Géprezgések korrekt mérése

RAHNE ERIC, okl. villamosmérnök

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. Sok esetben külső szakcégek igénybevételével történik a géppark rendszeres rezgéselemzése, de annak magas költsége miatt gyakran van igény a cég keretein belül megvalósuló mérésre vagy akár diagnosztikára. Egy erre alkalmas műszer sok cégtől beszerezhető, 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 is ez, sok esetben épp ezzel kapcsolatosan követ el a tapasztalatlan kezelő olyan hibákat, amelyek a mérési eredményeket nemcsak pontatlanná, hanem akár teljesen megkérdőjelezhetővé is teszik. Nézzük tehát, hogy miről is van itt szó!

Hol kell mérni?

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

Az említett csillapításon túl figyelembe veendő az a tény is, hogy további rezgésenergia-veszteség lép föl, ha egyik testről a másik testre (esetünkben: gépalkatrész) 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 kistestű elemek (pl. a csapágy alkatrészei) által átadható mozgásenergia elég kicsi ahhoz, hogy nagyobb testeknek adjon gerjesztést rezgések végzéséhez. Ezért a következő alapszabályt kell betartani: Mérjünk minél közelebb a rezgésforráshoz! Forgógépek esetén a csapágyházakon kell mérni, mivel a forgó alkatrészek hibáiból keletkező rezgések ide kerülnek át, és magából a csapágyhibából eredő (magas frekvenciájú) rezgések is csak itt mérhetők! Sohane 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 végeznünk, ha fennáll a gyanú, hogy azok a gép valamelyik 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 … … 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 esetén (néhány 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. A „tipikus" gépek (1500, ill. 3000 fordulat/perc) a legtöbb műszerhez szállított „standard"-érzékelővel – többnyire ICP-kivitelű (beépített töltéserősítővel rendelkező) piezoelektromos rezgés-gyorsulásérzékelőkkel – jó pontossággal megmérhetők, feltéve persze, hogy az érzékelő megfelelően lett a mérési tárgyra rögzítve. (Erről később bővebben.)

Ugyanolyan jól alkalmazhatóak 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 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).

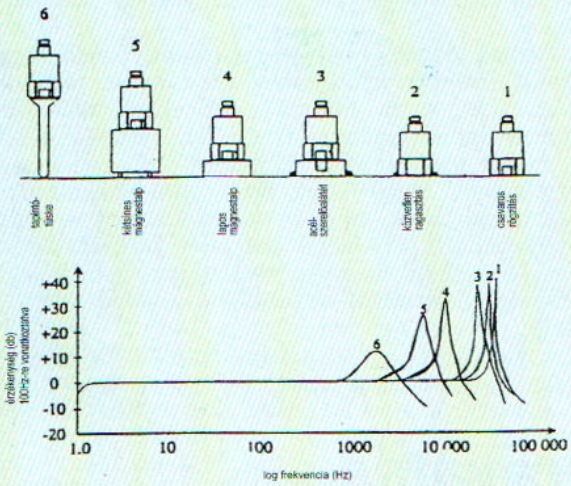
A gyorsabban forgó gépek esetén viszont a magasabb frekvenciájú rezgések méréséhez szinte kizárólagosan a piezoelektromos érzékelők alkalmasak. Nem ritka, hogy a mérési frekvenciatartományuk 15 … 30 kHz-ig is terjedhet. A magas frekvenciájú rezgések mérhetőségére vonatkozóan viszont azt a fizikai tényt is figyelembe kell venni, hogy ezek csak minél kisebb tömegű – minél magasabb saját frekvenciával 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 tömegű 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!

Hogyan kell az érzékelőt a mérendő tárgyhoz „rögzíteni"?

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 veszte-

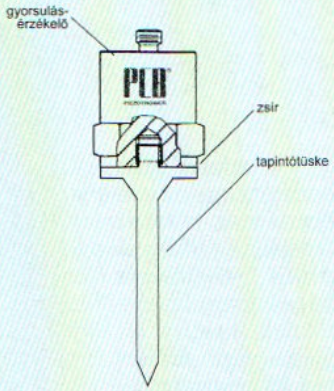
ségek lépnek fel – minél magasabb frekvenciájú a rezgés, annál nehezebben követi azt az érzékelő. Elsősorban a magas frekvenciájú rezgések érzékelhetősége függ tehát attól, hogy milyen kapcsolatot alakítunk ki az érzékelő és a mérőfelület között. Ennek összefüggéseit a következő grafikon mutatja:



1. ábra. A frekvenciamenet rögzítésfüggése

A frekvenciamenet rögzítésfüggése

Sok műszerhez érzékelő-tapintó tüskét is szállítanak, amivel nehezen elérhető – mágneses rögzítésre alkalmatlan – mérőpontokon is lehet mérni. Magas frekvenciájú rezgések viszont ezzel a módszerrel csak pontatlanul, ill. egyáltalán nem mérhetők. Az érzékelő csak azokat a rezgéseket követi, amelyeket a kézi tapintónyomás révén átvesz. Ez sohasem lehet több 2 … 3 kHz-nél!



