

AKUSZTIKAI MÉRŐPAD KONCEPCIONÁLIS TERVEZÉSE

CONCEPTIONAL DESIGN OF DEVICE FOR ACOUSTICS MEASURING

Bihari Zoltán, Miskolci Egyetem
Dr. Sente József, PhD, Miskolci Egyetem

ABSTRACT

The measurement of a complex equipment is very difficult and expensive. In the most case it is easier to investigate every subassembly separately. We have to build a measuring machine for this work.

In this paper we would like to introduce the steps of the conceptional design of this measuring device.

1. BEVEZETÉS

Az egyes gépelemek, valamint gépelem csoportokból álló részegységek feladata, hogy egy berendezés valamilyen funkcióját ellássák. Ez a funkció gyakran valamilyen mozgás (forgó, alternáló) megvalósítása. A teljes berendezés vizsgálata általában drága mérőgépet igényel, és a vizsgálat kiértékelése is bonyolultabb, viszont az egyes részegységek költség-takarékosabban elemezhetők. Példaként említhető a gépjármű indítómotorokba épített görgős szabadonfutók vizsgálata. A teljes szerkezet rezgésvizsgálatából nehéz lenne a szabadonfutó állapotára vonatkozó következtetéseket levonni. Érdemes tehát a szabadonfutókat önállóan górcső alá venni.

Ez a cikk egy olyan vizsgálópád koncepcionális tervezését tűzte ki célul, amely lehetővé teszi a felújítás előtt álló görgős szabadonfutók roncsolásmentes állapotfelmérését.

A roncsolásmentes vizsgálat elvégzéséhez ezeket a forgásirány-kapcsoló tengelykapcsolókat meg kell forgatni. Ez – funkciójukból adódóan – csak szabadonfutás irányában kivitelezhető. A mozgathoz szükséges nyomaték is tapasztalat szerint különböző. Ebből következik, hogy zaj- illetve rezgés-, valamint nyomatékméréssel a szerkezet elhasználódásának foka detektálható.

Ehhez egy olyan vizsgáló berendezést kell megtervezni és elkészíteni, amely alkalmas a feladat elvégzésére, kiszűrve az egyes, méréshez elengedhetetlen kiegészítő egységek, valamint a környezet saját zaját illetve rezgését.

2. VIZSGÁLÓ LABORATÓRIUM

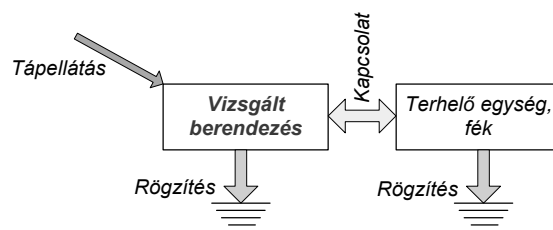
Egy görgős szabadonfutó akusztikai vizsgálatához számos szempontot kell figyelembe venni. A mérőberendezés megtervezése és összeállítása szempontjából lényeges, hogy léghangot (zajt) vagy testhangot (rezgést), esetleg mindkettőt kell-e mérni. A mérést csak abban az esetben tekinthetjük elfogadhatónak, ha olyan feltételeket tudunk létrehozni, amelyek mellett a mérési eredmények reprodukálhatók.

Ez mindenképpen feltételez egy speciális laboratóriumi helyiséget, melyet kialakításától függően süketszobának vagy zengőszobának nevezünk.

A rezgés mérése rezgésérzékelő alkalmazásával történik. Ez a vizsgált eszköz, illetve a kívánt információ alapján lehet rezgéskitérés, rezgéssebesség vagy rezgésgyorsulás érzékelő. Kiválasztásának és felhelyezésének szempontjait a későbbiekben részletezzük.

