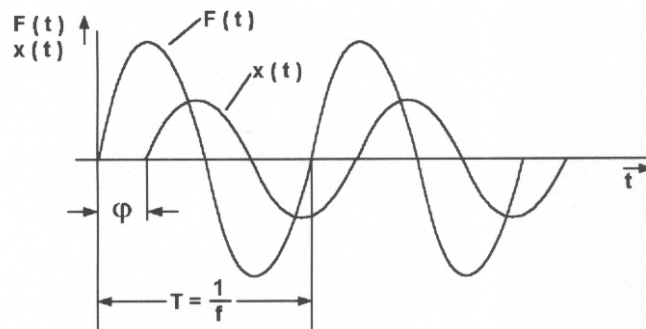
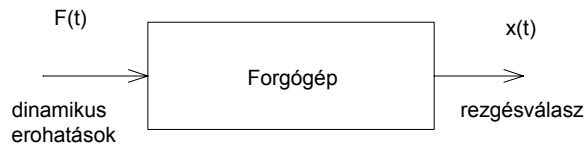


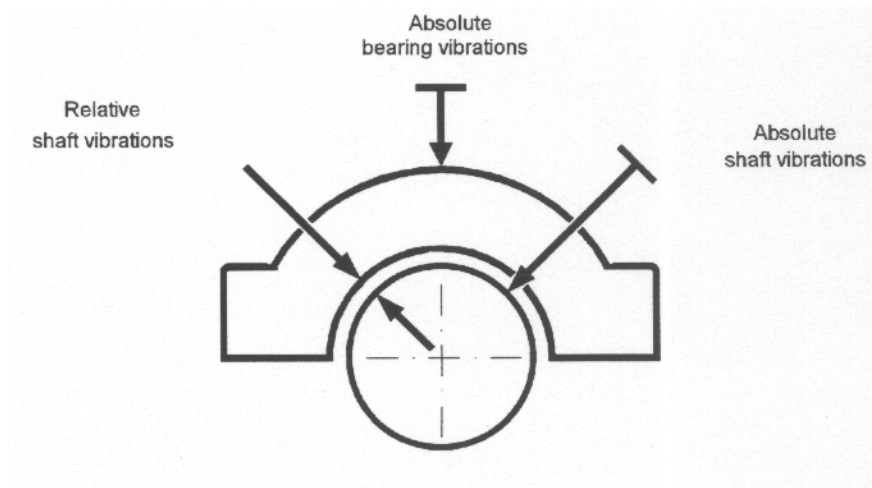
Kiss Attila: A rezgési paraméter választás szempontjai

1. Forgógépek rezgései

A forgógépek működésekor a belső, dinamikus periodikus erőhatások periodikus rezgéseket keltenek. Minden egyes szerkezeti elem más-más geometriai és fizikai tulajdonsággal, vagyis különböző merevséggel és csillapítással rendelkezik. A forgógépeket és mechanikai szerkezeteket modellezhetjük úgy, vagyis felfoghatjuk egy olyan egységnek, amely a belső dinamikus erőhatásokra - egy csillapított, többszabadságfokú rendszerhez hasonlóan -, valamilyen átviteli függvénnyel meghatározható rezgésválaszt ad.



A gép belső erőhatásairól $[F(t)]$ egyszerű eszközökkel nehezen szerezhetők mérhető információk, de a gépen kívül megjelenő rezgésválaszt $x(t)$, annak paramétereit mérni tudjuk, és a kapott eredmények alapján vizsgálhatjuk a rendszert, annak tulajdonságait.



Mérhetjük a rezgési elmozdulást, a rezgéssebességet és a gyorsulást, ezen paraméterek $[x(t), v(t), a(t)]$ csúcsértékét, csúcstól-csúcsig értékeit vagy effektív értékeit.

