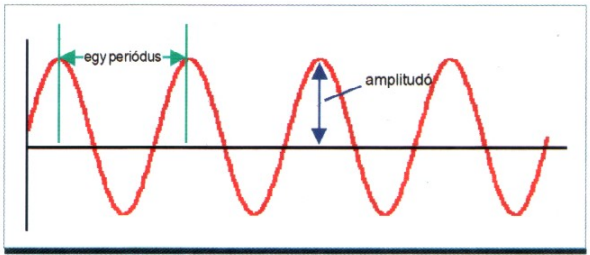
Tűzoltás és nagyjavítás helyett

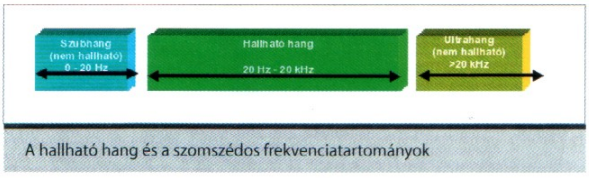
Állapotfüggő karbantartás segítése ultrahangméréssel

A gépek és berendezések állapotfelmérésének egyik lehetséges, a rezgésalapú vizsgálati eljárásokat kiegészítő technológia az ultrahangalapú diagnosztika. Sorozatunk most olvasható folytatásában az ultrahangmérés és -analízis alapjait, valamint e technológia alkalmazhatóságát mutatjuk be gépdiagnosztikai és csapágyállapot-felmérési, illetve tömörség-ellenőrzési feladatoknál.

Mielőtt az ultrahangalapú diagnosztikával részletesebben foglalkoznánk, áttekintjük a technológiához kapcsolódó alapfogalmakat és összefüggéseket. A hanghullámok longitudinális (hosszirányú) hullámok, amelyek az átvivő közeg molekuláinak gerjesztése réven terjednek. Mindegyik molekula – némi csillapítással – továbbadja az őt ért gerjesztést (energiát) a következő molekulának. Atmoszféránkban ez természetesen a levegőmolekulákra értendő, maga a továbbítás hangsebességgel (20 °C-on 343 m/s) történik. Más közegekben is végbemegy a hanghullámok terjedése, de eltérő sebességgel (jelölése v, egysége m/s) és csillapítással. Néhány példa a különböző terjedési sebességre: acél vagy alumínium esetében 5100 m/s, betonban 3800 m/s, gumiban 40 m/s, vízközeget feltételezve 1460 m/s.



A hullámgörbéről leolvashatók a főbb jellemzők



A hallható hang és a szomszédos frekvenciatartományok

Általában elmondható, hogy a hanghullámok szilárd testekben (de kivétel például a gumi) és folyadékokban gyorsabban terjednek, mint a gázokban. A gázokban viszont a hangterjedés a nyomástól és a hőmérséklettől függ: minél nagyobb a nyomás, illetve a hőmérséklet, annál gyorsabban halad a hullám. Maga a terjedés egy-egy közegben egyenes vonalú, iránya nem változik.

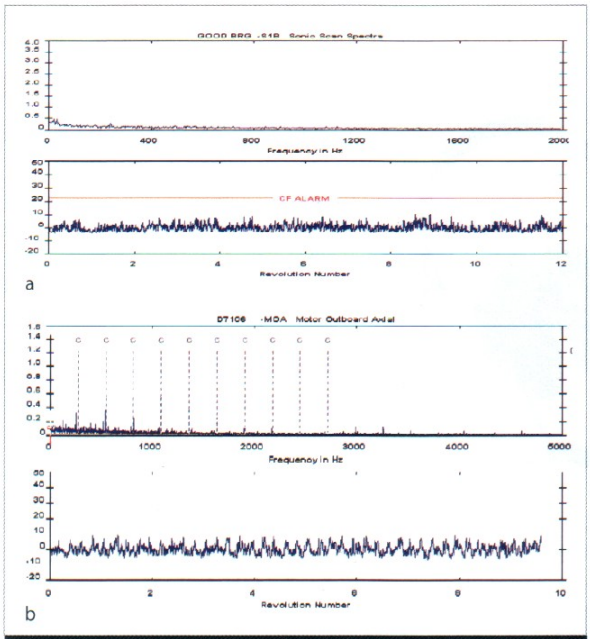
A hanghullámok tulajdonságait a frekvenciával (jelölése f, egysége Hz) vagy a hullámhosszal (jelölése λ, egysége m), valamint az amplitúdóval, illetve feladatspecifikusan például a hangnyomással (Pa) vagy a hangintenzitással (dB) szokás kifejezni. A frekvencia jelzi, hány periódus zajlik le egy másodperc alatt (1 Hz=1/s). Ismert frekvencia és terjedési sebesség mellett könnyen kiszámolható a hullámhossz, amely a terjedési sebesség és a frekvencia hányadosa (λ=v/f). Tehát adott átviteli közeg esetén elegendő a frekvenciát vagy a hullámhosszt megadni, az egyik a másikból meghatározható. Az összefüggés szerint a nagyobb frekvenciájú hanghullámok hullámhossza nyilvánvalóan rövidebb.

