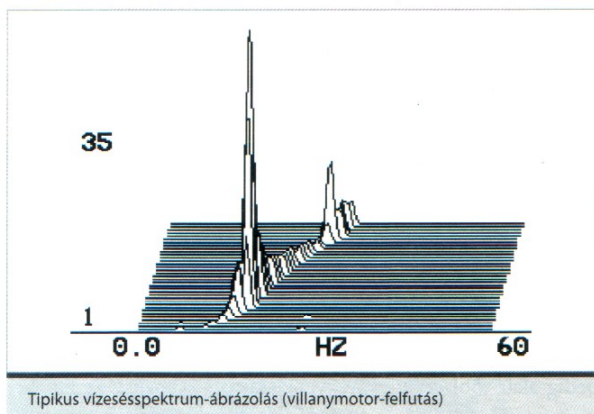
Fel- és lefutási vizsgálatok

A következőkben részletezett módszerek kihasználják a forgógép felfutása, illetve leállása folyamán fellépő változó frekvenciájú „természetes” (a gép forgásából adódó) rezgésgerjesztést a rezonanciák felderítésére. E módszerek „szépséghibája”, hogy az így igénybe vett gerjesztés szintén a fordulatszám függvénye lehet (például 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 készülékek általában több spektrumot képesek átlagolni, méghozzá csúcsmegtartásos módon. (Mindegyik frekvencián megtartja a rajta található legnagyobb amplitúdóértéket.) A gép leállása, illetve felfutása alatt folyamatosan történik a spektrumok rögzítése és csúcsmegtartásos átlagolása. Ennek eredményeként egy „elmosódott” spektrumot kapunk, amelyből a rezonanciákra utaló amplitúdóhegyek kivehető.



Vízesésspektrum felvétele Ez az eljárás nagy tudású (nagy tárolókapacitású és gyors spektrumanalízisre képes) kéziműszereket kíván, mivel a lefutás alatt vagy beállított időközönként, vagy a fordulatszám függvényében (az üzemi forgásfrekvencia valamelyik törtrészenek elérésekor) rögzíteni kell egy rezgésspektrumot. E spektrumokat egymás mögött szokás megjeleníteni, így az úgynevezett vízesésspektrum-ábrázoláshoz jutunk. A nagyon szemléletes ábrázolási formában az összes amplitúdókiemelkedés szemmel felismerhető.



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

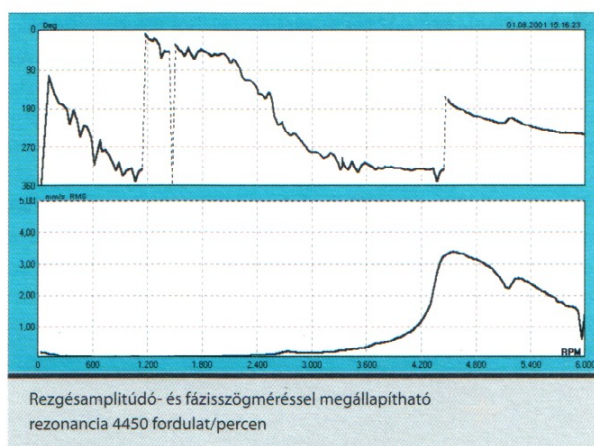
Golyós és hengergörgős csapágyak hibái

A csapágyak sérülései különböző okokra vezethetők vissza: hibás szerelés, technológiai hibák a tengelyelemek szerelésénél, gőz hatása, túlterhelés, túl nagy fordulatszám, rossz vagy hiányzó kenés, anyag- és gyártási hibák. De alapvetően a csapágy üzemszerű terhelése önmagában is – a csapágy élettartamának függvényében – előbb-utóbb anyagelfáradáshoz, aztán először kisebb, majd rohamosan egyre nagyobb sérülésekhez vezet.

Ha megsérül egy csapágy, rezgések keletkeznek, és ezek frekvenciája attól függ, melyik csapágyalkotó elemen következett be a meghibásodás. Ezek a hibafrekvenciák – gyakran

csapágyfrekvenciáknak, illetve csapágy-hibafrekvenciáknak is nevezett frekvenciák – könnyen kiszámíthatók, ha a csapágy bizonyos alapvető geometriai méretei ismertek. A következő adatokat kell tudni a hibafrekvenciák kiszámításához: $\triangleright$ D a görgők középpontja gördülópályának (futópálya) átmérője $\triangleright$ d a görgők átmérője $\triangleright$ Q az erőátviteli szög (az erőátvitel iránya a belső gyűrűről a külső gyűrűre) $\triangleright$ Z a görgők száma $\triangleright$ N a tengely fordulatszáma (fordulat/perc egységben).

A következő csapágy-hibafrekvenciák (alapsávu csapágyfrekvenciák) léteznek: $\triangleright$ FTF kosárfrekvencia (Fundamental Train Frequency) $\triangleright$ BPFO külsőgyűrű-frekvencia (Ball Pass Frequency, Outer race) $\triangleright$ BPFI belsőgyűrű-frekvencia (Ball Pass Frequency, Inner race) $\triangleright$ BSF görgőfrekvencia (Ball Spin Frequency). A leg-



gyakoribb csapágyhiba a külső gyűrű sérülése, mivel a legtöbb esetben a külső gyűrű áll, és a terhelés (például a forgórész súlya) a görgőkön keresztül mindig a külső gyűrű egy ugyanazon pontján hat. A hibafrekvenciák kiszámítását attól függően kell elvégezni, hogy a csapágy belső vagy a külső gyűrűje forog.

Az egyes gépekben fellépő axiális erőhatások miatt nem a csapágy-specifikációban megadott érintési szögben történik meg az erőátvitel. Az érintési pont minimálisan eltolódik oldalra, és így a tényleges érintési szög megváltozik. Ez kihatással van a számítással kapott várható hibafrekvenciákra. A gyakorlatban leginkább nagy axiális terhelés esetén fordul elő, ekkor az axiális erők megnövelik az érintési szöget, és ez befolyásolja a hibafrekvenciák alakulását. Ennek hatása meglehetősen kicsi, legfeljebb 2 százalék, de a kalkulált hibafrekvenciák már ekkor sem fedik pontosan a valóságban mért frekvenciákat.

A legtöbb szokásos esetben (belső gyűrű forog, külső gyűrű áll) a csapágyhibákra jellemző rezgésfrekvenciák ± 20 százalék pontossággal becsülhetők meg a következő egyenletek alapján: $\triangleright$ kosárfrekvencia $FTF = 0,4 \times N / 60$ $\triangleright$ külsőgyűrű-frekvencia $BPFO = 0,4 \times N / 60 \times Z$ $\triangleright$ belsőgyűrű-frekvencia $BPFI = 0,6 \times N / 60 \times Z$ $\triangleright$ görgőfrekvencia $BSP = 0,23 \times N / 60 \times Z$ ($Z < 10$), illetve $0,18 \times N / 60 \times Z$ ($Z \geq 10$). Következő folytatásunkban vesszük közelebből szemügyre a hibafrekvenciáknak a rezgésspektrum felvételével történő vizsgálatát.

Rahne Eric

pim@pim-kft.hu

www.pim-kft.hu, www.gepszakerto.hu