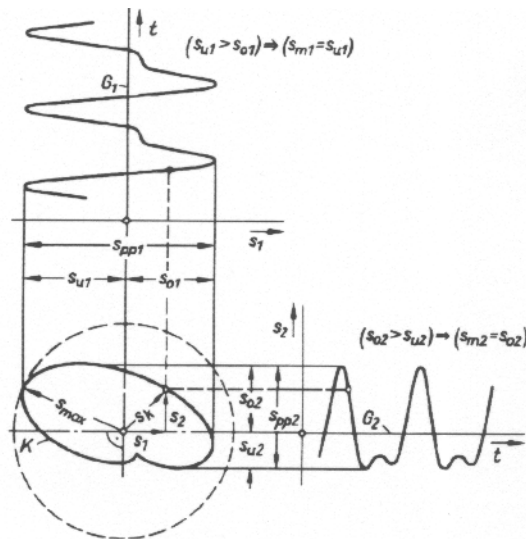
Más szempontból osztályozva pedig - a gép csapágyazásának és a rotornak a merevségétől, a gép konstrukciójától és akár diagnosztikai igényeinktől vagy a rendelkezésre álló anyagi erőforrásainktól függően - mérhetjük a rezgést a csapágyon, a tengelyen illetve a kettő közötti relatív mozgás formájában.

2. Gép állapot értékelés relatív tengelyrezgés méréssel

Siklócsapágyakkal ágyazott, gyors fordulátú, rugalmas forgórészű gépek (a turbina-generátor gépcsoportok is ilyenek!) rezgésmérésére gyakorta a relatív tengelyrezgés mérést alkalmazzák. A fenti géptípusoknál erre azért van szükség, mert a forgórészen bekövetkező belső erő változások rugalmas tengely és merev csapágyazás esetén a csapágyházon csak kis mértékben láthatóak. Ezen géptípusoknál, amikor a rezgések a csapágyházon is számottevően megjelennek, addigra már a gép sok esetben jelentősen károsodott, esetleg tönkre is ment.

A relatív tengelyrezgést általában két, egymásra megőleges – akár „V” alakban, akár vízszintesen és függőlegesen elhelyezett - érzékelővel mérik. Ezzel az érzékelő elrendezéssel biztosítható, hogy a csap csapágyon belüli mozgása (az u.n. kinetikus pályagörbe vagy orbit) is képezhető. Az orbit alakjából komoly diagnosztikai információk nyerhetők. Kimutatható az egyensúlyhiba, a tengely radiális előterhelése (pl: tengelyvonal hiba), besúrolás, csapágy kenési probléma, megnövekedett csapágyhézag, egyéb fellazulás, tengely repedés.

A relatív tengelyrezgések elemzésével nem csak a tengelyvonal hiba ténye állapítható meg, hanem arra vonatkozóan is nyerhető információ, milyen irányban és milyen mértékben kell a csapágyat mozdítani, hogy a tengelyvonal hiba megszűnjön.



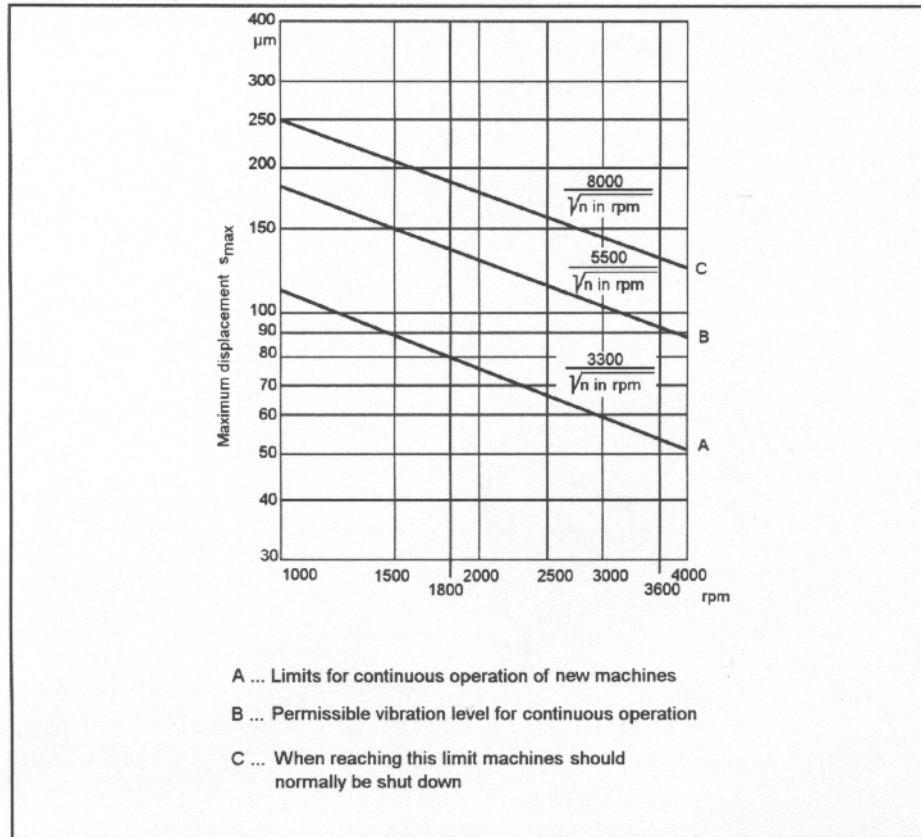
s_1, s_2	Instantaneous values	} of vibration displacements $s_1(t)$ and $s_2(t)$ in the measuring directions 1 and 2
s_{o1}, s_{o2}	Largest values	
s_{u1}, s_{u2}	Smallest values	
s_{m1}, s_{m2}	Maximum values	
s_{pp1}, s_{pp2}	Vibration amplitudes	
s_k	instantaneous kinetic shaft displacement	
s_{max}	Maximum value of shaft displacement, Maximum displacement	
K	kinetic shaft orbit	
t	Time	
G_1, G_2	Mean value axes	

