

## Gépalapok, szerkezetek vizsgálata mozgás megjelenítéssel

A piaci verseny a gépek megbízhatóságának növelésére kényszeríti az ipart, ezáltal elősegíti a diagnosztikai módszerek körének szélesedését és elterjedését. Az alkalmazott diagnosztikai eljárások közt a viszonylag nagy múltra visszatekintő rezgésméréseken alapuló technikák ma is vezető szerepet játszanak. Ez nem csupán a múltnak köszönhető, az esetek jelentős többségében műszakilag is feltétlenül indokolt. A rezgés alapú diagnosztikai eljárások az információ feldolgozásának szempontjából is igen változatosak. Egy a sok közül a mérési helyek térbeli mozgását számítógép segítségével megjelenítő animációs vizsgálat.

### A mozgás-animációs vizsgálatok alapfogalmai és módszere

A rezgésvizsgálati módszerek legnagyobb része az **állandósult** rezgések vizsgálatával foglalkozik. Ez alatt azt kell érteni, hogy a vizsgálat feltételezi, hogy a mérés kori mintavétel jól leírja a gép, vagy más vizsgált objektum mindenkorin viselkedését. Ez **periodikus rezgőmozgás** esetén teljesül, amiről akkor beszélünk, ha a mérési pontok mozgása egy meghatározott vonatkoztatási hely környezetében, meghatározott térbeli pályán történik, és meghatározott idő, az ún. **periódusidő** elteltével állandóan ismétlődik.

Egyszerű esetben, olyan rezgőmozgás esetén, ahol a térbeli pálya ellipszis alakú, a rezgőmozgás leírható a tér megfelelően megválasztott három (célszerűen három egymásra merőleges) irányában megadott **amplitúdó** és hozzárendelt **fázis** értékkel. Ilyenkor a három irány-összetevő időfüggvénye szinuszos.

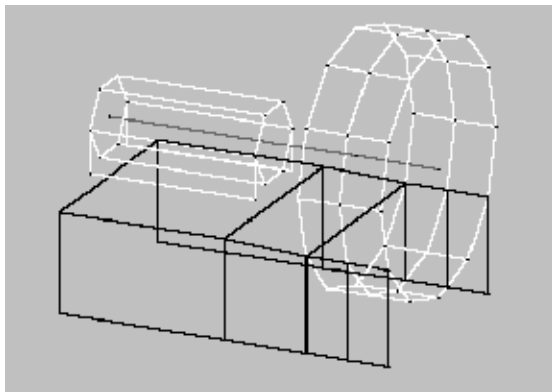
A **fázis** azonos frekvenciájú időfüggvények közt értelmezhető jellemző, az egymáshoz viszonyított időbeli eltolódást jelenti. Általában fokokban adjuk meg a teljes periódust 360 foknak tekintve. A fázis értelmezése mindig egy referencia jelhez képest történik. Amennyiben a vizsgált rezgést egy forgógép gerjeszti, úgy általában a gép tengelyén elhelyezett fényvisszaverő csík, és egy optikai elven működő fázismérő eszköz biztosítja a méréshez szükséges fázist. Természetesen más módszer, pl. mágneses elven működő is létezik erre a célra.

Amennyiben a periodikus rezgőmozgás pályája bonyolultabb, a rezgés irány-összetevők valamelyikének, vagy közülük többnek is a szinuszosztól eltérő az időbeli lefolyása. Fourier transzformációval az összetett periodikus függvények szinuszos összetevőkre bonthatók, a fázis információ azonban csak az alapharmonikus többszörösekként megjelenő összetevők esetében kezelhető.

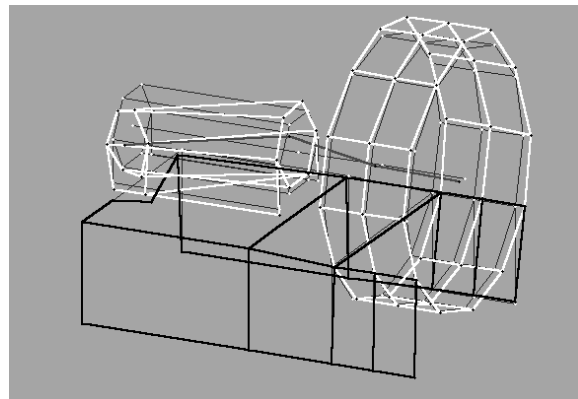
A jelenleg használt animációs szoftverek csak külön-külön képesek az egyes frekvencia-összetevőkön mért adatok megjelenítésére, ezért előzetes rezgésvizsgálattal, fontos a domináns, vagy a számunkra érdekes rezgésösszetevők meghatározása.

