

Géprezgések korrekt mérése

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

Egyre több cég ismeri fel, hogy a birtokában lévő forgógépek rezgésdiagnosztikai állapotfelmérése és követése révén hatékonyan végezhető el a karbantartás, csökkenthetők a karbantartási költségek és ritkábbá válnak (vagy akár teljesen kizárhatóak) a váratlan üzemzavar miatti gépleállások. Erre alkalmas műszerek sok cégtől beszerezhetők. A képességekben és az árban meglévő különbségektől eltekintve viszont egy dologban minden hordozható műszer azonos: a műszerhez tartozó rezgésérzékelővel kell a gép rezgéseit „érzékelni”. Akármilyen egyszerűnek tűnik ez, sok esetben épp ezzel kapcsolatosan követ el a tapasztalatlan kezelő olyan hibákat, melyek a mérési eredményeket nemcsak pontatlanná, hanem akár teljesen megkérdőjelezhetővé teszik. Amíg a sorozatunk előző fejezeteiben a mérési eredmények kiértékeléséről, az adatok értelmezéséről beszéltünk, most nézzük tehát, egyáltalán hogyan kapunk értékelhető információkat:

Hol kell mérni ?

Minden mechanikai rezgés ott a legerősebb, ahol keletkezik. A rezgés energiájának továbbadása bármilyen anyagban többé-kevésbé csillapítva történik (például az acél csak gyengén csillapít, a gumi viszont erőteljesen elnyeli a rezgéseket). Minél magasabb frekvenciájú a rezgés, annál erősebb a csillapítás. Ezért alacsony frekvenciás rezgéseket a forrástól nagyobb távolságban is érzékelhetünk, de a magasfrekvenciájú (több kHz-es) rezgések (például csapágyrezgések) érzékelési távolsága nagyon korlátozott.

A csillapításon túl figyelembe kell venni azt 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 teljesebb a rezgésenergia átadása. Az egymással kapcsolatban nem álló elemek nem követik egymás rezgéseit. Tovább nehezíti a dolgunkat, hogy a magasfrekvenciájú rezgéseket végző kisebb elemek (például csapágyalkatrészek) által átadható mozgásenergia elegendő ahhoz, hogy gerjesztést adjon nagyobb testeknek rezgések végzéséhez.

Ezért alapszabályként kell betartanunk, hogy a rezgésforráshoz minél közelebb mérjünk! Forgógépek esetén a csapágyházakon kell mérni, mivel a forgó alkatrészek hibáiból keletkező rezgések ide kerülnek át, és a magából a csapágyhibából eredő (nagyfrekvenciájú) rezgések is csak itt mérhetők. Soha ne mérjünk laza burkolaton vagy különálló - szoros kapcsolatot nélküli - gépelemeken, ha a gép forgó alkatrészeire vonatkozó rezgésekre vagyunk kíváncsiak! (Az utóbbiakon csak akkor érdemes méréseket végeznünk, ha fennáll a gyanú, hogy azok a gép valamely gerjesztésére berezonálhatnak.)

Mivel kell mérni ?

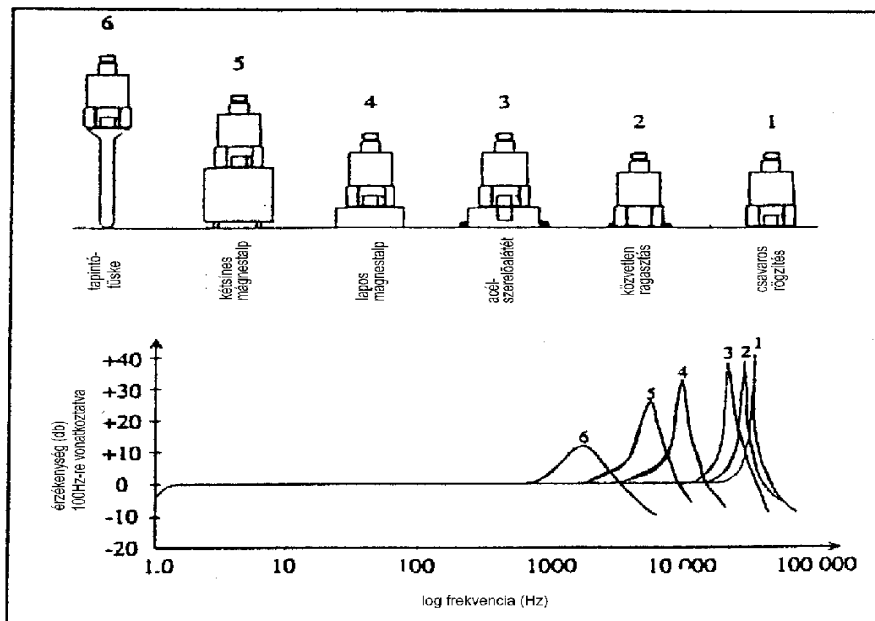
Nem mindegy, hogy milyen frekvenciatartományú rezgésekre vagyunk kíváncsiak. A gépállapot-felméréshez leggyakrabban az ISO 10816 szabványban ajánlott frekvenciatartományt alkalmazzuk, amely szerint 10 Hz és 1 kHz között mérjük a rezgést (a sebesség effektív értékében skálázva). 3000 fordulat/perc fordulatszámra vagy ennél gyorsabban forgó gépek esetén a frekvenciatartományt 10 Hz és 2-3 kHz között érdemes beállítanunk, míg lassú gépeknél (néhány 100 fordulat/perc) már 2 Hz-től kell a rezgéseket mérnünk. A gép fordulatszáma alapján tehát eltérők a mérési feladatok és a méréskor figyelembe veendő körülmények is. A tipikus ipari gépek (1500, illetve 3000 fordulat/perc) a legtöbb műszerhez szállított szokványos érzékelővel - többnyire ICP kivitelű (beépített töltéserősítővel rendelkező) piezoelektromos rezgés gyorsulás-érzékelőkkel - jó pontossággal megmérhetők, feltéve persze, hogy az érzékelőt megfelelően rögzítették a mérési tárgyra (lásd a későbbiekben).