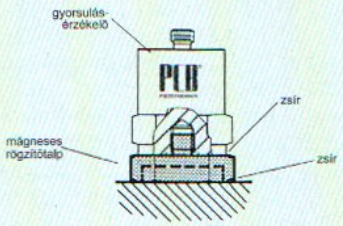
2. ábra. Érzékelő tapintótüskével

Teljesen rossz, ha kézi tapintóval, vagy akár a műszerrel mechanikusan egybeépített érzékelővel próbálunk 5 kHz, vagy annál magasabb frekvenciájú rezgéseket mérni. Azok a rezgések ugyanis nem kerülnek az érzékelőre, ellenben az érzékelőnek, ill. a vele együtt rezgő tapintónak, ill. a műszer alkatrészeinek saját frekvenciája 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…). Ha ez nem segít, mindenképpen használjunk tartómágnest, ill. szereljük fel az érzékelőt menetes csapszeggel közvetlenül a gépre!

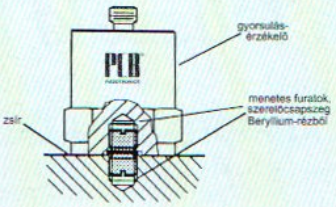
A gyakorlatban általános megoldásként a mágneses rögzítőtalpak (tartómágnesek) alkalmazása vált be, mivel ismételt mérések esetén is egyforma mérési körülményt biztosítanak, gyorsan lehet velük dolgozni, és a mérés elvégzője nem kényszerül az érzékelő mérőponton való tartására az adatok felvétele alatt. Az érzékelő- ill. 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 viszont 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.

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 elérése érdekében minél nagyobb mágnest kellene használni – a mágnes és az érzékelő viszont egy testként viselkedik, amely növekvő tömegénél fogva egyre kevésbé hajlandó a magas frekvenciájú rezgések követésére. Általában elmondhatjuk, hogy arányos méretű mágnes használata és megfelelő mérési felület (sík, tiszta, festetlen) biztosítása mellett akár 8 … 10 kHz-ig is mérhetünk.



3. ábra. Rögzítés lapos mágnessel

Amennyiben ezen a frekvenciahatáron túl is szeretnénk rezgéseket mérni, kénytelenek vagyunk egészen más rögzítési technológiákat alkalmazni. Ha ragasztanánk egy alátétlemezt a mérendő felületre, amelyre az érzékelőt csavarosan rögzítenénk, megfelelő ragasztó mel-



4. ábra. Csavaros rögzítés

leti akár 20 kHz-ig is mérhetnénk. Körülbelül 30 kHz-ig bővül a mérhető frekvenciatartomány, ha az érzékelő közvetlen felragasztása mellett döntünk. (Természetesen e frekvenciákig megfelelő magas frekvenciatartományú érzékelők alkalmazandók.) Ha pedig egészen 40 kHz-ig kívánunk mérni, már csak egy megoldás lehetséges: az érzékelőt közvetlenül a mérendő felületre (sík és tiszta, festetlen) kell felszerelni. A rezgésátvitelt pedig azzal kell segítenünk, hogy az érzékelő és a mérési felület közé viaszt teszünk.

Megjegyzendő még, hogy egyes esetekben további problémákkal is szembe kell néznünk. Egyrészt az érzékelő (és a tapintótüske, ill. a tartómágnes) tömege befolyásolhatja a mért értéket. Jó ökölszabály, hogy csak fenntartással fogadjuk el azokat a mérési eredményeket, amelyeket az érzékelő össztömegének (tehát mágnessel, ill. tapintótüskével együtt) 10-szeresénél könnyebb gépelemeken mértünk. Másrészt – ahogy ez az előbb közölt frekvenciamenet-grafikonból is kiderül – minden szerelési technológia felső frekvenciahatáránál föllép egy ún. csatolási rezonancia. Pont emiatt fordulhat elő tapintótüskével történő mérések esetén a körülbelül 3 kHz-es, mágneses rögzítés esetén pedig a nagyjából 10 kHz-es rezgések rezonanciakénti felerősítése. Ennek következménye pedig teljesen irreális mérési eredményekben mutatkozik meg.

Bízunk benne, hogy jelen írásunk fizikai magyarázatot nyújtott mindazokra az esetekre, amikor a rezgésmérés során „furcsa" értékekkel találkozunk. Mindenképpen tanácsos az érzékelő csatolását fentiek szerint megválasztani és a megfelelő gondossággal végrehajtani. Higgyük el, hogy ettől sokkal inkább függ a mérésünk, mint az érzékelő vagy a műszer képességeitől! (Pl. hiába mér egy műszer 20 vagy akár 40 kHz-ig, ha mágnessel vagy – a legrosszabb esetben – tapintótüskével történik a rezgések érzékelése!)