Tűzoltás és nagyjavítás helyett

Állapotfüggő karbantartás rezgésdiagnosztikával (IV.)

A forgógépek állapotfelmérése és -figyelése rezgésmérő, illetve -elemző eszközökkel valósítható meg a korszerű állapotfüggő karbantartás keretében. Sorozatunkban ehhez kapcsolódva tekintjük át a mérések fizikai alapjait, a mérőhely és a mérőeszköz kiválasztási szempontjait, valamint a rezgésérzékelők helyes alkalmazását, ami a legkényesebb pontot jelenti e témában.

Minden szilárd test rendelkezik azzal a képességgel, hogy több irányban különböző frekvenciájú rezgések végzésére képes. A legnagyobb kilengéseket a testspecifikus sajátfrekvencián tapasztalhatjuk, mivel ezen a frekvencián „rezonál" a test az adott irányban (innen eredt a rezonanciafrekvencia fogalma.) Természetesen egyetlen test sem kezd el magától rezgéseket végezni. Mindehhez gerjesztés – tehát külső erők hatása – szükséges. Minél nagyobb ez az erő, alternáló erők esetében pedig frekvenciája minél inkább közelít a test sajátfrekvenciájához, annál nagyobb rezgéseket végez a szilárd test az erőhatás által előidézett irányban.

Fizikai alapok

Forgógépeink esetében a rezgések forrása a gép működése alatt természetszerűen keletkező alternáló erők. Ezek soha nem küszöbölhetők ki teljesen, mindenképpen előadódnak többek között a gép üzemszerű alternáló működéséből (például dugattyús gépek), a forgó alkatrészek maradék kiegyensúlyozatlanságából vagy a hajtásból eredő periodikus erőkből (például fogaskerék, villanymotorok tulajdonságai, hálózati felharmonikusok). Az erők tehát üzemszerűen jelen vannak. Az egyes gépalkatrészekre gyakorolt hatásukat úgy kell elképzelni, hogy minden gépalkatrész egy rúgó-tömeg lengőrendszer része. Maga a forgógépünk tehát sok ilyen egyéni lengőrendszerből áll, amelyek szinte mind egymással is összefüggésben vannak, és egymást gerjesztik.

A szilárd testek említett rezonanciatulajdonságából adódik, hogy valamennyi gépelem igyekszik a rá ható alternáló erő hatását a saját frekvenciáján követni. Ez egyaránt vonatkozik a gép minden mozgó és minden tartó elemére. A mechanikus elemek merevsége és tömege függvényében alakulnak ki a gépen mérhető rezgések frekvenciái és a hozzájuk tartozó amplitúdók. Minél kisebb a gépelem, annál nagyobb frekvenciájú, de kisebb amplitúdójú rezgést végez.

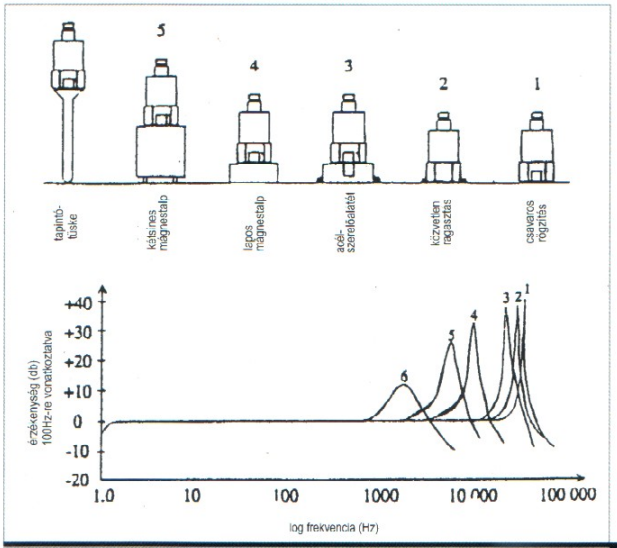
Mérőhely kiválasztása

Minden mechanikai rezgés természetesen ott a legerősebb, ahol keletkezik. A rezgés energiájának továbbadása bármilyen anyagban többé-kevésbé erős csillapítással történik. Minél magasabb frekvenciájú a rezgés, annál erőscbb a csillapítása. Ennek következtében alacsony frekvenciás rezgéseket a forrástól nagyobb távolságban is érzékelhetünk, de a magas frekvenciájú rezgések (például csapágyrezgések) érzékelési távolsága nagyon korlátozott.