A relatív tengelyrezgés mérés az analízist megelőzően, a gép védelme szempontjából is döntő jelentőségű. A csap mozgásának szélső határhelyzete a csapágyhézag, de természetesen a megengedhető maximális relatív tengelyrezgésnek ennél kisebbnek kell lenni.

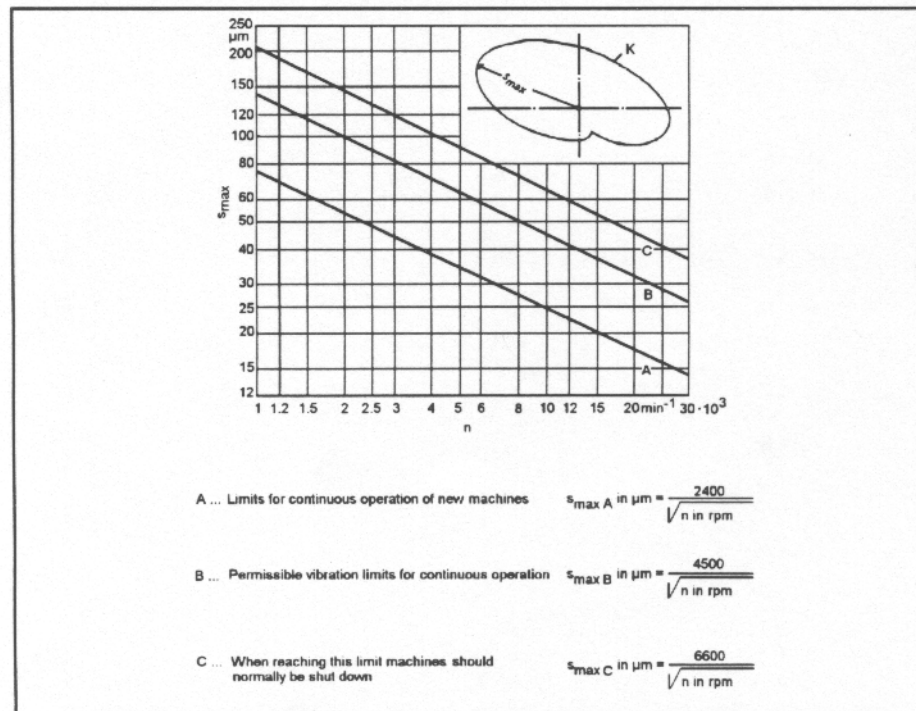
Szabványok rögzítik a relatív tengelyrezgések megengedhető szintjeit. A szabványok bizonyos típusai a két érzékelő jelének vektoros összegét az u.n. s_{max} -ot értékelik, míg más (amerikai) szabványok szerint a két jel közül a nagyobbat kell a diagramokban megadott értékekhez hasonlítani.

