

## Rezgésdiagnosztika

### Rezgésdiagnosztika, rezgésjellemező, lökésimpulzus, burkológörbe

Ez az összeállítás a szerkezetek állapotának megítélésénél alkalmazott rezgésvizsgálati módszerekkel - mint a roncsolásmentes szerkezeti vizsgálatok egyik speciális területével - foglalkozik.

Minden szerkezeti elem, vagy teljes szerkezet működését rezgésjelenségek, zajok fellépése jellemzi. Függvénye a pillanatnyi állapotnak, működésmódnak és információtartalma - kellő ismeretek birtokában - meghatározó mind az elhasználódás mértékének, mind a működési rendellenességek megítélése során.

A rezgésvizsgálat vagy rezgésdiagnosztika az egyik legkorszerűbb karbantartási rendszer. Alkalmazásával a szerkezet leállítása és megbontása nélkül bármikor megállapítható a kérdéses egység vagy szerkezet pillanatnyi állapota, károsodásának mértéke, várható élettartama, majd ezek alapján egy esetleges beavatkozás szükségessége és ennek időpontja az üzemeltetés függvényében. Ennek segítségével tervezhetővé válik maga a karbantartási folyamat is.

### Alapfogalmak

A rezgés egy egyensúlyi helyzetéből ellentétes irányokba kitérő testnek, anyagi részecskének vagy fizikai jelenségnek (pl.: villamos feszültségnek) periodikus ingadozásaiból álló változása, illetve e változásnak egy mozzanata. Lehet csillapítatlan, amikor például a kitérés állandó vagy csillapított, ahol e változás az idő függvényében csökken. E megfogalmazáson túl a jelenség lehet aperiodikus is, amelynek időbeli lefolyása elvileg minden periodicitástól mentes.

Maga a rezgés leírható a kitérés ( $s$ ), a sebesség ( $v$ ) vagy a gyorsulás ( $a$ ) időbeli változásával.

A periodikus rezgés legegyszerűbb esete a tisztán szinuszos rezgés.

A rezgésjellemező alatt általában azt a fizikai mennyiséget értjük, amely erősségére utal. Méréstechnikai okokból ez a kitérés, sebesség vagy gyorsulás lehet. Bármelyikük a frekvenciával és a fázisszöggel kiegészítve az idő függvényében a jelenséget egyértelműen leírja.

A kitérést választva a kisfrekvenciájú összetevők kerülnek előtérbe. A gyorsulásmérés pedig inkább a nagyobb frekvenciájú összetevőket emeli ki. Alkalmazása kiegyensúlyozatlanság kimutatása, kis légrésű forgó gépek, továbbá szerszámgépek esetén szokásos. Ez utóbbiaknál ugyanis a megmunkált felület mérete, alakhúsége és felületminősége meghatározza a megengedhető kitérést.

A rezgéssebesség a rezgés energiatartalmával van kapcsolatban. Gépállapot, épületkárosodások elbírálására és kimutatására, továbbá például földrengések erősségének mértékére egyértelműen jellemző.

Az élő szerkezetekre gyakorolt hatás szempontjából a rezgés gyorsulás mérvadó, de bizonyos esetekben a gépészeti gyakorlat is alkalmazza, például gördülőcsapágyak állapotellenőrzésénél. Egyúttal a környezeti terhelés mérőszáma is tevékenységi körönként részletesen előírt.

### Rezgésérzékelők

A rezgésérzékelő a rezgésjellemezők valamelyikét (kitérés, sebesség, gyorsulás) méri. Ezek többnyire mechanikus-elektromos átalakítók, azaz a mechanikai rezgés a bemenő jel, amely villamos feszültségként jelenik meg a kimeneten. A nagyon kis frekvenciák tartományában a kitérés optikai úton is mérhető, ennek előnye a nagy elolvasási pontosság.

A kitérés érzékelők mechanikus, villamos és optikai elven működnek.

A rezgéssebesség érzékelők működési elve a dinamikus mikrofonokéval egyezik. Tömegük viszonylag nagy, általában 500 g feletti. A kisebbek a nagyobb belső súrlódás miatt kevésbé érzékenyek. Kialakításuktól függően abszolút és relatív érzékelők lehetnek. Az előbbinél a tekercs, az utóbbinál az állandó mágnes rögzített. Frekvenciatartományuk 10 és 1000 Hz közötti.

A rezgés gyorsulás-érzékelő a legelterjedtebb típus. Működésük piezoelektromos elven alapul. Előnye az egyszerű szerkezeti kialakítás, a kis tömeg (néhány gramm), a széles frekvenciatartomány, a tömör szerkezet, a széles dinamika-tartomány, az időstabilitás, az egyszerű hitelesítés (vagyis kalibrálás) és használat, a normál környezeti hatásokkal szembeni érzéketlenség, továbbá az, hogy nem tartalmaz mozgó alkatrészt (ezáltal nincs kopás), öngerjesztett és olcsó. Hátrányként jelentkeznek a nagy impedancia (csak korlátozott hosszúságú kábelek alkalmazhatók), s bizonyos körülmények között a piroelektromos hatás fellépése. (Piroelektromos hatásnak nevezzük, amikor kis hőmérséklet változások következtében a polarizációs irányra merőleges síkok között töltésvándorlás indul meg, amely a mért jeleket kisülés útján zavarja.) Kialakítását tekintve kompressziós, nyírt és hajlított kristályos típus lehet.