3. VIZSGÁLANDÓ BERENDEZÉS

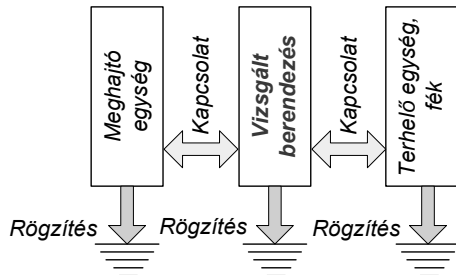
Az akusztikai szempontból vizsgált berendezéseket két csoportra oszthatjuk: aktív és passzív eszközök. **Aktív** eszköznek nevezzük azokat a berendezéseket, melyek önálló meghajtással rendelkeznek (pl.: kézi szerszámgép, porszívó, légtechnikai berendezés), azok egészére irányul a vizsgálat. Ebben az esetben csak az eszköz rögzítéséről és tápellátásáról, esetleg terhelés alatti vizsgálat esetén fékrendszer beépítéséről kell gondoskodni (1. ábra).



1. ábra. Aktív eszköz mérési blokkja

Passzív az eszköz abban az esetben, ha a vizsgálni kívánt részegység önálló mozgásra

nem képes (pl: hajtóművek, görgők, csapágyak akusztikai vizsgálata esetén), annak meghajtásáról egy külső egység alkalmazásával kell gondoskodni ahhoz, hogy a mérés elvégezhető legyen. Ehhez társul az előzőekben ismertetett rögzítési feladat, ill. terhelés alatti vizsgálat esetén a fékrendszer csatlakoztatása (2. ábra).



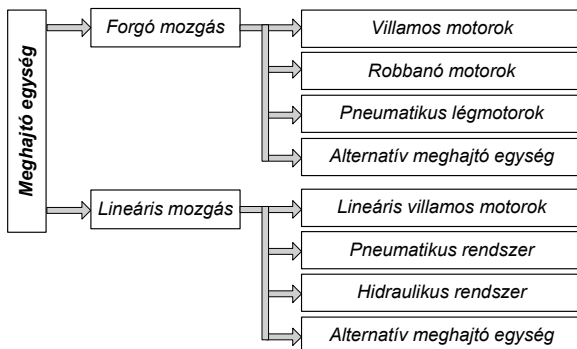
2. ábra. Passzív eszköz mérési blokkja

Jelen esetben a vizsgált egység a passzív eszközök csoportjába sorolható. Ez lényegesen bonyolultabbá teszi a vizsgáló berendezést, hiszen akár léghangot, akár testhangot mérünk, a kiegészítő berendezés saját zaja, ill. rezgése teljes mértékben nem szűrhető ki, így zavaró hatással van a mért eredményre nézve. Ezért a meghajtó egység precíz kiválasztása a legfontosabb mérési eredményt befolyásoló tényező.

4. MEGHAJTÓ EGYSÉG KIVÁLASZTÁSA

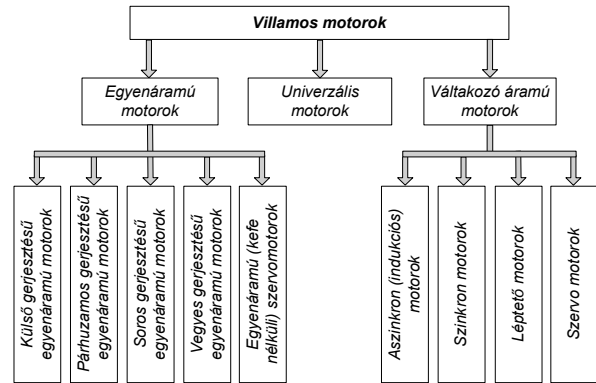
A passzív eszközök meghajtó egységének kiválasztása alapvetően a mozgás típusától függ. A meghajtó egységeket a létrehozott mozgástípus alapján csoportosítva (3. ábra) azt mondhatjuk, hogy a forgó mozgás sokkal inkább előtérbe kerül a mindennapi gyakorlatban.

Kézenfekvő megoldás a villamos motorok alkalmazása, mivel bő típusválaszték áll rendelkezésre, a fordulatszám-változtatás lehetősége akár fokozatmentesen is megvalósítható, valamint a tápellátás széles körben elterjedt, hozzáférhető.



