Gépállapot-felmérés és -figyelés rezgésmérés[1] alapján

RAHNE ERIC

Rahne Eric villamosmérnök, a PIM Professzionális Ipari Méréstechnika Bt. (H-1221 Budapest, Tanító u. 19/A, Tel.: 424-0099. Fax: 424-0097.) műszaki-kereskedelmi vezetője.

Bevezetés

Elsősorban a forgógépek megelőző karbantartásához ill. a mindennapos javítási munkákhoz szükséges egy egyszerűen kezelhető, de egyértelmű eredményt szolgáltató, megbízható kéziműszer alkalmazása, hogy a beavatkozások időben, megfelelő helyen és módon történjenek a gépek állagának megfelelően. Lehetőleg olyan legyen a mérési eljárás, hogy rezgésdiagnosztikai tapasztalatok és mérnöki képzés nélkül is könnyen el lehessen végezni.

Egy elterjedt módszer a rezgéssebesség-effektívérték mérésén alapszik. Az erre szolgáló kéziműszerek a rezgéssebesség effektívértékét (RMS-érték) mérik a 10-től 1000 Hz-ig, ill. 10-től 2000 Hz-ig terjedő frekvenciatartományban. Ezek a tartományok átölelik a leggyakoribb frekvenciákat, amelyek a forgógépek mechanikus hibáinak és problémáinak többségére jellemzők. Példaként említjük a kiegyensúlyozatlanságot, a tengelyek, ill. áttételek beállítási hibáit, valamint a kavitációt és más, folyadékáramlásból eredő rezgéseket.

A rezgésszint és az aktuális gépállapot, ill. gépészeti problémák között megfigyelhető összefüggések alapján maga a felhasználó gyorsan kialakíthatja az általa megvizsgált gépekre vonatkozó géptipikus ismeretrendszerét. A mért rezgésszintek értelmezését ezen túl különböző rezgésszint-értelmező szabványok is segítik. Ilyen például az ISO2372 (ill. ISO 3945) nevű szabvány, amely már több évtizede van használatban és a legtöbb esetben jó értelmezést ad a gépek folyamatos továbbüzemeltetése szempontjából. Természetesen a szabvány mellett joggal értelmezhetők a mért rezgésértékek pontosabb, a helyszíni gyakorlat tapasztalatain alapuló szabályok alapján is.

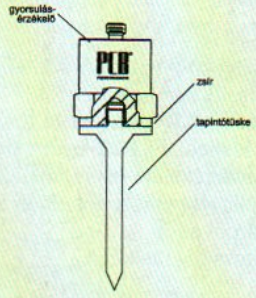
Hogyan kell helyesen mérni ?

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 csillapodása. Ennek következtében alacsony frekvenciás rezgéseket a forrástól nagyobb távolságban is érzékelhetünk, de a magas frekvenciájú rezgések (pl. csapágyrezgések) érzékelési távolsága nagyon korlátozott.

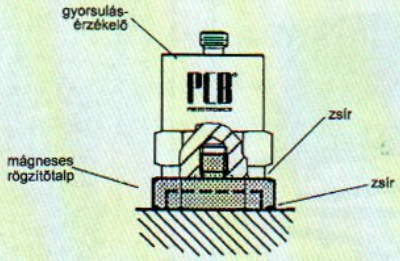
Az említett csillapításon túl figyelembe veendő az a tény is, hogy további rezgésenergia veszteség lép föl, ha egyik testről a másik testre (esetünkben: gép-alkatrész) történik a rezgés átadása. Minél szorosabb a két elem kapcsolata, annál jobban adódik át a rezgés energiája. Az egymással kapcsolatban nem álló elemek nem követik egymás rezgéseit.

