Tűzoltás és nagyjavítás helyett

Állapotfüggő karbantartás rezgésdiagnosztikával (X.)

Szíjhajtások esetében kétféle hibajelenséggel állhatunk szemben: a szíj és a szíjtárcsák sérüléseivel kapcsolatos jelenségekkel, illetve a szíj passzív (terheletlen) félhosszának berezonálásával. Mindkét esetben teljesen más rezgések keletkeznek, amelyek vizsgálatára szintén lehetőséget ad a rezgésdiagnosztika.

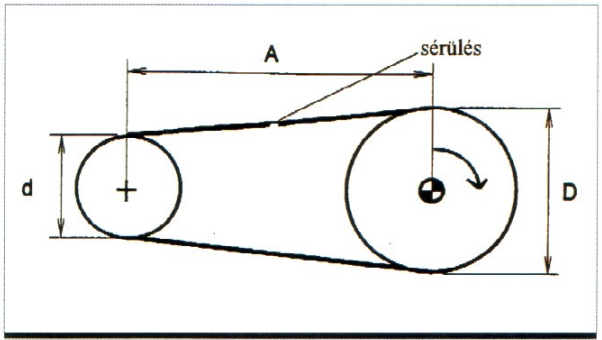
A SZÍJ (KÖZELEBBRŐL LAPOS-, ÉK- VAGY FOGASSZÍJ) öleli át a hajtó és hajtott tengelyen lévő szíjtárcsát. Ha megjelölünk a szíjon egy tetszőleges pontot, ennek körbefutási frekvenciája természetesen kisebb lesz a lassabban forgó szíjtárcsa forgásfrekvenciájánál. Ez a szíj alapfrekvenciája (rövidítve szíjfrekvencia). A szíjfrekvencia egyenlete:

$$f_{sz} = \frac{d \times f_{sz} \times \pi}{H} = \frac{D \times f_{sz} \times \pi}{H}$$

ahol f_{sz} a szíjfrekvencia, d a kisebb szíjtárcsa átmérője, f_d a kisebb szíjtárcsa forgásfrekvenciája, D a nagyobb szíjtárcsa átmérője, f_D a nagyobb szíjtárcsa forgásfrekvenciája, H pedig a szíj hossza.

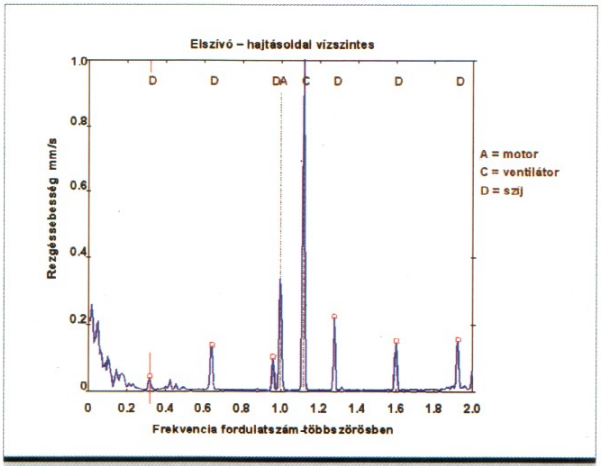
Helyi sérülés

Ha a szíjnak helyi sérülése van, akkor az a körbefutás során egyszer érintkezik a hajtó és egyszer a hajtott szíjtárcsával. Különösen a hibahely és a szíjtárcsa összetalálkozásánál keletkezik egy ütésszerű rezgésgerjesztés – a befutási impulzus. Ráadásul a szíj hibái ugrásszerű változásokat okozhatnak a szíj feszességében is, amikor az egyik vagy a másik szíjtárcsával érintkeznek, illetve azt elhagyják.



Szíjfrekvenciával kapcsolatos geometriai összefüggések

Mivel a körbefutás során kétszer megy végbe az ütésszerű rezgésgerjesztés, a szíjfrekvencia kétszerese és annak többszörösei jelennek meg radiális rezgésként a spektrumban. Fogszíjak esetében még a szíjfrekvencia és a fogszám szorzata is előfordul. A szíjtárcsák beállítási hibáinál pedig erős axiális rezgések várhatók a szíjfrekvencia kétszeresén. Megjegyzendő, hogy a szíj által okozott ütések nem mindig láthatók az időjelben, és többnyire csak nagyon gyengén jelennek meg a spektrumokban. Ez abból adódik, hogy a gumiszerű szíj nem képes nagy energiatartalmú impulzusokat átadni a hozzá képest nehéz szíjtárcsáknak.

