

# Géprezgések korrekt mérése

Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök

Copyright © PIM Profeszionális Ipari Méréstechnika Kft.

Egyre több cég felismeri, hogy a birtokában lévő forgógépek rezgésdiagnosztikai állapotfelmérése és követése révén hatékonyan végezhető el a karbantartás, csökkenthető a karbantartási költségek és ritkábbá válnak (vagy akár teljesen kizárhatóak) a váratlan üzemzavar miatti gépleállások. Sok esetben külső szakcégek igénybevétele mellett 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 ez, sok esetben épp ezzel kapcsolatosan követ el a tapasztalatlan kezelő olyan hibákat, melyek a mérési eredményeket nemcsak pontatlanná, hanem akár teljesen megkérdőjelezhetővé 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:

Mérjük 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 ! Soha ne mérjük 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, mely 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 fordulatszám alapján tehát eltérő a mérési feladatunk és a méréshez figyelembe veendő körülmények is. A tipikus iparigépek (1500 ill. 3000 fordulat/perc) a legtöbb műszerhez szállított „standard”-érzékelővel – többnyire ICP-kivitelű (beépített töltéserősítőtől rendelkező) piezoelektromos rezgésyorsulásérzékelőkkel – jó pontossággal megmérhetők, feltéve persze, hogy az érzékelő megfelelően lett a mérési tárgyra rögzítve. (Erről később bővebben.)

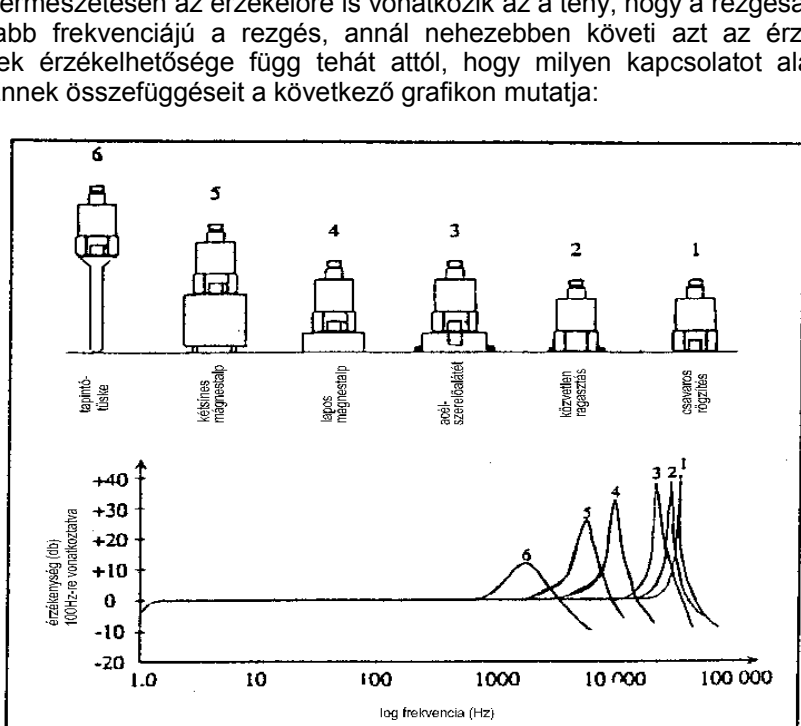
Ugyanolyan jól alkalmazhatóak az elektrodinamikus rezgéssebesség-érzékelők is, melyek a lassabban forgó gépek esetén sokszor még jobbak is a piezoelektromos érzékelőknél: gondoljuk csak végig, hogy a piezoelektromos érzékelőkben a beépített szeizmikus tömeg által a piezokristályra gyakorolt erő változására keletkezik a töltés, melyet erősítünk és a rezgésyorsulással 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 tény 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. Tartómágnese 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 és az érzékelőre: az érzékelő mechanikus csatolásának mivolta döntően befolyásolja a mérést a magasfrekvenciájú tartományban !

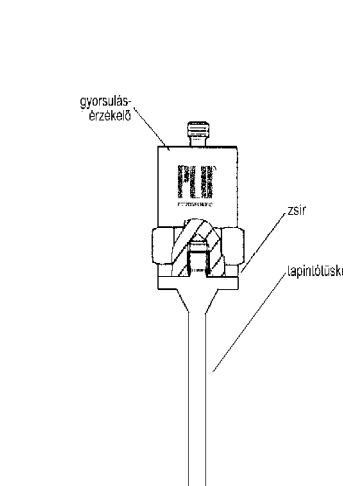
## Hogyan kell az érzékelőt a mérendő tárgyhöz „rögzíteni” ?