Az animációs technika a rezgés egyes domináns összetevőinek pontonként a tér három irányában mért nagyságát és a hozzájuk tartozó fázis adatot használja fel a vizsgált pontok egymáshoz viszonyított térbeli mozgásának meghatározásához. Mindez kiegészül egy a pontok térbeli helyzete alapján számítógépes programmal elkészített térbeli modellel, amelynek megfelelő pontjait az érthetőség kedvéért összekötjük. A modell pontjaihoz rendelve az amplitúdó és fázis adatokat, a szoftver mozgó ábrát állít elő. A mozgás látható

mértékűre nagyított és lassított, illetve a térbeli modell megfelelő nagyságúra kicsinyített. Az előzőek miatt a kialakuló animációs ábra valójában csupán egyes mozgásösszetevőket jelenít meg a geometriai méretekhez képest nagyságrendekkel „eltúlzott” mértékben.



*Animációs vizsgálat geometriai modellje*



*A modell mozgás közben*

Az ismertett módszer nagy segítséget nyújt a vizsgált rendszerek mozgásának megértésében, a rendellenességek felismerésében. Mivel az eljárás munkaigényesebb az „egyszerű”, hordozható műszerrel gyűjtött adatok megfelelő szoftverrel történő értékelésénél, felhasználási területe általában nem a gyakori, az irodalomban számos helyen leírt viselkedésű géphibák felderítése, hanem az ezeknél általában több fejtörést okozó gépalapok, gépvázak, födémek és más szerkezetek repedéseinek, nem megfelelő szilárdságának ill. konstrukciójának és egyéb problémáinak feltárása. Különösen nagyszámú mérési pont esetén segít a vizsgált rendszer viselkedésének megértésében.

Szerkezeti repedés esetén a repedés két oldalán egymáshoz közel lévő mérési pontok mind kitérés, mind fázis szempontjából jelentős eltérésű mozgást végeznek, míg rendszeren az ilyen pontoknak hasonló amplitúdóval és fázissal kellene mozogni.

A gépalapokkal szemben követelmény, hogy nagy tömegük révén csillapítsák a rájuk épített gépek rezgéseit. A repedések következtében a gépalapok a repedés alatti részen nem csillapítanak megfelelő mértékben, hiszen ez a rész nincs megfelelő kapcsolatban a hordozott géppel. Ilyenkor a gépalap viselkedése olyan mintha tömege jelentősen kisebb lenne. A repedésekre általában jellemző a folyamatos terjedés, és a technológiától függően olaj ill. víz bejutás is gyakori.

Gépvázaknál és más fémszerkezeteknél a helyzet hasonló. Itt a repedések hatására létrejövő sajátfrekvencia változás is komoly gondok forrása lehet. Amennyiben egy gépváz nem repedt, csak egyszerűen alulméretezett, túl gyenge, az gyakran vezet a gép működéseinek nehezen kideríthető zavaraihoz, például okozhatja egy gép egytengelyűségének forgás közbeni jelentős dinamikus változásait, miközben álló helyzetben megfelelő egytengelyűséget mérünk.

## **A vizsgálat menete**

A szükséges mérőrendszer tehát rezgésérzékelőből (jó szolgálatot tehet ilyenkor egy triaxiális – mindhárom irányban mérő érzékelő), fázismérő eszközökből, valamint rezgés és fázis mérésére alkalmas adatgyűjtő műszerből áll, amely kiegészül egy a mért adatok megjelenítésére alkalmas szoftverrel.

Mindenekelőtt azonban meg kell határozni a mérési pontok helyét, amit úgy célszerű megválasztani, hogy mind a méréskor a lehető legtöbb információt nyújtsa, mind pedig megjelenítéskor segítse az animációs ábra felismerését. A pontok meghatározását követően, helyszíni mérések alapján a számítógépen elkészítjük a geometriai modellt. A jobb érthetőség érdekében olyan pontokat is meg lehet jeleníteni a modellen, amelyhez később nem rendelünk mérési adatot, ilyen esetben ezek a pontok nem fognak mozogni, mégis egyértelműbbé teszik a látottakat. Az is megtehető, hogy egyes pontokhoz a környező pontok mért adatai alapján magunk rendelünk adatokat például interpolációs módszerrel. Olyan gépek esetén, amelyeknek üzemi normális rezgésszintje jelentősen magasabb a hibára utaló összetevőknél, így a látottak értékelését zavarná, vagy lehetetlenné tenné, kivonhatunk egyes mozgásösszetevőket a megjelenítésből.