3. ábra. Meghajtó egységek csoportosítása

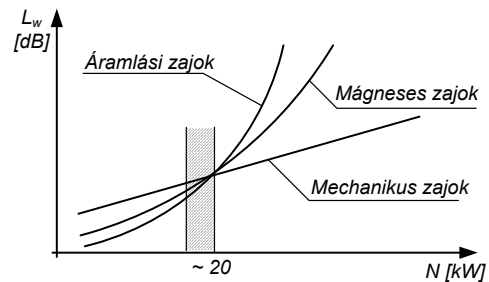
A leggyakrabban alkalmazott villamos motorok csoportosítása a teljeség igénye nélkül az alábbi ábrán látható.



4. ábra. Villamos motorok csoportosítása

A fenti táblázat alapján a rezgésdiagnosztikai mérőpad hajtására az egyenáramú kefe nélküli szervomotor a legmegfelelőbb választás.

A villamos forgógépeknél az eredő zajt az áramlási, a mágneses és a mechanikus zajok, mint összetevők együttesen határozzák meg (5. ábra).



5. ábra. Zaj összetevők villamos forgógépeknél

Amennyiben a meghajtó egységen nem kívánunk konstrukciósan módosítani, az egyetlen lehetőségünk a megfelelő gépalapozás, illetve a rezgés elszigetelése a mérni kívánt passzív egységtől.

5. A REZGÉS ELSZIGETELÉSE

A rezgések egyik testről a másikra való átvitelének megakadályozása, ill. csökkentése a rezgésszigetelés. Ez a két test közé elhelyezett szigetelő réteggel (szerkezettel) valósítható meg, amelynek működése a határfelületeken történő visszaverődésen és a rezgési energiának a belső anyagsúrlódás által vagy alakváltozással történő felemésztésén alapszik.

A gépágyazás kiválasztásánál a gerjesztési frekvenciát, a gerjesztő erőt és a kiegyensúlyozottságot, illetve a szerkezet elhelyezését kell elsősorban figyelembe venni.

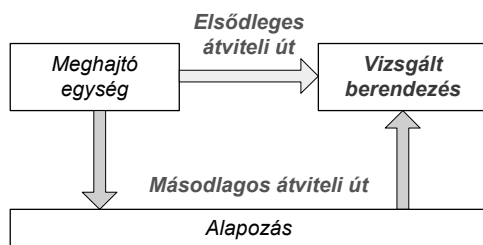
A rezgésszigetelés a rezgés áterjedését kívánja megakadályozni. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy valamilyen szigetelő anyagot helyezünk el a rezgést végző és a védeni kívánt elem közötti átviteli úton.

Rezgés szigetelésére jellemzően rugalmas anyagokat és rugalmas szerkezeteket alkalmaznak. Az előbbiek az ún. anyagrugók (gumi, parafa, nemez stb.), míg az utóbbiak fémes alapanyagú rugók. A legáltalánosabban használt szerkezeti elem rezgésszigetelésre a fémes alapanyagú (acél, bronz, réz) rugó.

Szintén gyakori megoldás a gumirugók alkalmazása. A gumirugók fémből készült alkos elemek közé vulkanizált gumituskók. Anyaguk különböző keménységű természetes vagy mesterséges gumi.

6. TENGYELYPAPCSOLAT LÉTREHOZÁSA

Az előző részben áttekintettük a meghajtó és a vizsgált egység rezgés-szigeteléseinek elvi lehetőségeit a gépalaptól. Ezzel lecsökkenthető a másodlagos átviteli úton átadódó rezgés, amely a két részt az alappal kapcsolatba hozza. Elsődleges átviteli útnak nevezzük azt a kényszerkapcsolatot, amely a meghajtó és a vizsgált egység között a mozgásátvitelt biztosítja (6. ábra).



6. ábra. Elsődleges és másodlagos átviteli út

A forgó mozgás, illetve a nyomaték továbbítására a vizsgált egység felé tengelykapcsolót használnak. A tengelykapcsoló szerepe jelen esetben többrétű. Alkalmazásával biztosítani kell a kényszerkapcsolatot a két egység között, ki kell egyenlíteni a motor és a hajtó tengely közötti relatív helyzethibákat, valamint a villanymotorban és a tengelyek összekapcsolásakor keletkező zavaró rezgéseket hatásosan kell csillapítani. Ezért igen lényeges feladat a legmegfelelőbb tengelykapcsoló kiválasztása.