Hanghullámok viselkedése

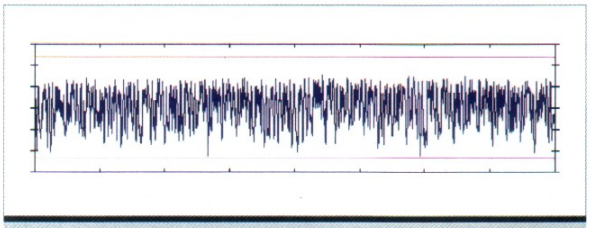
A hanghullámok viselkedése több fizikai törvényszerűségnek is megfelel. Mérési szempontból leginkább a reflexió (visszaverődés), a moduláció (valamely jellemző, például amplitúdó vagy frekvencia megváltozása külső hatásra) és az interferencia (hullámok találkozása) törvényszerűségeit fontos megemlíteni. A szilárd testeken és folyadékok felületén történő reflexió a mindenki által ismert optikai törvényszerűség szerint megy végbe: a beesési szögnek megfelelő visszaverődési szöggel történik a hullám visszaverődése. Eközben sem a hullám frekvenciája (hullámhossza), sem – minimális veszteségtől eltekintve – az amplitúdója nem változik. Megjegyzendő, hogy a reflexió nemcsak levegő és szilárd test, illetve folyadék, hanem bármely különböző hangterjedési sebességű közeg közötti határfelületen végbemegy.

> **Az ultrahangmérés kitűnően kiegészíti a rezgésdiagnosztikát, a termográfiát és a legkülönbözőbb anyagvizsgálatokat.**

Az interferencia akkor jön létre, ha több hanghullám (legalább kettő) találkozik egymással. Ha két hanghullám egyenlő frekvenciájú, a fáziskülönbségüktől (a hullámperiódusok kezdetének egymáshoz képesti, 0–360 fok közötti eltolódásától) függ, hogy erősítik vagy gyengítik, vagy akár kioltják egymást. Ha fáziskülönbségük kisebb 90 foknál vagy nagyobb 270 foknál erősítés, 90 és 270 fok közötti eltérés estén gyengítés lép föl, a pontosan 180 fok fáziskülönbség pedig teljes kioltáshoz vezet a vektoriális összegzésnek megfelelően. (Egyébként innen ered az ellenhanggal történő zajcsökkentés ötlete is.) Két eltérő frekvenciájú hanghullám találkozásakor az eredmény olyan hanghullám, amelynek frekvenciája a forráshullámok frekvenciáinak összege, amplitúdója viszont növekedhet vagy csökkenhet az eredetihez képest (ez a fázisszögkülönbségtől és az amplitúdóaránytól függ). Egymástól nagyságrendileg eltérő frekvenciájú hanghullámok esetén pedig moduláció lép föl.



Ultrahang spektruma és időjele jó (a), valamint rossz (b) csapágy esetén



Ultrahang-időjel elégtelen kenés esetén

A hangerősség (hangintenzitás) kifejezésére leggyakrabban a dB (decibel) egységet szokás használni. A dB tulajdonképpen logaritmikus skálázás, amely a hangerősséget a P hangenergia tízesalapú logaritmusaként fejezi ki.

Az emberi fül (örökölt képességektől, kortól és egészségi állapottól függően) a 20 és 20 000 Hz közötti hangok érzékelésére képes. Mivel nem minden hangfrekvenciát hallunk ugyanolyan érzékenységgel (bizonyos frekvenciákat erősebben, másokat viszont lényegesen gyengébben érzékelünk), az emberi hangérzetnek megfelelő hangerősségmérés az A típusú súlyozással, méréstechnikailag egy A típusú frekvenciakarakterisztikájú szűrővel történik. Az emberi frekvenciaérzékenység figyelembevételével mért hangerősséget dB(A) skálázással szokás kijelezni. A leghalkabb – még hallható – hang 0 dB(A), a leghangosabb (fülünk által még elviselhető) hangerősség 120 dB(A).