Egyes esetekben gondot okozhat a fázis mérése, például olyankor, amikor a vizsgált szerkezet rezgését nem egy forgógép kelti, vagy nem a forgási frekvencia egész számú többszörösén jön létre, esetleg nincs olyan géprész, amelyről le tudnánk venni a fázisjelet. Bizonyos mérés technikai módosításokkal ilyen esetekben is lehet megoldást találni. Problémásabb az az eset, amikor egy szerkezetet, például egy fődémet több gép együttes rezgése gerjeszt. Ilyenkor általában a gépek fordulatszáma nem azonos, így ha az egyikhez szinkronizáljuk a mérést, fontos információk veszhetnek el. Szükség esetén tehát a fázismérés nélkül is elkészíthetjük az animációs ábrát, amelyen ilyenkor csak a pontok kitérésének nagysága, és mozgásának iránya lesz helyes. Sokszor az így kapott eredmény is több információt nyújt, mint más módszerek.

Mint láthattuk az animációs technika segítségével egy összetett rendszer nagyszámú mérési pontjához rendelt adatok sokasága jól értelmezhető információvá áll össze.

## **Esettanulmányok**

### **1. Gázturbina-turbókompresszor egység animációs vizsgálata**

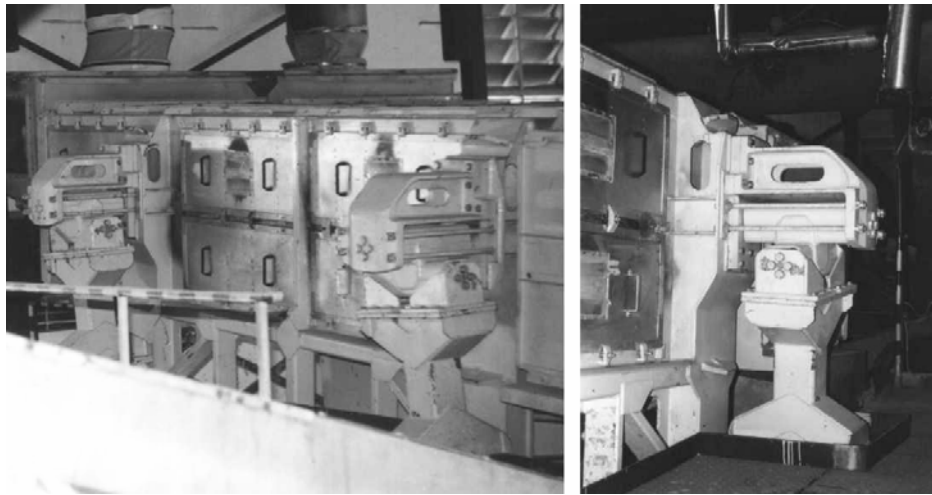
A címben szereplő gép esetében a legnagyobb problémát az jelentette, hogy forgó tengelyszakasz sehol sem volt látható, mindenütt burkolva volt. A gépen eredetileg elhelyezett fordulatszám érzékelő jelét nem lehetett használni, mivel annak frekvenciája a gép forgási sebességének sokszorososa volt, és a jelalak sem felelt meg.

A megoldás a következő lett: a gép egy meghatározott pontján, - ahol a forgási frekvenciás rezgésösszetevő jelentős nagyságú volt és a környezetében nem voltak zavaró csúcsok, - elhelyezett rezgésérzékelő jelét a forgási frekvenciának megfelelő szűk sávban sáváteresztő szűrőn keresztül megszürték, majd az így kapott gyakorlatilag szinuszos időfüggvényt mérés technikailag megfelelően átalakítva (pl. négyszögjellé – ez a használt műszertől is függ) használták fel fázis referenciának.