Ezen követelményeknek a rugalmas elemes tengelykapcsolók, pontosabban a csillagbetétes körmös tengelykapcsoló felel meg. Amennyiben a vizsgálaton a tengelyhiba kiküszöbölhető, esetleg elektromágneses tengelykapcsoló alkalmazása is szóba jöhet.

7. MŰSZER KIVÁLASZTÁSA

A zaj- és rezgésméréshez bő választékban áll rendelkezésre megfelelő műszerkínálat, amelyből minden esetben a feladattól függően kell választani. A műszer kiválasztásakor alapvetően három kérdést kell megvizsgálni:

- Milyen a zaj (vagy rezgés) jellege?
- Mennyire részletes képet szeretnénk kapni a vizsgált berendezésről?
- Mennyi a rendelkezésre álló idő a mérés elvégzéséhez?

A vizsgálat tárgyát képező görgős szabadfutó mérésére a Brüel & Kjaer 2260-as precíziós keskenysávú elemző megfelelő. Előnyei a könnyű kezelhetősége, tercoktávós valós idejű elemző képessége, számítógépes kapcsolat lehetősége mellett a hordozhatósága és kiváló minősége.

8. ÉRZÉKELŐ KIVÁLASZTÁSA

Az előzőekben ismertetett elvek szerint, a passzív eszközök zajmérésekor a megfelelő körülmények biztosítása sokkal körülményesebb, így inkább a rezgésmérés preferált. Ezért ebben a fejezetben az érzékelő választásnál kizárólag a rezgés-érzékelők kiválasztási szempontjait tárgyaljuk.

A rezgésmérés során minden esetben az az alapkérdés, hogy a három jellemző (elmozdulás, sebesség, gyorsulás) közül melyiket alkalmazzuk. Általános gyakorlat, hogy 10 Hz alatt az elmozdulást tekintik mérvadónak, míg 1 kHz fölött a rezgés gyorsulást. A két határérték között a rezgéssebesség a használatos.

A rezgésérzékelők megválasztásánál – túl a már említett szempontokon – a következőket kell figyelembe venni:

A **rezgéskitérés mérőt** többnyire szerzőgépek esetén használják, hiszen a gép által keltett kis frekvenciás rezgések átmásolódhatnak a munkadarabra, annak pontosságát, felületi minőségét rontva. Mechanikai és optikai elven működő típusok ismertek, rögzítésük gyakran nehézkes.

A **rezgéssebesség érzékelők** alkalmazásának fő területe a gépdiagnosztika, illetve az épületdiagnosztika. Ezek az érzékelők általában relatíve nagy méretűek. Léteznek érintkezés nélküli, ún. lézeres – Doppler-elven működő – rezgéssebesség érzékelők is. Előnyük, hogy mivel nincs közvetlen kapcsolat az érzékelő és a darab között, így annak tömege nem befolyásolja a mérés eredményét.

A rezgésyorsulás érzékelők piezoelektromos elven működnek. Egyszerű szerkezeti kialakításuknak köszönhetően a méretük kicsi (néhány gramm). Mivel nem tartalmaznak mozgó, kopó alkatrészt, időstabilitásuk nagy. Széles frekvenciatartományuk és dinamikatartományuk miatt a legelterjedtebb érzékelők. A hátrányok között említhető a viszonylag nagy impedancia, melynek következtében csak korlátozott hosszúságú kábelekkel használhatók.

9. ÉRZÉKELŐ FELHELYEZÉSE

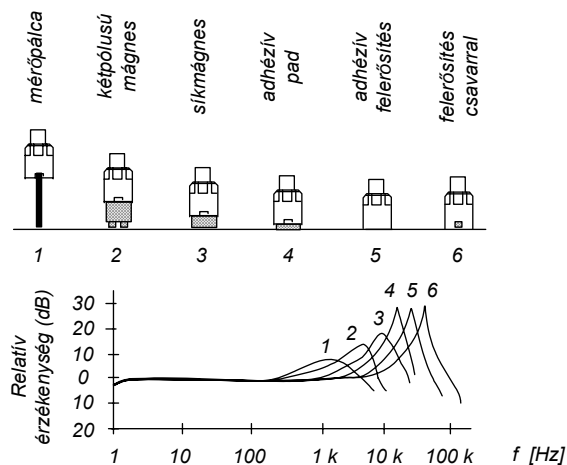
A kiválasztott rezgésérzékelő elhelyezésénél két igen lényeges kérdésre kell egyértelmű választ adni:

- Hová tegyük az érzékelőt?
- Hogyan erősítsük fel a mérendő darabra?