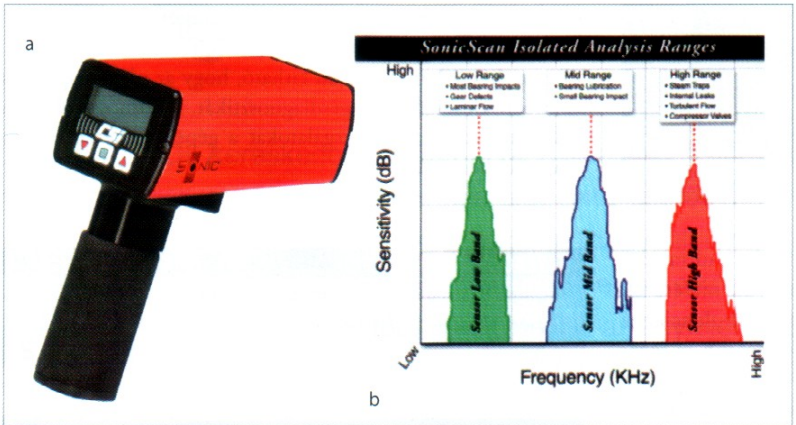
Eszközök az ultrahangméréséhez

A 20 kHz fölötti frekvenciatartományt az emberi fül már nem érzékeli (a kutyáké viszont igen), így a különböző fizikai folyamatok által generált ultrahangokat nem halljuk. Szükségünk van tehát olyan eszközökre, amelyek e hangok mérését lehetővé teszik, erősségüket kimutatják (például diagram vagy digitális számérték formájában), illetve alacsonyabb frekvenciatartományba történő transzformációval és felerősítéssel számunkra hallhatóvá teszi.

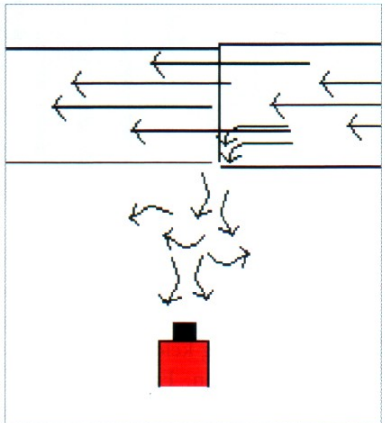
Az ultrahang mérésével számtalan eszköz és berendezés állapota és működése megvizsgálható. Ennek alapja, hogy például a csapágyak állapotuktól és kenésüktől függően olyan magas frekvenciájú rezgésekkel üzemelnek, amelyek frekvenciatartománya a kezdődő hibák, illetve az elégtelen kenés esetén éppen az ultrahang tartományába csik. Így az ultrahang – akár érintéses úton, úgynevezett testhangérzékelővel, akár a levegőn át terjedő hangok mikrofonnal történő – mérésével a korai csapágyhibák vagy a nem megfelelő kenés megállapítható. Ha az alkalmazott ultrahangmérő eszköz az ultrahang transzformálására is képes, akár hallhatóvá válik a csapágymeghibásodás jellege és mértéke. Gyakorlati alkalmazásként említhető az ultrahangfigyelés mellett végzett csapágykenés: addig kell kenőanyagot a csapágyba juttatni, amíg annak hangja megfelelővé nem válik. Ezzel a módszerrel elkerülhető a túlzott zsírzás, amelynek kedvezőtlen következménye lehet a zsír által kifejtett mechanikai ellenállás miatt fellépő melegedés és az emiatt bekövetkező, nem kívánatos csapágyhézag-csökkenés (csapágyszorulás).

Ultrahangos alkalmazások

Az ultrahangmérés szállítószalagok csapágyainak ellenőrzésére (hibás csapágyak kiszűrésére) is alkalmas. Amíg rezgésmérő eszközökkel minden egyes csapágyon kellene érinté-



CSI SonicScan: több frekvenciasávos ultrahang-érzékelő (a) és -analízis (b)

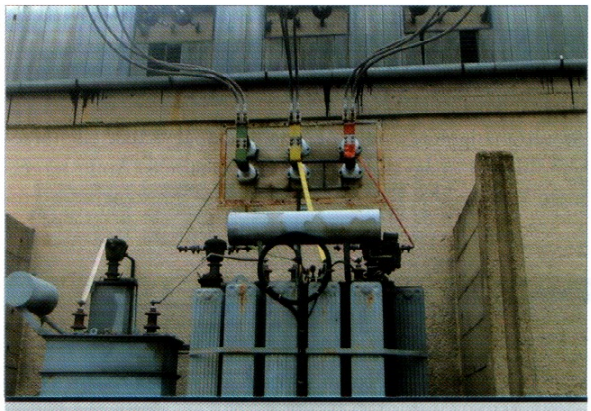


Tömörtelenség felfedezése ultrahangméréssel

sesen megmérni és analizálni a rezgéseket, az ultrahang a szállítószalag mellett elhaladva is megfigyelhető. Erős ultrahangforrások sérült vagy extrém rossz kenésű csapágyakra utalnak. (Természetesen a termográfiával érzékelhető felmelegedésből még pontosabban és gyorsabban fedezhetők fel a szállítószalagok hibás csapágyai, de a termográfiához szükséges hőkamera beruházási költsége nagyságrendekkel nagyobb az ultrahangmérő műszerek beszerzési költségénél.)