Az érzékelők mérési iránya szinte kivétel nélkül mindig a középtengelyükkel esik egybe. Mindent el kell követni annak érdekében, hogy az érzékelő ebben az irányban minél jobban kövesse a mérési pont (tehát a gépelem felületének) mozgását. Ehhez az érzékelőket tapintótüskével, tartómágnessel vagy egy menetes csapszeg révén közvetlenül a mérőfelületre helyezhetjük. A legjobb mechanikai csatolás a menetes csapszeggel érhető el, a legrosszabb rezgésátvitelt a tapintótüske eredményezi. (Az utóbbival ezért magas frekvenciájú rezgések nem igazán mérhetők.) (1., 2., 3. ábra)

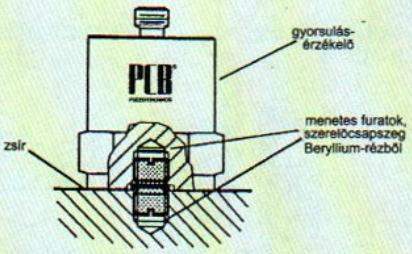
A gyakorlatban általános megoldásként a tartómágnesek alkalmazása vált be, mivel ismételt mérések esetén is egyforma mérési körülményt biztosítanak, gyorsan lehet velük dolgozni és a mérést elvégző személy



1. ábra. Érzékelő tapintótüskével



2. ábra. Rögzítés lapos mágnessel



3. ábra. Csavaros rögzítés

[1] rezgéssebesség-effektívérték mérése meghatározott frekvenciatartományban

nem kényszerül az érzékelőt az adatok felvétele alatt a mérőponton tartani. Ne felejtsük el viszont azt a tényt, hogy a rezgések átvitele érdekében minden szennyeződés és vastag festékréteg eltávolítandó a mérőpontról! Ezek ugyanis az alkalmazott mágnes erősségétől függetlenül mechanikus szűrőként hatnak.

A vízszintes vagy függőleges forgógépeken elvégzett szokásos méréseknél kövessük a három alapvető mérési irányt: mérjen a forgótengely hosszirányára merőlegesen vízszintes és függőleges irányban, valamint a tengely hosszirányában (axiálisan). Rövid és merev tengelyen az axiális mérést elegendő az egyik csapágynál elvégezni. Hosszú tengelyek esetén (pl. turbinák, nyomóhengerek esetén) mindegyik csapágynál célszerű axiálisan is mérni. A mérési eredmények nagyon különbözőek is lehetnek!!!

Hogyan kell a méréseket értékelni?

A legegyszerűbb kéziműszerek a specifikált mérési frekvenciatartomány egészére vonatkozó rezgéssebesség-effektívértéket (RMS-értéket) mérik. Ez az effektívérték az összes rezgéskomponens négyzetes átlaga. Ha pl. a rezgés egyszerre származik kiegyensúlyozatlanságból (4 mm/s), tengely-beállítási hibából (2 mm/s) és a fogaskerék áttételből (5 mm/s), akkor a rezgés eredője – tehát a készülékkel mért effektívérték – 6,7 mm/s lesz.

Ilyen típusú kéziműszerek alkalmazása különböző rezgésértékelő szabványok javaslatainak megfelelően forgógépek csapágyain (ill. ezeknek a burkolatain) történő mérésekhez ajánlott. A tapasztalattal nem rendelkező felhasználónak a mérési eredmények értékeléséhez javasolt az ISO3945 szabványt alapul venni, természetesen nem gondolkodás nélkül. Előfordulnak a szabványnál szigorúbb előírásokat megkövetelő technológiák, és a szabványnál magasabb rezgésértékeket megengedő esetek is egyaránt.

A szabványok általában a rezgéssebesség mérésén alapulnak mm/s effektívértékben (RMS-ben) kifejezve. A mérési eredmény jobb érthetőségét segíti az, hogy a leolvasott értéket az oda-vissza mozgás átlagsebességeként értelmezzük. A rezgéssebesség effektív értéke tükrözi legjobban a nemkívánatos jelenségek, „rontó energiák" jelenlétének mértékét. Ezek mindenütt, ahol mérhetők, kopást és anyagkifáradást okoznak a gép szerkezetében.

Az ISO 3945 szabvány csoportosítja a gépelrendezéseket rugalmasan és mereven szerelt gépek szerint, ami megfelel a merev gépek rezonanciafrekvenciáinak és alapfordulatszámának egymáshoz való viszonya szerinti osztályozásnak. Így például egy gumialátéttel vagy rugóval – rugalmasan – szerelt gép gyakran alacsony fordulatszámokon mutat rezonanciákat. A gép már igen alacsony fordulatszámon nagy lengéseket végez. Amennyiben a fordulatszám ezeken a kritikus (rezonancia)-frekvenciákon túlhalad, a rezgésszint csökken. Egy mereven szerelt gép esetén nincs ilyen.

