

Gépállapotfelmérés a rezgésszint mérése és kiértékelése alapján

(átszerkesztett kivonat a PIM Kft. „Rezgéstdiagnosztikai alaptanfolyam” című tananyagából)

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

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 állapotának megfelelően. Lehetőleg olyan legyen a mérési eljárás, hogy rezgéstdiagnosztikai tapasztalatok és mérnöki képzés nélkül is könnyen el lehessen végezni.

Egy elterjedt módszer rezgésebbesség-effektívérték mérésén alapszik. Az erre szolgáló kéziműszerek a rezgésebbesség effektívértékét (RMS-érték) mérik a 10-től 1000 Hz-ig ill. 10 Hz-től 3200 Hz-ig terjedő frekvenciatartományban. Ezek a tartományok átölelik a leggyakoribb frekvenciákat, melyek 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.



Digitális rezgésszintmérő és csapágyállapotjelző kéziműszer

A rezgésszint és az aktuális gépállapot ill. gépészeti problémák között megfigyelhető összefüggések alapján maga a felhasználó gyorsan kialakíthatja az általa megvizsgált gépekre vonatkozó géptípusú ismeretrendszerét. A mért rezgésszintek értelmezését ezentúl különböző rezgésszint-értelmező szabványok is segítik. Egy ilyen szabvány például az ISO 10816-3 szabvány, amely a már több évtizede sikeresen használt és a legtöbb esetben a gépek folyamatos továbbüzemeltetése szempontjából jó értelmezést adó ISO 2372 ill. ISO 3945 szabványok új változata. Természetesen a szabvány mellett joggal értelmezhetők a mért rezgésértékek más, 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 csillapítása. Ennek következtében alacsony frekvenciás rezgéseket a forrástól nagyobb távolságban is érzékelhetünk, de a magasfrekvenciájú 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: gépkatrész) történik a rezgés átadása. Minél szorosabb a két elem kapcsolata, annál jobban kerül átadásra 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 tapintótűskével, tartómágnessel vagy egy menetes csapszeg révén közvetlenül a mérőfelületre helyezhetjük. A legjobb mechanikai csatolás a menetes csapszeggel érhető el, a legrosszabb rezgésátvitelt a tapintótűske eredményezi. (Az utóbbival ezért magasfrekvenciájú rezgések nem igazán mérhetők.)

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 nem kényszerül az érzékelőt az adatok felvétele alatt a mérőpontra tartani. Ne felejtjük 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 mechanikusan szűrőként hatnak.

A vízszintes vagy függőleges forgógépeken elvégzett szokásos méréseknél kövesse 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 mérés elegendő az egyik csapágytól elvégezni. Hosszú tengelyek esetén (pl. turbinák, nyomóhengerek esetén) mindegyik csapágytól 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 rezgésebbesség-effektívértékét (RMS-értéket) mérik. Ez az effektívérték az összes rezgés komponens négyzetes átlaga. Ha pl. a rezgés egyszerre származik kiegyensúlyozatlanságból (4mm/s), tengely-beállítási hibából (2mm/s) és a fogaskerekű áttételből (5mm/s), akkor a rezgés eredője – tehát a készülékkel mért effektívérték – 6,7mm/s lesz.

Ilyen típusú kéziműszereknek az 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 ISO10816-3 szabványt (ez lépet a régi ISO 2372 ill. ISO 3945 szabványok helyébe) alapul venni, természetesen nem gondolkodás nélkül. Előfordulnak a szabványnál szigorúbb előírásokat megkövetelő elvárások, és a szabványnál magasabb rezgésértékeket megengedő esetek is egyaránt.

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

Az ISO 10816-3 szabvány csoportosítja a gépeket osztályokba és különbséget tesz a rugalmasan és mereven szerelt gépek között is. (Az utóbbi megfelel a gépek rezonanciafrekvenciáinak és alapfordulatszámának viszonya szerinti osztályozásnak. Például egy gumialátéttel vagy rugóval – tehát rugalmasan - szerelt gép gyakran alacsony fordulatszámokon mutat rezonanciákat. A gép már igen alacsony fordulatszám nagy lengéseket végez. Amennyiben a fordulatszám ezeken a kritikus rezonanciafrekvenciákon túlhalad, a rezgésszint csökken. Mereven szerelt gépek esetén nincs ilyen.)

rezgésebbesség (effektív) mm/s	1-es és 3-as osztály		2-es és 4-es osztály	
	merev alap	rugalmas alap	merev alap	rugalmas alap
- 1,4 -	JÓ	JÓ	JÓ	JÓ
- 2,3 -	ELFOGADHATÓ		ELFOGADHATÓ	
- 2,8 -				
- 3,5 -				
- 4,5 -	NEM KIELÉGÍTŐ	ELFOGADHATÓ		
- 7,1 -		NEM KIELÉGÍTŐ		
- 11,0 -	ELFOGADHATATLAN	ELFOGADHATATLAN		ELFOGADHATATLAN

Az ISO 10816-3 által javasolt rezgésszint határértékek (kivonat)

A korszerű gépek magas fordulatszámokon dolgoznak, viszonylag rugalmas csapágyakkal, perifériákkal és alappalattal rendelkeznek. Ezért ezek rugalmasan szereltként kezelhetők akkor is, ha nincsenek is gumialátéttel ill. rugóval rögzítve. Ezekben az esetekben az ISO 10816-3 szabvány valamivel magasabb rezgésszinteket enged meg a merev rögzítéshez képest.