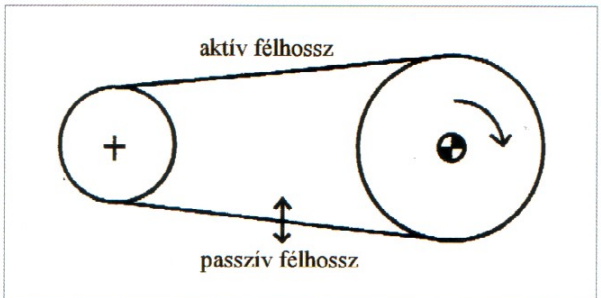


Szíjfrekvencia és többszöröseinek megjelenése a rezgésspektrumban

Passzív félhossz berezonálása

A szíjhajtásoknál gyakran előfordul, hogy a szíj terheletlen (passzív) félhossza berezonál. Ezek a rezonanciák elsősorban akkor kritikusak, ha egybeesnek más gépfrekvenciákkal.

Üzem közben csak nehezen lehetne meghatározni, mekkora a szíj passzív félhosszának rezonanciafrekvenciája. Sokkal egyszerűbben történhet ennek felmérésc álló gép esetén



A szíj passzív félhosszának berezonálása

a következő módon: a szíjat hosszirányára merőlegesen kell meghúzással gerjeszteni (még egyszer felhívjuk a figyelmet, hogy álló gép esetén), hasonlóan ahhoz, mint ahogy ez egy gitár húrjával szokás. Az ennek hatására bekövetkező szíjrezgés frekvenciája egy kicsivel alacsonyabb lesz az üzemi rezonanciafrekvenciánál, de közelítésnek igen jól használható. (Az eltérés oka az üzem közben fellépő húzóerők megléte és a szíjfeszítés abból adódó változása.)

Lapátkerekek problémái

A forgólapáttal felszerelt gépeknek nemcsak kiegyensúlyozásból és lazaságból adódó problémái lehetnek. Ezek a szerkezetek – például ventilátorok, centrifugálszivattyúk és turbinák – további rezgéskritikus tulajdonságokkal bírnak. Ha egy vagy több lapát úgy sérül meg, hogy a súlya megváltozik (például egy darabja letörik) vagy a súlypontja eltolódik, vagy ha egyszerűen szennyeződés telepedik meg rajta, a forgórészekre általánosan érvényes fizikai összefüggések alapján ez kiegyensúlyozatlanságra utaló rezgésként jelenik meg a spektrumban.

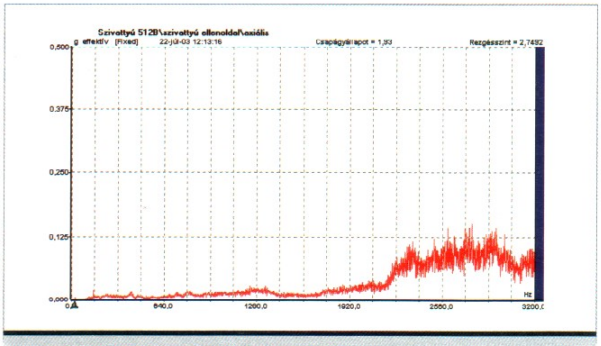
Egészen más okra vezethető vissza a – sok konstrukció esetén „természetes" – lapátelhaladási frekvenciájú (vagy röviden lapátfrekvenciájú) rezgés. Ez a rezgés abból következik, hogy minden egyes lapát egy-egy nyomásimpulzust gerjeszt, amikor elhalad valamilyen akadály mellett. Egy ilyen akadály akár a bejövő vagy a kimenő csonk is lehet, de bármilyen más áramlástechnikai elem is kiválthatja ezeket a nyomásimpulzusokat. A lapátfrekvencia egyenlete:

$F_l = n/60 \times N$
ahol F_l a lapátfrekvencia, n a tengely fordulatszáma,
N pedig a forgólapát lapátjainak száma.