Vizsgálható továbbá a tömörség mindenféle gáz- és gőzrendszer esetében, mivel a szűk résen (lyukon) keresztül távozó gázban ébredő turbulenciák ultrahangot keltenek, amely nemcsak lokalizálható, hanem erőssége és jellege is megvizsgálható. Így szelepek, gőzcsapdák, kondenzleválasztók és nyomáscsökkentők megfelelő működése is ellenőrizhetővé válik. Ennek további segítésére a legkorszerűbb műszerekbe több frekvenciasávos, több helyen, egymás után végzett, különböző paraméterű mérések adatait kiértékelő – akár szakértői – eljárásokat építenek be, amelyek eredményei alapján egyértelműen eldönthető, hogy a bevizsgált berendezés jó vagy hibás.

A legkorszerűbb ultrahangmérő és -analizáló készülékek hallhatóvá teszik és kijelzik a mért ultrahangot, és további jelfeldolgozásra is képesek.



Villamos berendezések is vizsgálhatók ultrahanggal

Fontos viszont megemlítenünk, hogy a leadott ultrahang intenzitása nem áll arányban a rés vagy a lyuk méretével. Kisebb és szűkebb réseken ugyanis nagyobb turbulencia, ez által erősebb hang keletkezik, mint terjedelmesebb és tágasabb lyukak esetén. Ezen túl a kiáramló és a külső közeg között fennálló nyomáskülönbség is befolyásolja a tömörtelenség mérhetőségét. Minél nagyobb a nyomáskülönbség, annál erősebb ultrahang várható.

Hőszigetelt vagy többréteges (burkolt) gáz- és gőzvezetékek esetén figyelembe kell venni azt is, hogy az ultrahang ott jelenik meg a méréssel ellenőrizhető felületen, ahová a felső rétegeken keresztül ki tud „szivárogni". Nem ritkán ezek a külső rések többé-kevésbé messze vannak a nyomástartó cső, csatlakozás vagy tartály tömörtelenségi helyétől, tehát nem ott mérhető az ultrahang, ahol valóban a hibahely is van.

A diagnosztikai lehetőségek közül említésre méltó a villamos berendezések ellenőrzése is. Előfordul ugyanis, hogy meglazult elemek miatt transzformátorokban, elosztókban vagy feszültségváltókban nagyfrekvenciás rezgések jelentkeznek, hibás csatlakoztatások vagy szigetelők miatt pedig feszültségátugrások, valamint szivárgó áramok lépnek föl. E jelenségek (akár kis-, közép- vagy nagyfeszültségű hálózatokban) az esetek többségében ultrahang kíséretében fordulnak elő. Az is jellemző, hogy a szikraköz rövidülésével egyre magasabb a kísérő ultrahang frekvenciája.

A kapott eredmények kiértékelése

A legkorszerűbb ultrahangmérő és -analizáló készülékek fülhallgatóval hallhatóvá teszik és számszerűen (dB-ben) kijelzik a mért ultrahangot, sőt a digitálisan szűrt frekvenciatartományokra vonatkozóan különböző értékelések eredményeinek – középérték, abszolút csúcsérték, folyamatos csúcsérték, csúcstöbbszörös amplitúdóérték stb. – kijelzésére is képesek. Ezen túl további jelfeldolgozásra is lehetőséget nyújtanak (ilyen többek között a CSi SonicScan 7000 készülék), mivel digitálisan készített úgynevezett envelope időjelet képesek kiadni hordozható adatgyűjtő-elemző műszerek részére vagy más jelfeldolgozó eszközöknek, így például oszcilloszkópoknak.

A hibahely könnyebb azonosítását többnyire ultrahangot fokuszáló tölcsérrel, illetve parabolával segítik. A különböző jelenségek egymástól való minél jobb elhatárolásához különféle érzékelőket használhatunk: tapintótüskés vagy mágnesrögzítésű testhangérzékelőket, ultrahangmikrofonokat. Ha például tartályokat kívánunk a tömörséget bevizsgálni, és nincs mód azokat nyomás alá helyezni, a műszerekhez kapható ultrahangforrásokat vehetjük igénybe. Ilyenkor a tartály belsejében gerjesztjük az ultrahangot, majd megmérjük, hogy hol jut ki a tartályból.

Az elmondottak alapján látható, hogy az ultrahangmérés kitűnően kiegészíti a rezgésdiagnosztikát, a termográfiát és a legkülönbözőbb anyagvizsgálatokat a gépek és berendezések állapotfelmérésekor.

Rahne Eric

HATÉKONYSÁGMUTATÓ

Anyagfelhasználás	●	Energiaigény	●
Üzemfenntartás	●	Kezelhetőség	○
Időráfordítás	●	Élettartam	●

pim@pim-kft.hu
www.pim-kft.hu, www.gepszakerto.hu