Ugyanolyan jól alkalmazhatók az elektrodinamikusan 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 rezgés gyorsulással arányos jelnek tekinthetünk. 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 és jel se. 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 gépeknél viszont a magasabb frekvenciájú rezgések méréséhez szinte kizárólagosan a piezoelektromos érzékelők alkalmasak. Nem ritka, hogy a mérési frekvenciatartományuk 15-40 kHz-ig is terjed. A nagyfrekvenciájú rezgések mérhetőségére vonatkozóan viszont azt a fizikai tényt is figyelembe kell venni, hogy e rezgések csak minél kisebb súlyú - minél magasabb saját-frekvenciájú - elemek által követhetők jól. Ez természetesen a méréshez szükséges érzékelőre is vonatkozik: ha nem csavarosan történik a felszerelése, a magasabb frekvenciájú rezgések méréséhez minél kisebb súlyú érzékelőt kell alkalmazni. Tartómágneses rögzítés 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 milyensége döntően befolyásolja a mérést a magasfrekvenciájú tartományban.

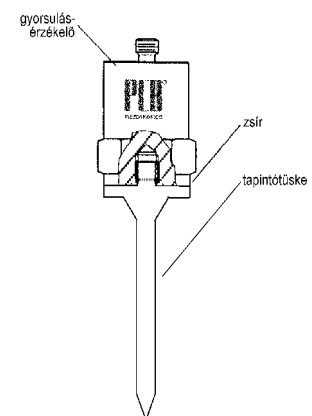
Hogyan kell az érzékelőt a mérendő tárgyhoz „rögzíteni” ?

Ez egyike a legkényesebb témáknak. Az érzékelők érzékelési iránya szinte kivétel nélkül mindig a közép-tengelyükkel esik egybe. A helyes méréshez biztosítani kell, hogy az érzékelő minél jobban kövesse a mérőpont (tehát a gépelem felületének) mozgását a mérni kívánt 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 (saját tömegének tehetetlensége miatt). Elsősorban a nagyfrekvenciájú rezgések érzékelhetősége függ tehát attól, hogy milyen kapcsolat jön létre az érzékelő és a mérőfelület között. Ennek összefüggéseit az alábbi ábra mutatja.

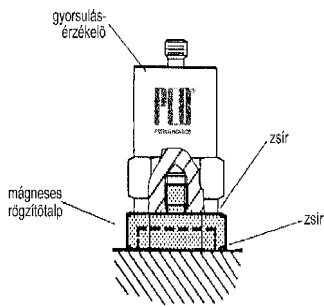


A frekvenciamenet rögzítésfüggése

Sok műszerhez érzékelő tapintótűskét is szállítanak, amellyel nehezen elérhető - vagy más okból mágneses rögzítésre alkalmatlan - mérőpontokon is lehet mérni. Viszont a magas frekvenciájú rezgések ezzel a módszerrel csak pontatlanul, illetve egyáltalán nem mérhetők. Az érzékelő csak azokat a rezgéseket követi, amelyeket a kézi tapintónyomás révén átvesz. Ezek frekvenciája soha nem lehet több 2-3 kHz-nél. Hibás elképzelés, ha kézi tapintóval vagy akár a műszerrel mechanikusan egybeépített érzékelővel próbálunk 5 kHz vagy annál magasabb frekvenciájú rezgéseket mérni. E rezgések ugyanis nem kerülnek az érzékelőre, ellenben az érzékelőnek, a vele együtt rezgő tapintónak, ill. a műszer alkatrészeinek sajátfrekvenciája befolyásolni fogja a mérést. A tapintóval történő mérés helyességének ellenőrzésére átmenetileg növeljük a tapintónyomást. Ha a leolvasható érték változik, a mérési ponttal létrehozott kontaktust ellenőriznünk kell (festék, laza elem stb. jelenléte). Ha ez nem segít, mindenképpen használjunk tartómágneset, illetve szereljük fel az érzékelőt menetes csapszeggel közvetlenül a gépre.