## Mérések

Rezgésvizsgálat többféle céllal történhet:

- tervezéshez szükséges modellvizsgálatok,
- átadás-átvételi vizsgálatok,
- diagnosztikai vagy állapotellenőrzési célú vizsgálatok,
- forgógépek beállítási célú vizsgálatai (helyszíni kiegyensúlyozás, tengelybeállítás stb.).

A mérés végrehajtása történhet:

- rezgésszint ellenőrzéssel,
- lökésimpulzus módszerrel,
- "SEE"-technológiával,
- burkológörbe módszerrel.

## Rezgésebesség mérés

Karbantartási vonatkozású rezgésvizsgálatoknál a mért rezgésjellemző – eltekintve néhány speciális területtől – a rezgésebesség. Ezt célszerűen a forgó gép csapágyazási helyein kell mérni a 10 és 1000 Hz közötti frekvenciatartományban, mindhárom fő rezgésirányban. Ritkábban, főleg turbógép-csoportok ellenőrzésénél szükség lehet az említett tartomány kibővítésére.

Bár egyetlen mérés is támpontot adhat a berendezés állapotáról, lényegesen megbízhatóbb, elsősorban a különleges gépeknél a folyamatos állapotfigyelés.

## Lökésimpulzus módszer

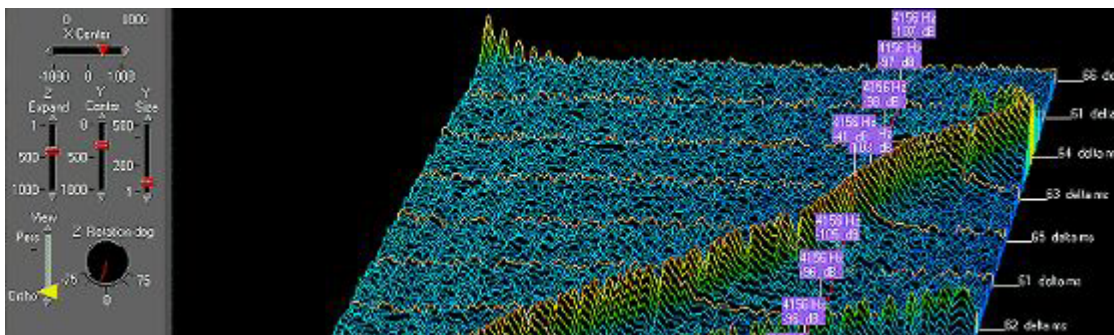
Szinte kizárólag gördülőcsapágyak károsodásának ellenőrzésére fejlesztették ki. Az eljárás két egymással ütköző test közötti sebességkülönbségre ad információt. Az ütközés során kialakuló lökeshullám nagysága a pályahibák függvénye, így a csúcsértékből következtetni lehet a csapágy üzemi állapotára.

## „SEE” technológia

Az akusztikus emissziós vizsgálatok egyik fajtája, amelyet a lökésimpulzus módszerhez hasonlóan kifejezetten gördülőcsapágyak vizsgálatára fejlesztettek ki. A rövidítés az angol Spectral Emitted Energy kifejezésből alkotott betűszó. Alkalmazásával a csapágyak futófelületén kialakult repedéseket és töréseket lehet kimutatni. Lökeshullámok ugyanis nem csak a sérülések feletti áthaladásnál, hanem a pillanatszerű fémes érintkezés és a berágódások során is kialakulnak. Lényeges, hogy a csapágy fordulatszámától független eredményeket szolgáltat az eljárás.

## Burkológörbe módszer

A módszer elsősorban az ismétlődő jelenségek kimutatására szolgál. A leggyakrabban alkalmazott eljárás a rezgés gyorsulás szűrésével dolgozik.



## Jellegzetes frekvenciák

### Kiegyensúlyozatlanság

A kiegyensúlyozatlanság forgó vagy alternáló mozgást végző elemek hibájára utal. Ez egyaránt lehet hibás méretezés, gyártás, szerelés vagy szakszerűtlen karbantartás következménye. Rendszerint radiális, ritkábban axiális irányú rezgésként is jelentkezhet. Frekvenciája megegyezik a kérdéses elem fordulatszámának megfelelő frekvenciával. Intenzitása, erőssége rendszerint jelentős.

### Szerelési hiba, deformálódott tengely

A szerelési hiba és a görbült (deformálódott) tengely hatása ugyancsak kiegyensúlyozatlanságban nyilvánul meg. Gyakran előforduló hibajelenség. Az egyszerű kiegyensúlyozatlanságtól abban tér el, hogy radiális és axiális rezgéseket is kelt, továbbá gyakran a forgási frekvencia két- vagy háromszorosán jelentkezik.