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 számíthatunk 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. Ennek összefüggéseit a következő grafikon mutatja:



A frekvenciamenet rögzítésfüggése

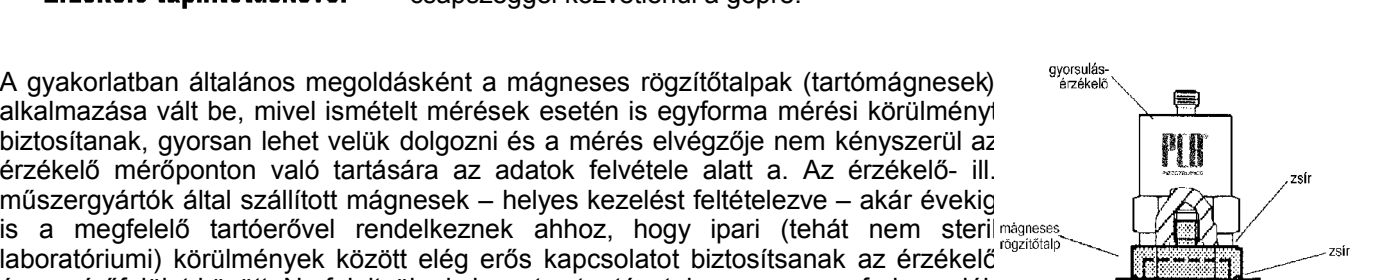


## Érzékelő tapintótűskével

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

Teljesen rossz, ha kézitapintóval 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 sajátfrekvenciája befolyásolni fogja a mérésünket !

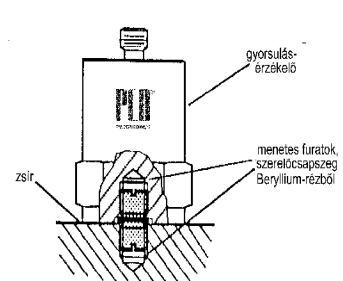
A tapintóval történő mérés helyességének ellenőrzésére átmenetileg növeljük a tapintónyomást. Ha a leolvasható érték változik, a mérési ponttal létrehozott kontaktust kell ellenőriznünk (festék, laza elem ...). Ha ez nem segít, mindenképpen használjunk tartómágnest ill. szereljük fel az érzékelőt menetes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



## Rögzítés lapos mágnessel

A gyakorlatban általános megoldásként a mágneses rögzítőtalpak (tartómágnesek) alkalmazása vált be, mivel ismételt mérések esetén is egyforma mérési körülményi biztosítanak, gyorsan lehet velük dolgozni és a mérés elvégzője nem kényszerül az érzékelő mérőponton való tartására az adatok felvétele alatt a. Az érzékelő- ill. műszergyártó által szállított mágneses – helyes kezelést feltételezve – akár évekig is a megfelelő tartóerővel rendelkeznek ahhoz, hogy ipari (tehát nem évi laboratóriumi) körülmények között elég erős kapcsolatot biztosítsanak az érzékelő és a mérőfelület között. Ne felejtjük el viszont azt a tény, 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 tartómágnese használata esetén is csak igen korlátozott frekvenciatartományban mérhetünk, végtére is csupán a tartómágnese ereje biztosítja a rezgések átvételét. Hátrányos, hogy a nagyobb tapadás elérése érdekében minél nagyobb mágneset kellene használni, a mágnes és az érzékelő viszont egy testként viselkedik, mely növekvő súlyánál fogva egyre kevésbé hajlandó a magasfrekvenciájú 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.



## Csavaros rögzítés

Amennyiben ezen a frekvenciahatáron túl is szeretnénk rezgéseket mérni, kénytelenek vagyunk egészen más rögzítési technológiákat alkalmazni. Ha ragasztanánk egy alátétlemezt a mérendő felületre, melyre az érzékelőt csavarosan rögzítenénk, megfelelő ragasztó mellett akár 20 kHz-ig is mérhetünk. Körülbelül 30 kHz-ig bővíthető a mérhető frekvenciatartomány, ha az érzékelő közvetlen felragasztása mellett döntünk. (Természetesen e frekvenciákig megfelelő közvesztésű frekvenciamenetű 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 közözt elválasszuk.

Megjegyzendő még, hogy egyes esetekben további problémákkal is szembe kell néznünk. Egyrészt az érzékelő (és a tapintótűske ill. a tartómágnese) súlya befolyásolhatja a mért értéket. Jó ökölszabály, hogy csak fenntartással fogadjuk el azokat a mérési eredményeket, melyeket az érzékelő összsúlyának (tehát mágnessel ill. tapintótűskével 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 e miatt fordulhat elő tapintótűskével történő mérések esetén a körülbelül 3 kHz-es, mágneses rögzítés esetén pedig a nagyjából 10 kHz-es rezgések közötti 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 megvalósítani. 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 – tapintótűskével történik a rezgések érzékelése !)