A korszerű gépek magas fordulatszámon dolgoznak, viszonylag rugalmas tartószerkezettel, perifériákkal és alapzattal rendelkeznek. Ezért ezek rugalmasként kezelhetők akkor is, ha nincsenek is gumialátéttel ill. rugóval rögzítve. Ezekben az esetekben az ISO 3945 szabvány valamivel magasabb rezgésszinteket enged meg a merev rögzítéshez képest.

A szabványok használatával nagyon egyszerűen

mm/s	Rugalmas alap	Merev alap
	Jó	Jó
1,8		
2,8	Elfogadható	Elfogadható
4,5		
7,1	Nem kielégítő	Nem kielégítő
11,2		
18	Elfogadhatatlan	Elfogadhatatlan

I. táblázat. Az ISO 3945 által javasolt rezgésszint-határértékek

eldönthető, hogy egyes gépek továbbüzemeltethetők-e vagy sem. Fogadjuk el alapszabálynak, hogy mindegyik 3 mm/s effektívértéknél nagyobb rezgést mutató gépnél (ide értjük a leggyakoribb géptípusokat: pl. villanymotorokat, szivattyúkat, ventillátorokat, generátorokat) a rezgés okát fel kell tárni. Ne üzemeltessünk tovább 7 mm/s-nál erősebben rezgő gépet, ha nem vagyunk biztosak abban, hogy a gép hosszú ideig továbbüzemeltethető fokozódó tönkremenetel nélkül, mivel a gépek állóképessége is igen különböző.

A következő rész az ISO3945 szabvány rugalmas gépekre vonatkozó határértékeinek magyarázatát adja. Ez az egyszerűsített lista első megközelítésként használható, amennyiben egy olyan gépet kell felmérni, amelyet újonnan állítottak üzembe, ill. csak rövid ideig volt üzemben.

0 ... 3 Kicsi rezgések. Nincs vagy csak nagyon kicsi csapágyterhelés. Többnyire alacsony zajszint.

3 ... 7 Észrevehető rezgésszintek gyakran egy-egy specifikus alkatrészre, ill. gépirányra koncentrálódnak. Észrevehető csapágyterhelés. Tömítési problémák szivattyúk, stb. esetén. Megnövekedett zajszint. Javasolt az okát kideríteni. Tervezze a beavatkozást a legközelebbi időszakos leállításnál. Tartsa felügyelet alatt a gépet, és rövidebb időszakonként mérje meg a rezgésszintet a romlás mielőbbi észlelése érdekében. Mérje össze a rezgést más működési paraméterekkel.

7 ... 18 Nagy rezgések. A csapágyak forrók. A csapágytúlterhelés gyakori cseréket eredményez. A tömítések rosszak, elképzelhetők különféle lékek. Tengelyek és alapzatok törnek. Magas zajszint. Tervezzen mielőbbi beavatkozást és tegyen meg mindent az ok kiderítése érdekében. Nagyon gyorsan elhasználódik a berendezés.

18 ... Nagyon erős rezgések és nagyon erős zaj. Ez nem egyeztethető össze a gép biztonságos működtetésével. Állítsa le a gépet, amennyiben műszakilag vagy gazdaságilag az üzem leállási költségei igazolhatók. Nincs ismert gép, amely ezt a rezgésszintet belső vagy külső tönkremenetel nélkül kibírná.

Csökkentsen mindenféle üzemidőt az abszolút minimumra.

(A táblázat mm/s egységekben van megadva. Dugattyús gépekre (pl. kompresszorokra, robbanómotorokra) és állandó mechanikai „súrlódással" működő gépekre (pl. darálókra) a fenti rezgésszint-határérték nem alkalmazható.)

A 4,5 mm/s rezgésszint mechanikai tömítésű szivattyúknál fontos határnak bizonyult. Ennél nagyobb rezgésszint esetén megnövekszik a mechanikus tömítések terhelése és felgyorsul a tönkremenetelük.

Milyen géphibák találhatók meg az effektívérték mérésével?

A legelterjedtebb kéziműszerek a rezgéssebesség effektívértékét mérik a 10-től 1000 Hz-ig ill. 2000 Hz-ig terjedő frekvenciatartományban. Ezek a tartományok átölelik a leggyakoribb frekvenciákat, amelyek a forgógépek mechanikus problémáinak többségére jellemzők. Kitűnően észrevehető a kiegyensúlyozatlanság, a mechanikai lazaság, a rezonancia, valamint a tengelyek, ill. áttételek beállítási hibáinak jelenléte. Arról azonban, hogy ezek közül *melyik* van jelen, ill. *melyik* dominál, nincs információ, mivel sem frekvencia-, sem fázisszög adattal nem rendelkezünk.