A magas frekvenciás rezgések mérhetőségére vonatkozóan még egy kiegészítő magyarázat: a magas frekvenciájú rezgéseket csak kis súlyú – magas sajátfrekvenciával rendelkező – elemek képesek jól követni, a nagy súlyú testek nem. Ezen túl a kis súlyú elemek által átadható magas frekvenciájú rezgések energiatartalma egyszerűen túl kicsi ahhoz, hogy megfelelő gerjesztést adjon át a nagyobb testnek rezgések végzéséhez.

Az említett csillapításon túl figyelembe veendő az a tény is, hogy további rezgésenergia-veszteség lép föl, ha egyik testről másik testre (esetünkben gépalkatrészek között) történik a rezgés átadása. Minél szorosabb két elem kapcsolata, annál erőteljesebben kerül átadásra a rezgés energiája. Az egymással kapcsolatban nem álló elemek nem követik egymás rezgéseit. Tovább nehezíti a dolgunkat, hogy a magas frekvenciájú rezgéseket végző kis testű elemek (például csapágy alkatrészei) által átadható mozgásenergia túl kicsi ahhoz, hogy nagyobb testeknek adjon gerjesztést rezgések végzéséhez.

A FORGÓGÉPEKNÉL A REZGÉSEK FORRÁSA A GÉP MŰKÖDÉSE KÖZBEN KELETKEZŐ ALTERNÁLÓ ERŐK.



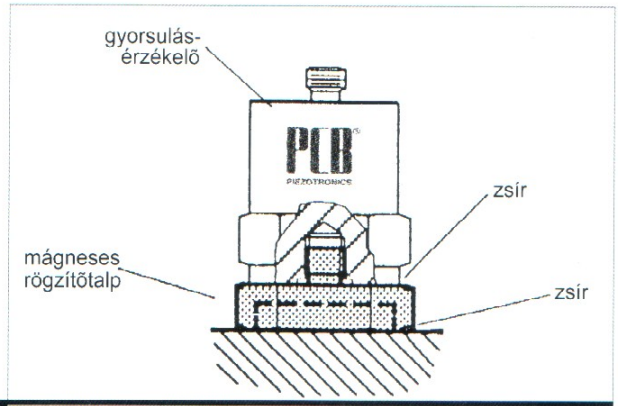
A frekvenciamenet rögzítésfüggése 1

A fentiekből adódik, hogy a rezgésforráshoz minél közelebbi helyen kell mérni. Forgógépek esetén a csapágyházakon ajánlatos ezt megtenni, mivel a forgó alkatrészek hibáiból keletkező rezgések ide terjednek át, és a magából a csapágyhibából eredő (magas frekvenciájú) rezgések csak itt mérhetők. Ne mérjünk laza burkolaton vagy különálló – szoros kapcsolat nélküli – gépelemeken, ha a gép forgó alkatrészeire vonatkozó rezgésekre vagyunk kíváncsiak! Az említett elemeken csak akkor érdemes méréseket végezni, ha fennáll a gyanú, hogy ezek a gép valamelyik gerjesztésére rezonálásra hajlamosak.

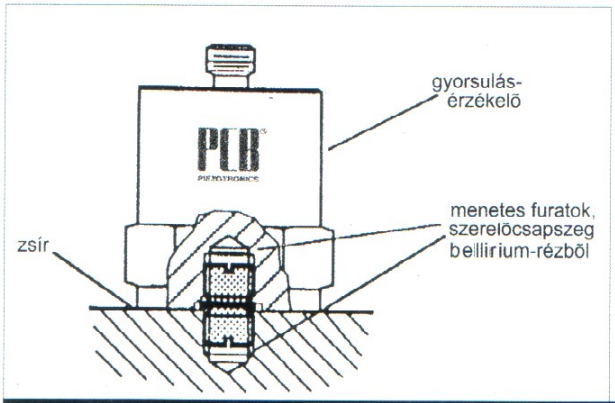
A REZGÉSEK KÖVETÉSÉNEK MINŐSÉGÉTŐL FÜGGŐEN AKÁR MÁS-MÁS MÉRÉSI EREDMÉNYT IS KAPHATUNK.

