Tűzoltás és nagyjavítás helyett

Állapotfüggő karbantartás rezgésdiagnosztikával (IX.)

A rezgések spektrumanalízise a jelenlegi leghatékonyabb gépállapot-felmérő eszköz. Sokat segít, ha a gyakori géphibák tipikus rezgésspektrumait ismerjük, ezekkel kell ugyanis a valós spektrumot összehasonlítanunk. A következőkben szemügyre vesszük a leggyakoribb géphibák spektrumbeli megjelenését.

Egy-egy spektrum számos frekvenciacsúcsot tartalmaz, ami első ránézésre komplikáltnak tűnhet. Módszeres értékeléssel viszont gyorsan „tisztul a kép". A rezgés természetének és okozójának kiderítéséhez általában a spektrumban található legnagyobb amplitúdóértékű frekvenciacsúcsnak, illetve a domináns csúcscsoportnak (harmonikus frekvenciacsúcsok) az analízisével kezdünk hozzá.

Kiegyensúlyozatlanság

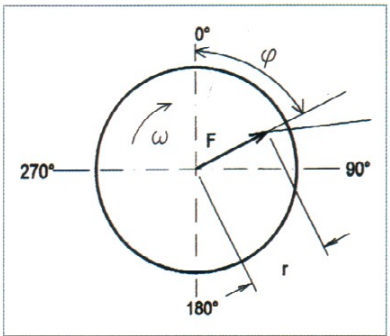
Kiegyensúlyozatlanságról akkor beszélünk, ha a tengely, illetve forgó alkatrész súlyeloszlásának középpontja nem esik egybe a forgás középpontjával, és czért körbe forgó centrifugális erő lép fel. A centrifugális erő a következő egyenlet alapján számítható ki:

$$F=m\times r\times \omega^2,$$

ahol F a centrifugális erő, m a kiegyenlítetlen tömeg, r a kiegyenlítetlen tömeg távolsága a forgás középpontjától, ω pedig a forgási sebesség (körfrekvencia).

Ez az erő természetszerűen ugyanazzal a frekvenciával kering a forgástengely körül, mint ahogy a tengely forog, így a csapágyaknak, illetve a tartószerkezetnek egy-egy pontjára ható erő nem állandó, hanem szinuszos: egy fordulat alatt egyszer eléri előbb a maximumát, majd a minimumértékét. Egyenlete:

$$F(t)=m\times r\times \omega^2\times \sin(\omega\times t)$$

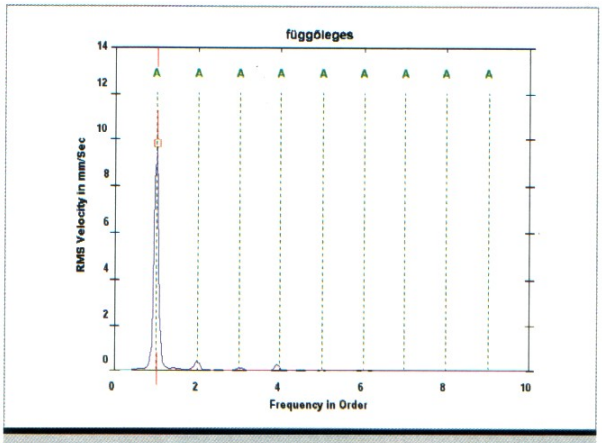


A kiegyensúlyozatlanság miatt fellépő centrifugális erő keletkezése

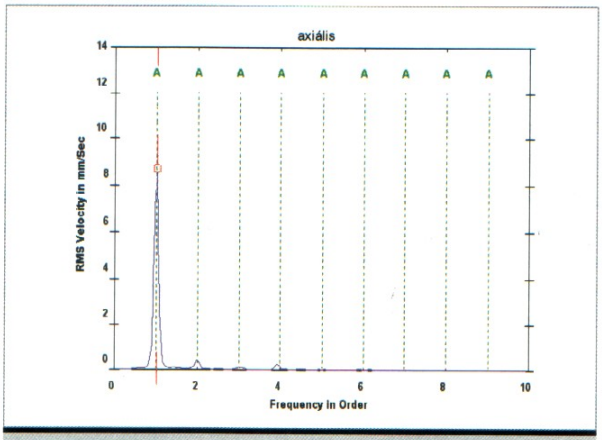
Az egyenletekből látni lehet, hogy a centrifugális erőhatás a fordulatszám négyzetével nő, tehát magasabb fordulatszámú gépek esetén a kiegyensúlyozatlanság megszüntetése fokozottan fontos.