Ezekben a szabványok „JÓ”, „MEGFELELŐ”, „JAVÍTANI SZÜKSÉGES” és „MEGENGEDHETETLEN” kategóriákat különböztetnek meg, de a gépek típusának és teljesítményének megfelelően külön-külön lapon található a megengedhető szintek illetve a fordulatszám függvényében is más-más szint a normális.

VDI 2059, part 2: Shaft vibrations of steam turbines



VDI 2059, part 3: Shaft vibrations of industrial turbosets



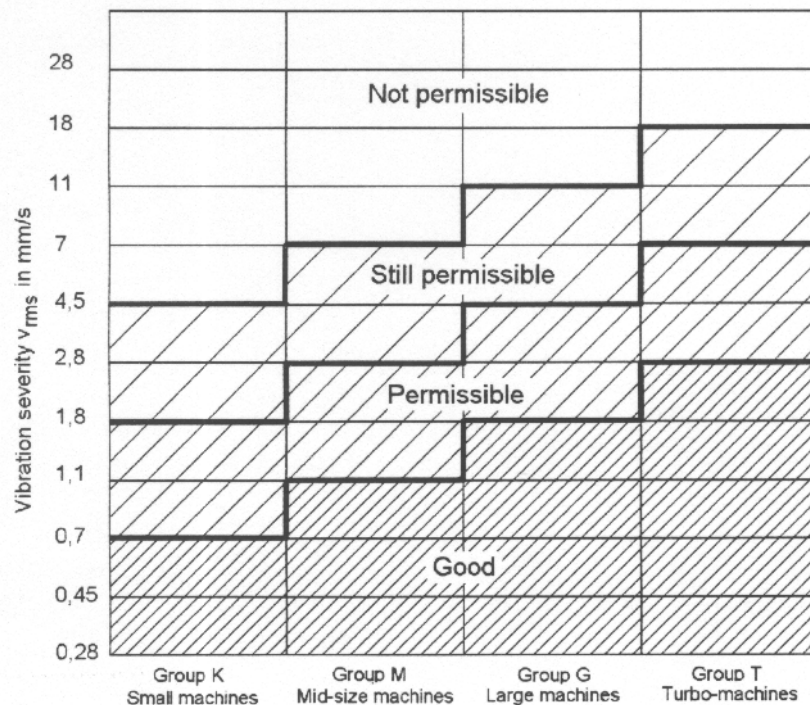
3. Gép állapot értékelés csapágyak rezgésszint méréssel

A relatív tengelyrezgésnél lényegesen jobban elterjedt a csapágyak abszolút rezgésmérés, melyet gyakorta a másik módszert megelőzően illetve azt teljesen helyettesítve alkalmaznak. A széleskörű elterjedtség oka egyrészt az a régóta ismert tény, miszerint a gépiparban leginkább elterjedt gépek általános mechanikai állapota a csapágyakon mért széles sávú effektív rezgésebbesség szinttel arányos, másrészt a mérőkörök relatív rezgésméréshez viszonyítható olcsósága, illetve az érzékelők csapágyra való egyszerű felhelyezése (mágnes, esetleg tapintócsúcs) sem utolsó szempont.

Az ISO 2372, a VDI 2056 illetve az ezeken alapuló összes szabvány, többek között az MSZ EN 10816 szabvány is a 10-200 fordulat/s forgási sebességű forgógépeket, teljesítményeik alapján szétválasztva, a csapágyakon mérhető effektív rezgésebbesség szerint „JÓ”, „MEGFELELŐ”, „JAVÍTANI SZÜKSÉGES” és „MEGENGEDHETETLEN” kategóriákba sorolja.