Mérőeszköz kiválasztása

Nem mindegy, hogy milyen frekvenciatartományú rezgésekre vagyunk kíváncsiak. A gépállapot felméréshez leggyakrabban az ISO 10816 szabványban ajánlott frekvenciatartományt alkalmazzuk, amely szerint 10 Hz és 1 kHz között mérjük a rezgést (sebesség-effektívértékben skálázva). 3000 fordulat/perccel vagy ennél gyorsabban forgó gépek esetén a frekvenciatartományt 10 Hz és 2–3 kHz között érdemes beállítanunk, míg lassú gépek esetében (néhányszor 100 fordulat/perc) már 2 Hz-től kell a rezgéseket mérnünk. A gép fordulatszáma alapján tehát eltérő a mérési feladatunk és a méréshez figyelembe veendő körülmények is.



2 Rögzítés lapos mágnessel



Csavaros rögzítés 3

A tipikus ipari gépek (1500, illetve 3000 fordulat/perc) a legtöbb műszerhez szállított „standard" érzékelővel – többnyire ICP kivitelű (beépített töltéserősítővel rendelkező) piezoelektromos rezgésgyorsulás-érzékelőkkel – jó pontossággal megmérhetők, feltéve persze, hogy az érzékelőt megfelelően rögzítették a mérési tárgyra.

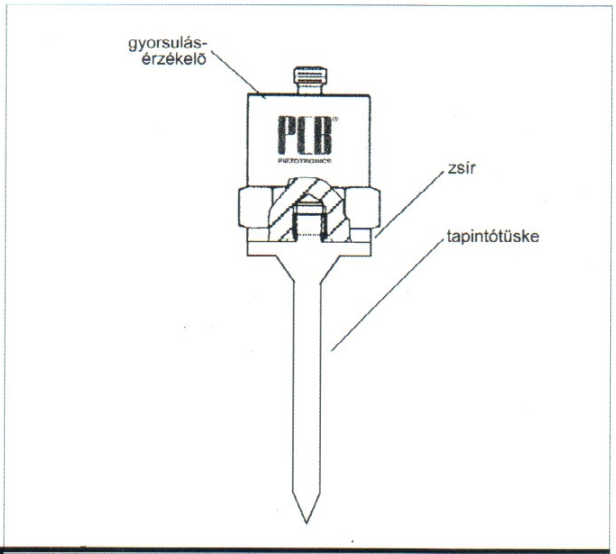
Ugyanolyan jól alkalmazhatók az elektrodinamikus rezgéssebesség-érzékelők is, amelyek a lassabban forgó gépek esetén sokszor még jobbak is a piezoelektromos érzékelőknél: gondoljuk csak végig, hogy a piezoelektromos érzékelőkben a beépített szeizmikus tömeg által a piezokristályra gyakorolt erő változására keletkezik a töltés, amelyet erősítünk, és a rezgésgyorsulással arányos jelnek tekinthetjük. Lassú mozgásoknál – bár nagy lehet a kitérés vagy akár a sebesség – alig van gyorsulás, így a piezokristályra ható erők nem változnak, és ezért nincs töltés, valamint jel sem. A géprezgés méréséhez alkalmazott (kisméretű) piezoelektromos érzékelők által mérhető legkisebb rezgésfrekvencia 1-2 Hz körül van (0,3 Hz-nél többnyire már 3 dB csillapítás lép föl).