Érzékelő tapintótűskével



Rögzítés lapos mágnessel

A gyakorlatban általános megoldásként a mágneses rögzítőtálpak (tartómágnesek) alkalmazása vált be, mivel ismételt mérések esetén is egyforma mérési körülményt biztosítanak, gyorsan lehet velük dolgozni, és a mérést végző személynek nem kell az érzékelőt a mérőponton tartania az adatok felvétele alatt. Az érzékelő-, illetve a műszergyártók által szállított mágnesek - helyes kezelést feltételezve - akár évekig is a megfelelő tartóerővel bírnak ahhoz, hogy ipari (tehát nem steril laboratóriumi) körülmények között elég erős kapcsolatot biztosítsanak az érzékelő és a mérőfelület között. Ne felejtjük el viszont azt a tény, hogy a magasfrekvenciák átviteléhez minden szennyeződés és vastag festékréteg eltávolítandó! Ezek ugyanis az alkalmazott mágnes erősségétől függetlenül mechanikus szűrőként hatnak.

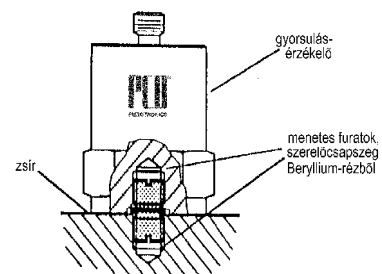
Nem meglepő viszont, hogy még tartómágnes használata esetén is csak igen korlátozott frekvenciatartományban mérhetünk, végtére is csupán a tartómágnes ereje biztosítja a rezgések átvételét. Hátrányos, hogy a nagyobb tapadás eléréséhez minél nagyobb mágneset kellene használni, a mágnes és az érzékelő viszont egy testként viselkedik, amely növekvő súlyánál (egyre alacsonyabb sajátfrekvenciájánál) fogva egyre kevésbé hajlandó a magasfrekvenciájú rezgések követésére. Általában elmondhatjuk, hogy arányos méretű mágnes használata és megfelelő mérési felület (sík, tiszta, festetlen) mellett akár 8-10 kHz-ig is mérhetünk.

A frekvenciatartomány kiterjesztése

Amennyiben e frekvenciahatáron túl is szeretnénk rezgéseket mérni, kénytelenek vagyunk egészen más rögzítési technológiákat alkalmazni. Ha alátétlemezt ragasztunk a mérendő felületre, és erre az érzékelőt csavarosan rögzítjük, megfelelő ragasztó mellett akár 20 kHz-ig is mérhetünk. Körülbelül 30 kHz-ig bővül a mérhető frekvenciatartomány, ha az érzékelő közvetlen felragasztása mellett döntünk. (Természetesen e frekvenciákhoz megfelelő frekvenciatartományú érzékelőt is feltételezünk.) Ha pedig egészen 40 kHz-ig kívánunk mérni, már csak egy megoldás lehetséges: az érzékelőt közvetlenül a mérendő felületre (sík, tiszta, festetlen) kell felszerelni. A rezgésátvitelt pedig azzal kell segítenünk, hogy az érzékelő és a mérési felület közé viaszt teszünk.

Megjegyzendő, hogy egyes esetekben további problémákkal is szembe kell néznünk. Egyrészt az érzékelő (és a tapintótüske, illetve -mágnes) súlya befolyásolhatja a mért értéket, mert hatással van a mérendő tárgy rezgésére. Ökölszabály, hogy csak fenntartással fogadjuk el azokat a mérési eredményeket, amelyeket az érzékelő összsúlyának (tehát mágnessel, illetve tapintótüskével együtt mért súlyának) 10-szeresénél könnyebb gépelemeken mértünk. Másrészt - ahogy ez az 1. ábrán is látszik - minden szerelési technológia felső frekvenciahatáránál föllép az úgynevezett csatolási rezonancia. Emiatt fordulhat elő tapintótüskével történő mérések esetén a körülbelül 3 kHz-es, mágneses rögzítéskor pedig a nagyjából 10 kHz-es rezgések rezonanciakénti felerősítése. Ennek következménye pedig teljesen irreális mérési eredményekben mutatkozik meg.

Ha a rezgésmérés során "furcsa" értékekkel találkozunk, ennek oka lehet, hogy az érzékelő csatolását nem a fentiek szerint választottuk meg. A csatolást érdemes a megfelelő gondossággal megvalósítani, mert ettől sokkal inkább függhet a mérésünk, mint az érzékelő vagy a műszer képességeitől. Így például hiába mér egy műszer 20 vagy akár 40 kHz-ig, ha mágnessel vagy - a legrosszabb esetben - tapintótüskével történik a rezgések érzékelése.



Csavaros rögzítés