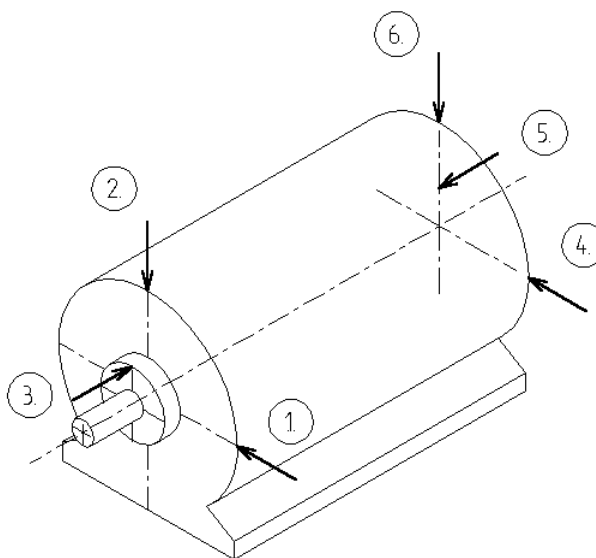
Az effektív érték (angolszász irodalomban RMS „Root Mean Square” érték) definíciója:

$$\bar{f}_{eff} = \frac{1}{T} \sqrt{\int_0^T f^2(t) \cdot dt}$$



A felosztás szerint turbógépeken (T csoport), melyek teljesítménye nagyobb, mint 300 kW és üzemi fordulatszámuk a rezonancia felett van, a „JÓ” rezgésszint felső határa 2,8 mm/s effektív érték. Az egyes rezgésszintek között 2,5-szeres szorzó jelenti a kategóriahatárt, vagyis a jó szint felső határa és megengedhetetlen szint között 6,25-szeres szorzó van.

A szabvány a megengedhető szintek abszolút értékeit illetően nem kötelező érvényű, csupán ajánlás, mert egy-egy gépen belül is nagy eltérés lehet a csapágyak merevsége között. A fenti számértékektől el lehet térni – a szintek saját tapasztalat és a gyártó előírásai alapján is módosíthatók-, de ajánlatos betartani, hogy az új állapothoz viszonyított kb. (6~10)-szeres rezgésemelkedés esetén minden gépet azonnal le kell állítani.



A szabvány megadja a mérés körülményeit, a mérőhelyeket, a mérőműszer karakterisztikáját is.

4. A mérési módszer megválasztásának szempontjai

Maga a mért gép, annak konstrukciója, elsősorban merevsége határozza meg, hogy a lehetséges mérési módszerek közül melyik a célravezetőbb.

Ha a gép ágyazása rugalmas, a tengely és a csapágy merev (esetleg gördülőcsapágyakkal ágyazott), akkor a belső erők szinte csillapítatlanul jelennek meg a csapágyházon. Ez esetben általában célszerűbb a csapágybak abszolút rezgésmérés alkalmazása (bár nem teljesen kizárható és elvethető a relatív tengelyrezgés mérés, mivel vannak ilyen géptípusok mérésére is nagyon eredményesen használható, speciális relatív rezgésmérő műszerek).

Ha a gép ágyazása merev, a forgórész és a csapágyazás rugalmas (siklócsapágy), akkor a relatív tengelyrezgés mérés előnyösebb lehet, hiszen a belső erők emelkedése elsősorban a csap és csapágy egymáshoz viszonyított mozgását fokozzák. Ez esetben a csapágyon - annak merevsége miatt - kifelé nem jelentkeznek nagy rezgésváltozások.

Általában a gépek konstruktőrei, a gyártók illetve a hosszú idejű üzemi tapasztalatokkal rendelkező felhasználók a legilletékesebbek annak eldöntésére, hogy egy-egy gép esetében melyik mérési módszer hatékonyabb, bár a szempontok között sok esetben az anyagi megfontolások is szerepet játszanak (adjuk olcsón a berendezést, minél kevesebb műszerezettséggel!)

Nem mondható, hogy a két lehetséges módszer közül az egyik, vagy a másik a jobb, a megbízhatóbb, az eredményesebb. A leírt két szélsőséges példa esetében – még a "rosszabb" módszert választva is (alkalmasan megválasztott mérési paraméter beállítással és megfelelő szaktudással) eredményesen felügyelhető illetve diagnosztizálható egy-egy gép.

Általában akár a relatív tengelyrezgés mérés, akár a csapágybak abszolút rezgésmérése megfelel egy-egy gép állapotának megítélésére, de ha mindkét módszert együttesen alkalmazzák, annak komoly gép védelmi és diagnosztikai előnyei vannak. A gépen belüli változások semmiképpen nem maradnak rejtetten, az üzemeltető minden lényeges változásról azonnal értesül, és pontos, teljes körű információk alapján dönthet gépe további sorsát illetően.