Létezik azonban néhány módszer, amivel a magas rezgésszint által jelzett hibaforrás jobban behatárolható. Ezeket a következőkben bővebben kifejtjük:

a) Kiegyensúlyozatlanság

Mivel a rezgésszint nem árulkodik arról, hogy az effektívértékben domináló rezgéskomponens a fordulatszám-frekvenciájú rezgéseket produkáló kiegyensúlyozatlanságból származik-e, ezt csak további mérésekkel vizsgálhatjuk meg: próbaképpen egyensúlyozzunk ki a két- ill. hárompontos kiegyensúlyozási módszer alkalmazásával, vagy vizsgáljuk a gépet a többi lehetséges hibaforrásra, és kizárásos alapon a kiegyensúlyozatlanság meglétét valószínűsíthetjük. Ha a gépről már vannak tapasztalatok, talán egy-két ellenőrző méréssel a kérdés eldönthető. (pl. szennyezett, poros, technológiai gázokat szállító ventilátorok inkább kiegyensúlyozatlanná válnak egy idő után, mintsem hogy egy addig ismeretlen rezonancia lépne föl. De laza elemek is előfordulhatnak egy idő után. Tehát egyetlenegy rezgésszint-adatból nem állapítható meg a kiegyensúlyozatlanság !)

b) Rezonanciák

Minden forgógépben, ha esetenként csak nagyon kis mértékben is, üzemszerűen folyamatosan jelen vannak a természetes gerjesztések (pl. a kiegyensúlyozatlanság a fordulatszámon, az egytengelyűségi hiba a fordulatszám-kétszeresen, stb.). Ha ezek közül valamelyik ugyanolyan, vagy hasonló frekvenciájú, mint amilyen egy-egy gépelem rezonanciafrekvenciája, akkor – az érintett gépalkatrész merevségétől és tömegétől függően – a rezgés ebben a gépalkatrészben erősödik fel, tehát a gépelem berezonál. Lényegesen magasabb rezgésszint jelenik meg, mint abban az esetben, ha a rezonancia és a gerjesztés frekvenciája egymástól különböző.

Minden gép alapvető rezonanciafrekvenciája a forgótengely kritikus fordulatszáma, amely a tengely merevségéből és tömegéből adódik. De minden más gépalkatrész is rendelkezik rezonanciafrekvenciákkal, még a kiszolgáló egységek és a tartószerkezetek is.

Egy rezonancia jelenlétének felderítéséhez mérni kell a rezgésszintet a csapágyházakon, minden mérési irányban. Amennyiben ezek közül található egy olyan, amely háromszor nagyobb a többinél, majdnem biztosak lehetünk benne, hogy egy rezonancia van jelen. Egy rezonancia felerősíti a mechanikus erőhatást, és ez által keletkezik az erős rezgés ebben az irányban.

Amennyiben a gép fordulatszámának változtatása (ha lehetséges) erős rezgésszint-változásokat eredményez, ezt minden esetben rezonanciára utaló jelként kell értékelni. Ezen túl ez a jelenség lehetőséget ad a rezonanciafrekvencia meghatározására, amelyből a rezonáló gépalkatrészre, ill. alkatrészcsoportra lehet következtetni. (A rezonanciafrekvencia azon a fordulatszámon található, amely mellett a rezgés a legerősebb.)

c) Meglazult gépelemek, laza rögzítés

Egy csavaros összeköttetés mindkét oldalán elvégzett rezgésméréssel lehetővé válik például az összeköttetésben lévő laza gépelemek megtalálása. Két, szorosan összekötött gépelemnek ugyanolyan rezgésszintet kell mutatnia az összeköttetés mindkét oldalán. És természetesen az alapzatban rögzített csavaroknak ugyanolyan rezgésszintet kell mutatniuk, mint az alapnak, feltéve, hogy nem lazultak meg.

Klikkeljen
ránk!

Címünk a világhálón:
www.elektro-net.hu

E-mail: info@elektro-net.hu