A jól értékelhető mérés érdekében mindkét kérdésre a megfelelő választ kell adni. Esetünkben, amikor is több vizsgálandó egység akusztikai összehasonlítása, illetve minősítése a cél, igen lényeges, hogy az érzékelő minden vizsgált darabnál ugyanarra a helyre, és ugyanolyan minőségű rögzítéssel kerüljön.

A mérési pontokat a vizsgált egységen minden esetben a csapágy környezetében kell kiválasztani. Ennek oka az, hogy a forgórész rezgését a csapágy közvetíti a házra, vagy a szerkezet burkolatára legintenzívebben, tehát a legkisebb jelvesztés ezeken a helyeken lehetséges. Előfordul azonban, hogy erre a szerkezet geometriai kialakítása miatt nincs lehetőség. Ebben az esetben törekedni kell a lehető legmegfelelőbb pont kiválasztására.

Az érzékelő felerősítésére több lehetőség kínálkozik, azok előnyeivel illetve hátrányaival. Itt szinte biztos, hogy kompromisszumot kell kötni. A felerősítés lehetőségeit a teljesség igénye nélkül a 7. ábra tartalmazza.



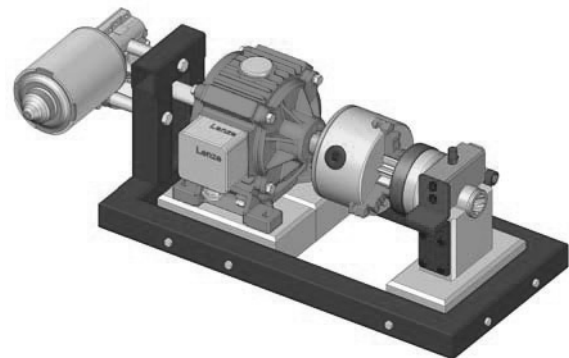
7. ábra. Érzékelők felerősítésének lehetséges megoldásai (Brüel & Kjaer)

A mérópálca alkalmazása kétségkívül a legegyszerűbb megoldás, mivel olcsó, semmilyen maradandó károsodást nem okoz, gyorsan áthelyezhető. Hátránya, hogy az érzékelő és a mérendő felület közötti összeszorító erő hatással van a mérésre, tehát ezzel a megoldással trendet nem szabad készíteni. A megfelelő mérési hely kiválasztásánál, próbaméréseknél van szerepe.

Az egyik legnépszerűbb megoldás a **mágneses rögzítés**. Tiszta, egyszerű, semmilyen maradandó károsodást nem szenved a berendezés. Hátránya, hogy nem alkalmazható abban az esetben, ha a csapágyház nem ferromágneses anyagból készült. A jó mérés érdekében a festékréteg eltávolítása is szükséges lehet.

Az ideális szerelés síkfelületre kétségkívül a **menetes rögzítés**. Az összefekvő felületek közé – az összecsavarás előtt – vékony zsírreteget vagy viaszt kell kenni, így a rezgés csatolása tökéletesebbé válik.

A koncepcionális tervezést követő konstrukciós tervezés eredményét, az elkészült mérőgépet a 8. ábra mutatja.



8. ábra. A mérőgép 3D-s modellje

IRODALOM

- [1] Beranek, L. L.: Zajcsökkentés, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1967.
- [2] Dömötör F.: Rezgésdiagnosztika I., Dunaújváros, 2007.
- [3] Dömötör F.: Rezgésdiagnosztika II., Dunaújváros, 2010.
- [4] Fábián T.: Műszaki mérések II., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993.
- [5] Makhult M.: Gépágyazások rezgéstani mérése, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1974.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A bemutatott kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.