A gyorsabban forgó gépek esetén viszont a magasabb frekvenciájú rezgések méréséhez szinte kizárólagosan a piezoelektromos érzékelők alkalmasak. Nem ritka, hogy a mérési frekvenciatartományuk 15–30 kHz-ig is terjedhet. A magas frekvenciájú rezgések mérhetőségére vonatkozóan viszont azt a fizikai tényt is figyelembe kell venni, hogy ezek csak minél kisebb súlyú – minél magasabb sajátfrekvenciával rendelkező – elemek által követhetők jól. Ez természetesen a méréshez szükséges érzékelőre is igaz. Ha nem csavarosan történik a felszerelése, a magasabb frekvenciájú rezgések méréséhez minél kisebb súlyú érzékelőt kell alkalmazni. Tartómágnes alkalmazása esetén annak is minél könnyebbnek kellene lennie. (Sajnos ezzel együtt csökken a mágnes tartóereje, ami kifejezetten hátrányos.) A legnagyobb gond viszont a rezgések átadása a mérendő felületről az érzékelőre: az érzékelő mechanikus csatolásának mivolta döntően befolyásolja a mérést a magas frekvenciájú tartományban.

Rezgésérzékelők helyes alkalmazása

Ez valóban a legkényesebb téma. Az érzékelők érzékelési iránya szinte kivétel nélkül mindig a középtengelyükkel esik egybe. A helyes méréshez biztosítani kell, hogy az érzékelő minél jobban kövesse a mérési pont (tehát a gépelem felületének) mozgását ebben az irányban. A rezgések követésének minőségétől függően akár más-más mérési eredményekre is számítanunk kell. Mi ennek az oka? Természetesen az érzékelőre is vonatkozik az a tény, hogy a rezgésátadásnál veszteségek lépnek fel – minél magasabb frekvenciájú a rezgés, annál nehezebben követi azt az érzékelő. Elsősorban a magas frekvenciájú rezgések érzékelhetősége függ tehát attól, hogy milyen kapcsolatot alakítunk ki az érzékelő és a mérőfelület között. Számos műszerhez érzékelő-tapintótüskét is szállítanak, amellyel nehezen

elérhető – mágneses rögzítésre alkalmatlan – mérőpontokon is lehet mérni. A magas frekvenciájú rezgések viszont ezzel a módszerrel csak pontatlanul, illetve egyáltalán nem mérhetők. Az érzékelő csak azokat a rezgéseket követi, amelyeket a kézi tapintónyomás révén átvesz. Ez pedig soha nem lehet több 2-3 kHz-nél. Teljesen rossz, ha kézi tapintóval vagy akár a műszerrel mechanikusan egybeépített érzékelővel próbálunk 5 kHz vagy annál magasabb frekvenciájú rezgéseket mérni. E rezgések



4 Érzékelő tapintótüslével

ugyanis nem kerülnek az érzékelőre, ellenben az érzékelőnek, a vele együtt rezgő tapintónak, illetve a műszer alkatrészeinek sajátfrekvenciája befolyásolni fogja a mérésünket.

A tapintóval történő mérés helyességének ellenőrzésére átmenetileg növeljük a tapintónyomást. Ha a leolvasható érték változik, a mérési ponttal létrehozott kontaktust kell ellenőriznünk (festék, laza elem stb.). Ha ez nem segít, mindenképpen használjunk tartómágnest vagy szereljük fel az érzékelőt menetes csapszeggel közvetlenül a gépre.

A gyakorlatban általános megoldásként a mágneses rögzítőtalpak (tartómágnesek) alkalmazása vált be, mivel ismételt mérések esetén is egyforma mérési körülményt biztosítanak, gyorsan lehet velük dolgozni, és a mérés végzője nem kényszerül az érzékelő mérőponton való tartására az adatok felvétele alatt. Az érzékelő- és műszergyártók által szállított mágnesek – helyes kezelést feltételezve – akár évekig is a megfelelő tartóerővel rendelkeznek ahhoz, hogy ipari (tehát nem steril laboratóriumi) körülmények között elég erős kapcsolatot biztosítsanak az érzékelő és a mérőfelület között. Ne felejtsük el azonban azt a tényt, hogy a magas frekvenciák átvitele érdekében így is minden szennyeződés és vastag festékréteg eltávolítandó. Ezek ugyanis az alkalmazott mágnes erősségétől függetlenül mechanikus szűrőként hatnak.

Rahne Eric

i pim@pim-kft.hu
www.pim-kft.hu