A szabványok használatával nagyon egyszerűen eldönthető, hogy egyes gépek továbbüzemeltethetők-e vagy sem. Fogadja el alapszabályának, hogy mindegyik 3mm/s effektívértéknél nagyobb rezgést mutató gépnél (ide értjük a leggyakoribb géptípusokat: pl. villanymotorokat, szivattyúkat, ventilátorokat, generátorokat) a rezgés okát fel kell tárni. Ne üzemeltessen tovább 7mm/s-nál erősebben rezgő gépet, ha nem biztos abban, hogy a gép hosszú ideig továbbüzemeltethető fokozódó tönkremenetel nélkül, mivel a gépek állóképessége is igen különböző.

A következő rész a régi ISO3945 szabvány rugalmas gépekre vonatkozó határértékein alapulva a rezgésszintek egyszerűsített magyarázatát adja. Ez a 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 alkatrésze ill. gépirányra koncentrálnak. Észrevehető csapágyterhelés. Tömítési problémák szivattyúk stb. esetén. Megnövekedett zajszint. Javasolt az okát kideríteni. Tervezzen a beavatkozást a legközelebbi időszakos leállításkor. 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 alappalattok törnek. Magas zajszint. Tervezzen mielőbbi beavatkozást és tegyen meg mindent az ok kiderítése érdekében. Nagyon gyorsan lehasználandó 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 kibírja. 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 rezgésebbesség effektívértékét mérik a 10-től 1000 Hz-ig ill. 3200 Hz-ig terjedő frekvenciatartományban. Ezek a tartományok átölelik a leggyakoribb frekvenciákat, melyek a forgógépek mechanikus problémáinak többségére jellemzők. Két főnőn észrevehető a kiegyensúlyozatlanság, a mechanikai lazaság, a rezonancia, valamint a tengelyek ill. áttételek beállítási hibáinak jelenléte. De hogy ezek közül melyik van jelen ill. melyik dominál, arról viszont nincs információ, mivel sem frekvencia-, sem fázisszögadattal nem rendelkezünk.

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

a) Kiegyensúlyozatlanság

Mivel a rezgésszint nem árulkodik arról, hogy az effektívértékben domináló rezgés komponens a fordulatszám frekvenciájú rezgéseket produkáló kiegyensúlyozatlanságból származik-e, ezt csak további mérésekkel vizsgálhatjuk meg: próbáképpen egyszerűen lehetséges a két- ill. hárompontos kiegyensúlyozási módszer alkalmazásával, vagy vizsgáljuk a többi lehetséges hibaforrásra és kizárásra azonos körülmények között a kiegyensúlyozatlanság mértékét 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 egyetlen rezgésszint adatból nem állapítható meg a kiegyensúlyozatlanság !)

Jellemző a kiegyensúlyozatlanságra, hogy radiális irányú rezgéseket eredményez, melyek a fordulatszám növelésével négyzetesen növekszenek. Axiális irányú rezgések viszont gyakorlatilag nem keletkeznek.

b) Rezonanciák

Minden forgógépben, ha esetenként csak nagyon kis mértékben is, de üzemszerűen folyamatosan jelen vannak a rezgések (pl. a kiegyensúlyozatlanság okozta rezgések) azonosan vagy hasonló frekvenciájú, mint amilyen egy-egy gépelem rezonanciafrekvenciája, akkor – az érintett gépkatrész merevségétől és tömegétől függően – a rezgés ebben a gépkatrészben 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 gépkatrész is rendelkezik rezonanciafrekvenciákkal, még a kiszolgáló egységek és a tárolószervek is.

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

Amennyiben a gép fordulatszámának változtatása (ha lehetséges) erős rezgésszint-változásokat eredményez, ezt minden esetben azonnal utaló jelként kell értékelni. Ezzentúl ez a jelenség lehetőséget ad a rezonanciafrekvencia meghatározására, amelyből a rezonancia frekvenciájának ill. alkatrészeinek ill. alkatrészeinek következtetnek. (A rezonanciafrekvencia azon a fordulatszám taláható, amely mellett a rezgés a legerősebb.)

c) Meglazult gépelemek, laza rögzítés

Például egy csavaros összeköttetés mindkét oldalán elvégzett rezgéméréssel lehetővé válik 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.

d) Görbe tengely, tengelykapcsoló hibák

Ezeket a hibákat elsősorban arról lehet felismerni, hogy a nagy radiális rezgések túl érzékelhetően nagy axiális rezgéseket is eredményeznek. Amennyiben mód van az axiális rezgések fázisszögének meghatározására, egyértelműen egy görbe tengelyre ill. tengelykapcsoló beállítási hibára utaló jelenség van jelen, ha a tengely ill. tengelykapcsoló két végén lévő csapágyakon mért axiális rezgések fázisszöge 180°-kal különbözik egymástól.

Jellemző még, hogy ez a fázisszög-különbség fordulatszámváltozások esetén is ugyanakkora marad.