A csapágyaknak és a tartószerkezetnek ezzel az erővel azonos nagyságú ellenerőt kell kifejteniük ahhoz, hogy helyben tartsák a tengelyt. Az eközben fellépő alternáló mozgás – a végül is kívülről mérhető rezgés – nagysága a tartószerkezet merevségétől is függ. Így tehát a kiegyensúlyozatlanságból eredő rezgésről a következők mondhatók el: › A rezgés frekvenciája megegyezik a forgásfrekvenciával, tehát csak a fordulatszámtól függ. › A rezgés amplitúdója függ: › a kiegyenlítetlen súly nagyságától › a kiegyenlítetlen súly és a forgásközéppont távolságától › a forgásfrekvencia négyzetes értékétől és › a gépszerkezet merevségétől. › A rezgés fázisszöge azt írja le, hogy a kiegyenlítetlen súly milyen szöghelyzetben van egy, a forgórészen definiált ponthoz képest. Ez az érték nem változik sem egy körbeforgás (tengelyfordulat) alatt, sem a fordulatszám változásával.

A kiegyensúlyozatlanság mérésére leginkább a rezgéssebesség és a kilengés mérése alkalmas. Ha dominálnak a spektrumban az állandó, nagy amplitúdójú, forgásfrekvenciájú radiális rezgések, amelyek a fordulatszám növelésével együtt nőnek, de nem találunk számottevő axiális rezgéseket vagy forgásfrekvencia-többszörös radiális rezgéseket,



Kiegyensúlyozatlanság esetén mérhető radiális rezgésspektrum

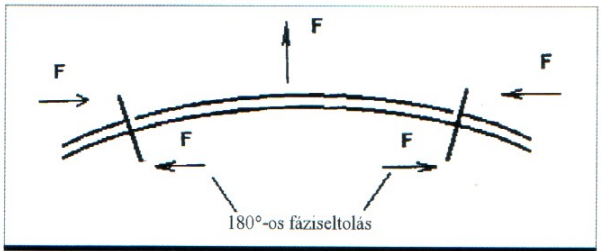


Görbe tengely esetén mérhető axiális rezgésspektrum

akkor nagy valószínűséggel kiegyensúlyozatlanság van jelen. Már csak azt kell megnéznünk, hogy nem tapasztalhatók-e nagy amplitúdóváltozások kis fordulatszám-eltérések esetén, mert ez rezonanciára utalhat.

Görbe forgótengely

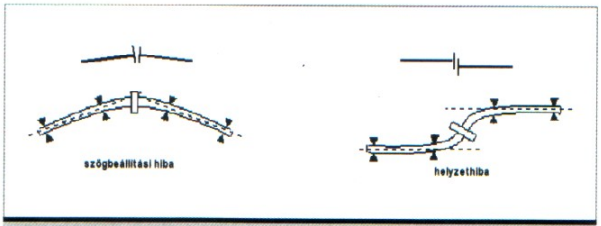
Görbe tengelyek, illetve forgórészek gyakran olyan gépeken találhatók, amelyeknek hosszú forgórészük van, ilyenek például a turbinák vagy a papírgyári vezetőhengerek. A görbülés oka lehet: › szakszerűtlen szállítás › termikus feszültség túl gyors lehűlés következtében › szerelési hiba vagy › hosszú idejű gépállás (a forgórész időnkénti megforgatása nélkül). A mérés során a görbülés az egyoldalú súlyáthelyezés miatt ugyanúgy jelentkezik, mint a kiegyensúlyozatlanság, tehát forgásfrekvencián kiugró nagyságú radiális rezgéscsúcs található. A különbség viszont az, hogy a forgórész görbesége a csapágyakat axiális irányú mozgásra is kényszeríti, méghozzá egymással ellentétes irányban. Ezt a fordulatszámú rezgéskomponens fázisszögének mérésével lehet megállapítani.



Görbe tengely esetén fellépő erők

A görbe tengely, illetve forgórész megtalálására leginkább a rezgéssebesség mérése alkalmas, kiegészítve a fordulatszámú rezgéskomponens fázisszögének mérésével. Ha dominálnak a spektrumban az állandó, nagy amplitúdójú, forgásfrekvenciájú radiális rezgések, amelyek a fordulatszám növelésével együtt nőnek, és vannak állandó, nagy amplitúdójú, forgásfrekvenciájú axiális rezgések, de nem találunk forgásfrekvencia-többszörös rezgéseket, akkor nagy valószínűséggel görbe forgótengely van jelen. A két tengelyvég forgásfrekvenciájú axiális rezgése fázisszögének mintegy 180°-os egymástól való eltérése egyértelműen bizonyítja a görbe forgótengely jelenlétét. Már csak azt kell megvizsgálnunk ebben az esetben is, hogy nem tapasztalhatók-e nagy amplitúdóváltozások kis fordulatszám-eltérések esetén, mert ez – mint említettük – rezonanciára utalhat.