## **Impulzusszerű erőhatás**

Az impulzusszerű erőhatásnak kitett elemek, mint például a szelepek által keltett rezgések az időegység alatt fellépő ütközéseknek megfelelően alakulnak. Jellemző a felharmonikusok megjelenése is.

## **Csapágyak, tengelykapcsolók**

A hibásan beállított csapágyak és a helytelenül szerelt tengelykapcsolók a forgási frekvenciának megfelelő radiális, ritkábban axiális rezgésekben nyilvánul meg. Gyakori a második, harmadik felharmonikus megjelenése is. Amennyiben az axiális rezgés a radiális rezgés intenzitásának 50 %-át meghaladja, akkor valószínűleg hibás szerelés a közvetlen ok.

## **Fogaskerék hajtóművek**

A fogaskerekek keltette hatások többnyire könnyen azonosíthatók, mert ezek a fordulatszám és a fogszám függvényében alakulnak. A jellegzetes frekvenciák a fogkapcsolódási frekvencia és az együttjárési frekvencia.

## **Szíjhajtások**

Lapos- és ékszíjhajtások

## **Lánchajtások**

Lánchajtásoknál a kapcsolódási-, a hajtási- és a hajtogatási frekvencia fokozott intenzitású megjelenése kopásra vagy hibás beállításra utal. Számítással történő meghatározásuknál a kapcsolt forgó tömegek tehetetlenségi nyomatékát is figyelembe kell venni.

## **Villamos forgógépek**

Villamos forgógépek rezgései mágneses és aerodinamikus hatások következményei, amelyek még kifogástalan állapotban lévő gépeknél is megjelennek. Jellegzetes a hajtási-, valamint a hálózati frekvencia, illetve ez utóbbi kétszerese. Gyakran megtévesztőek, mert kiegyensúlyozatlanság vagy lazulás látszatát keltik. A hálózatról történő lekapcsolással viszont a rezgések megszűnnek.

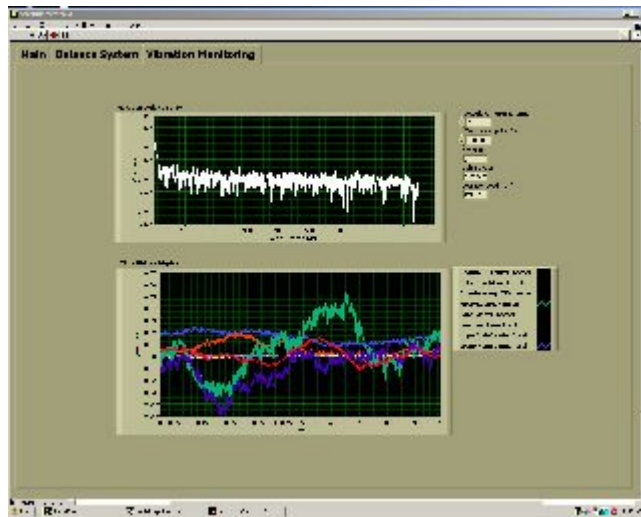
A mágneses eredetű rezgés alaphfrekvenciája mindig a hálózati frekvencia kétszerese (Európában tehát 100 Hz).

## **Transzformátorok**

Transzformátorok esetében mindig megjelenik a mágneses eredetű 100 Hz-es rezgés esetleges felharmonikusaival együtt. Ezt jelentősen felerősíti a teljesítmény-transzformátoroknál a hűtőburkolat, illetve a kényszerhűtés esetén beépített axiálventilátor. Egyéb rezgés csak valamilyen fellazulás következménye lehet, amely többnyire egyszerűen meg is szüntethető.

## **Hidraulikus és pneumatikus rendszerek**

Hidraulikus és pneumatikus rendszerek rezgései kiegyensúlyozatlanságból, csapágyhibákból vagy helytelen szerelésből adódnak. Viszonylag gyakori lehet a kiegyensúlyozatlanság, amelyet a szállított közegből kiváló és a lapátokra lerakódó anyag okoz. Kiegyensúlyozatlanságra utal a hajtási frekvencián jelentkező intenzitás-növekedés, míg a működési frekvencia kiugrása szerkezeti hibát vagy fokozódó turbulenciát jelez. Radiális és axiális irányban is fellép.



### Határértékek

Gépészeti berendezések rezgésvizsgálatára vonatkozó legfontosabb előírás az ISO 2372 számú nemzetközi szabvány: „Általános előírások forgógépek rezgésereőségének vizsgálatára és értékelésére”. E szabvány sorozatban vagy egyedi gyártásban készült, a 600 és 12 000 1/min közötti fordulatszámú tartományban üzemelő gépekre érvényes, de nem alkalmazható kötelező érvénnyel a 600-as fordulatszámnál kisebb gépek esetében. Előírt az osztályozási feltétel és minősítési rendszer a rezgésekre való tekintettel. A szabvány ugyanakkor tárgyalja az egyes rezgésjellemzők értékelését, de magát a mérés kivitelezését is.