Gyakran a lapátfrekvencia többszörösei is jelen vannak. Ennek oka, hogy nemcsak egyetlen akadály lehet a szóban forgó eszköz lapátjaihoz közeli áramlás útjában, valamint nyomásimpulzus-visszahatások is felléphetnek. Többfokozatú forgólapátos szerkezetek minden egyes fokozata külön-külön „termeli" a saját lapátfrekvenciáit (és többszöröseit). Statikus lapátok (vezetőlapátok) jelenléte esetén magasabb frekvenciájú rezgések is keletkezhetnek, amelyek frekvenciája a lapátfrekvencia és a statikus lapátok darabszámának szorzatával egyezik meg.

Ezen túl a lapátfrekvencia körül forgásfrekvenciájú oldalsávok (modulációk) is megjelenhetnek a spektrumokban, mert a sérült lapát(ok) áramlási tulajdonságai megváltoztak, így máshogyan keletkeznek a nyomásimpulzusok. Ha a lapát még a burkolathoz vagy bármilyen más áramlásvezető elemhez is hozzáér, annak súrlódása vagy ütésszerű impulzusai is észrevehetők a spektrumban. Be- és kimeneti nyomásingadozások is okozhatnak forgásfrekvenciájú oldalsávokat.

Az említett lapátfrekvencián túl létezik még egy különös sajátosság a folyadékot szállító berendezéseknél: a kavitáció, amely akkor lép fel, ha az áramlásban olyan jelentős lesz a vákuumhatás, hogy a szállított folyadékból gőz válik ki. Ez a gőzkiválás kisebb-nagyobb buborékok formájában történik azon a helyen, ahol legnagyobb a vákuumhatás, tehát közvetlenül a lapátok oldalain. Mivel minden egyes buborék keletkezése minirobbanásként megy végbe, könnyen el lehet képzelni, hogy ez mennyire káros a lapátok felületére nézve. Ez a folyamat jól hallható és magas frekvenciájú szélessávú rezgésként (nagy értékű és széles frekvenciatartományú zajszőnyegként), illetve a lapátfrekvenciák többszöröseinek növekedéseként a spektrumban is észlelhető.



Kavitáció megjelenése a rezgésspektrumban

Rezonanciák jelentkezése

A mechanikus struktúrák különböző frekvenciák esetén másmás merevséget mutatnak. Azokon a frekvenciákon, amelyeken kicsi a szerkezet merevsége (tehát nagy a rezgéshajlama), akár már nagyon kis erők is képesek a szerkezetet erős lengésbe (rezgésbe) hozni. Ezeket a frekvenciákat rezonanciafrekvenciáknak, a körülvevő frekvenciatartományt rezonanciatartománynak nevezik. Azt a frekvenciatartományt, ahol viszont a szerkezet kifejezetten nagy merevséggel rendelkezik, antirezonanciás tartománynak nevezzük.

Egy további fontos paraméter a rezonancia csillapítása. A csillapítás azt fejezi ki, hogy egy egyszeri gerjesztés által előidézett rezonanciarezgés milyen gyorsan cseng le. Kemény anyagok (például üveg, acél, sárgaréz) általában kis csillapításúak, a gerjesztés után még sokáig rezegnek (mint például egy harang vagy xilofon). Az ilyen rezonanciák frekvenciatartománya általában nagyon szűk és jelentős amplitúdókiemelkedés figyelhető meg benne. A lágy és plasztikus (rugalmas, puha) anyagok (például gumi, fa) nagy csillapításúak. Ezeknél az anyagoknál többnyire nagyon széles frekvenciájú rezonanciatartományt találunk, amelynek amplitúdókiemelkedései nem olyan magasak.

Az ipari forgógépek szempontjából leszögezhetjük, hogy minden gépnek van egy vagy több rezonanciája, mivel ez a gépstruktúra tulajdonsága. A rezonanciák frekvenciatartománya pedig az alkalmazott anyagoktól és a gépszerkezet kialakításától függ. Baj csupán akkor van, ha a meglévő rezonanciafrekvenciák valamelyike egybeesik a gép forgásfrekvenciájával, illetve annak többszöröseivel. A változtatható fordulatszámú gépek (például egyenáramú vagy frekvenciaváltós aszinkronmotorok) esetén éppen ebből adódik a gond: minél szélesebb az üzemszerű fordulatszám-tartomány, annál nagyobb valószínűséggel egy-egy rezonanciafrekvencián, illetve többszörösén is üzemelhet a berendezés.

Rahne Eric

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