A KIEGYENSÚLYOZATLANSÁG MÉRÉSÉRE LEGINKÁBB A REZGÉSSEBESSÉG ÉS A KILENGÉS MEGHATÁROZÁSA ALKALMAS.



A tengelybeállítási hibák alapvető fajtái

A tengelybeállítás és a tengelykapcsoló hibái

A tengelybeállítási hibák összekapcsolt gépegységek esetén lépnek fel, ha azok tengelyvégei egymáshoz képest szögben állnak, vagy oldalirányú, illetve magassági térbeni helyzetük nem egyezik. A tengelybeállítási hibák oka lehet: › szakszerűtlen szerelés-beállítás › termikus mozgások, feszültségek › a gép alapjának, illetve rögzítésének helyzetváltozása (leülése, deformálása). A tengelybeállítási (illetve tengelykapcsoló-beállítási) hibák okozzák a tengelyrendszer meghajlását, ami magában a tengelyben hajlítási igénybevétellel jár. Így tehát a tengely egy pontján egy adott pillanatban olyan axiális erők hatnak, amelyek a tengelyt megnyújtják, egy fél fordulattal később ugyanezen a ponton viszont nyomást gyakorló erők hatnak majd.

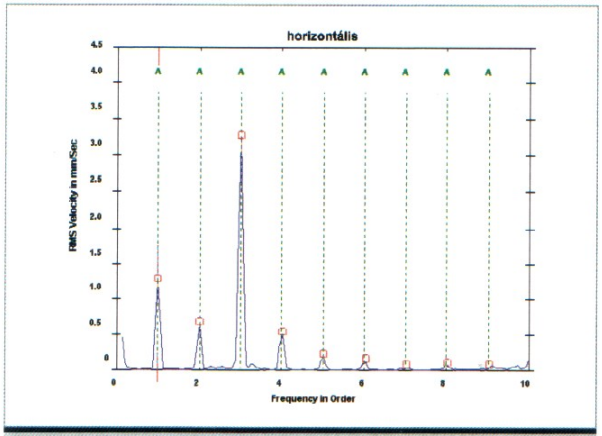
Alapvetően kétféle beállítási hibát különböztethetünk meg: szögbeállítási hibát és helyzethibát (a tengelyek párhuzamosak, de térben egymástól eltolva helyezkednek el), de leggyakrabban a kettő kombinációját találjuk. Mindkét hibacsoport hasonlóan jelentkezik a rezgésspektrumban: elsősorban a radiális, két- (és három-) szoros forgásfrekvenciájú rezgések megjelenése, de az ezzel egyidejűleg fellépő forgásfrekvenciájú

axiális rezgések is jellemzik a tengelykapcsoló körüli problémákat. Ha a forgásfrekvencia kétszeresén levő rezgés nagyobb a forgásfrekvencián levő rezgésnél, szinte biztosra vehető, hogy tengelybeállítási, illetve tengelykapcsoló eredetű hiba van jelen. Magasabb frekvenciájú, a forgásfrekvencia 3-, 4-, 5- vagy többszörösén jelentkező rezgések is jelen lehetnek.

A tengely-, illetve tengelykapcsoló-beállítási hibák megtalálására leginkább a rezgéssebesség mérése alkalmas, kiegészítve a fordulatszámú rezgés fázisszögének a tengelykapcsoló mindkét oldalán elvégzendő mérésével. Ha a spektrumban dominálnak a nagy amplitúdójú, kétszeres és háromszoros forgásfrekvenciájú radiális és axiális rezgések, akkor nagy valószínűséggel egytengelyűségi hiba van jelen. A tengelykapcsoló két végén mért forgásfrekvenciájú axiális rezgések fázisszögének mintegy 180°-os egymástól való eltérése egyértelműen bizonyítja a tengelybeállítás, illetve a tengelykapcsoló hibájának jelenlétét. Szögbeállítási hibák leginkább forgásfrekvenciájú axiális rezgéseket okoznak, helyzethibák és tengelykapcsoló-hibák esetén főként a kétszeres és háromszoros (időnként négyszeres) forgásfrekvencián lévő rezgések mutatkoznak.

Nem annyira egyértelmű viszont a helyzet, ha kis amplitúdójú, 4–10-szeres vagy ennél is többszörös forgásfrekvenciájú radiális és axiális rezgések vannak jelen, valamint ha zajos és impulzustartalmú időjelet mérünk, mivel ezek a jelenségek meglazult gépelemekre is utalhatnak.

A SZÖGBEÁLLÍTÁSI HIBA ÉS A HELYZETHIBA NEM ÖNÁLLÓAN LÉP FEL, LEGGYAKRABBAN A KETTŐ KOMBINÁCIÓJÁT TALÁLJUK.



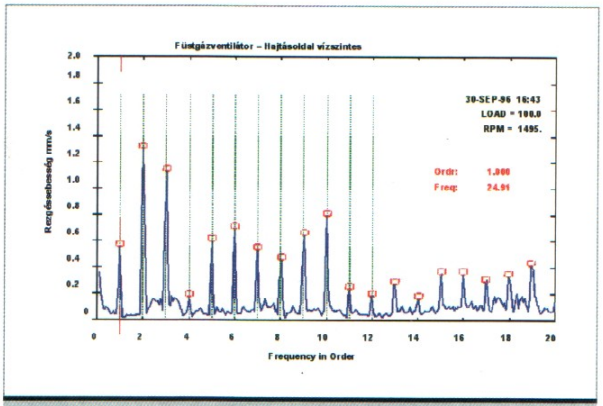
Tipikus frekvenciaspektrum tengelybeállítási, illetve tengelykapcsoló eredetű hibák esetén

Meglazult gépelemek, mechanikus játék

Meglazult mechanikus kapcsolatról akkor beszélünk, ha a gépnek vannak túl nagy hézagú csapágyai, nagy mechanikai játékkal bíró szerkezeti elemei (például vezetősínek) vagy meglazult tartószerkezeti elemei, illetve gyenge az alaphoz való rögzítése. A rezgések szempontjából a nagy csapágyhézag ugyanolyan hatást fejt ki, mint például egy meglazult csavarkötés: mindkét esetben a gép természetes rugóállandójában nemlineáris tagok keletkeznek.

A lazaság esetén fellépő rezgéseket alapvetően a mindig is jelen lévő „maradék" kiegyensúlyozatlanság gerjeszti, a forgásfrekvencia többszörösein megfigyelhető rezgések a gerjesztés másodlagos eredményei. Megjegyezendő, hogy mechanikai lazaság esetén minden más hibából eredő rezgés is felerősödik. Ha gyakran ismétlődnek a lazaság jellegű hibák, akkor ez rezonanciák és (vagy) konstrukciós hiba következménye is lehet.

A meglazult elemek és a nagy hézagok elsősorban nagy radiális rezgéscsúcsokat hoznak magukkal a forgásfrekvencia 1-, 2-, 3-, 4-szeres, de akár 5–10-szeres többszörösein is. Így a lazaság jelenléte a spektrumból egyértelműen felfedezhető, de a rezgések irányfüggő tulajdonsága miatt mérni kell vízszintesen és függőlegesen is. Sok esetben leginkább vízszintesen a legerősebbek a rezgések, axiálisan pedig csak gyengébben vagy egyáltalán nem fordulnak elő.



Tipikus rezgésspektrum lazaság esetén

A fordulatszám-többszörös rezgéseken túl szubharmonikus rezgésekre (tipikusan 1/2-szeres forgásfrekvencián) és interharmonikusokra (3/2- és 5/2-szeres forgásfrekvencián) is számítani lehet. Súlyos problémák esetén előfordulhatnak rezgéskomponensek az 1/3- és 1/4-szeres forgásfrekvencián és annak harmonikusain is.

Mivel a rezgések jellegéből nem állapítható meg, hogy pontosan melyik is a meglazult elem, csak kizárásos módszerrel kereshető meg a problémás alkatrész. Erre többféle módszer létezik, amelyek közül kettőt emelünk ki.

› Műszeres méréssel: két, mechanikailag szoros összeköttetésben lévő gépelemnek nagyságban és spektrum-összetételben megegyező rezgést kell mutatnia az összeköttetés mindkét oldalán. Ha nem tapasztalunk azonosságot, bizonyított a lazaság.

› Kézi ellenőrzés: a szerelési hézagokra helyezett ujjal ellenőrizhetők a gépelemek, azaz a gépalap, a főegységek, a szilenttömbök, a csapágybakok és a csapágyházak. Ahol a szerelési fugánál becsípést lehet érezni, ott változó hézagméret van – tehát lazaságot okozó elemet sikerült találnunk.

Ha sehol sem fedezhető fel a lazaságra utaló jelenség, akkor – kizárásos alapon – a tengely csapágyaiban túl nagy hézag lehet, vagy magában a forgórészben van a lazaság.

Rahne Eric

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