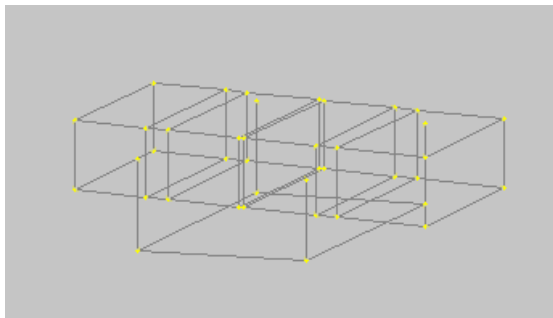
A megoldás alkalmazható minden olyan esetben, ahol forgó géprészről nem lehet fázis információt szerezni a hozzáférhetetlenség miatt. Szintén jó megoldás abban az esetben, amikor a fő gerjesztő frekvencia nem a forgási összetevő, hanem pl. egy fogkapcsolódás kelti.

## 2. Faipari osztályozó szita

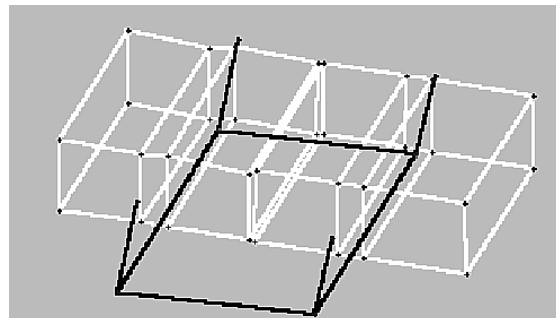
A gép méretei  $5500 \times 2500 \times 1250$  mm, meghajtása excenteres, alulról történik, a felfüggesztés csuklós lábakkal van megoldva.



A szita esetében a feladat a vázkeret több helyről kiinduló repedésének felderítése volt korai szakaszban. A fő problémát az üzemszerűen magas rezgésszint jelentette, mivel ehhez viszonyítva a repedésekre utaló ellenfázisú mozgások mértéke igen kicsi, így a mozgás-megjelenítés nem segíti a hibazonosítást.

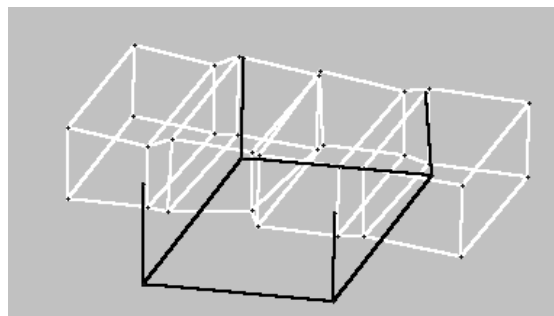


**A gép geometriai modellje**



**A modell mozgás közben**

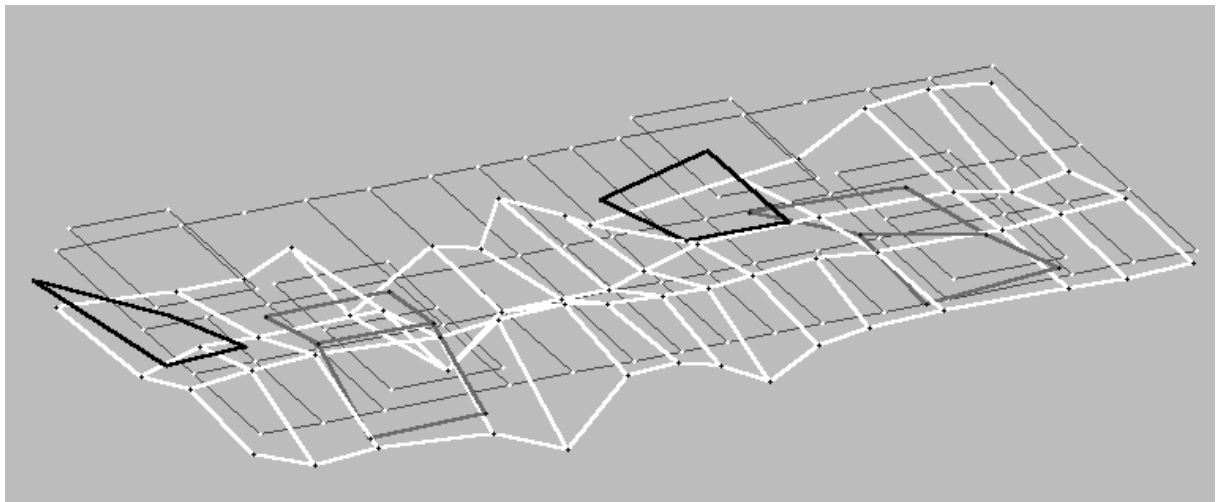
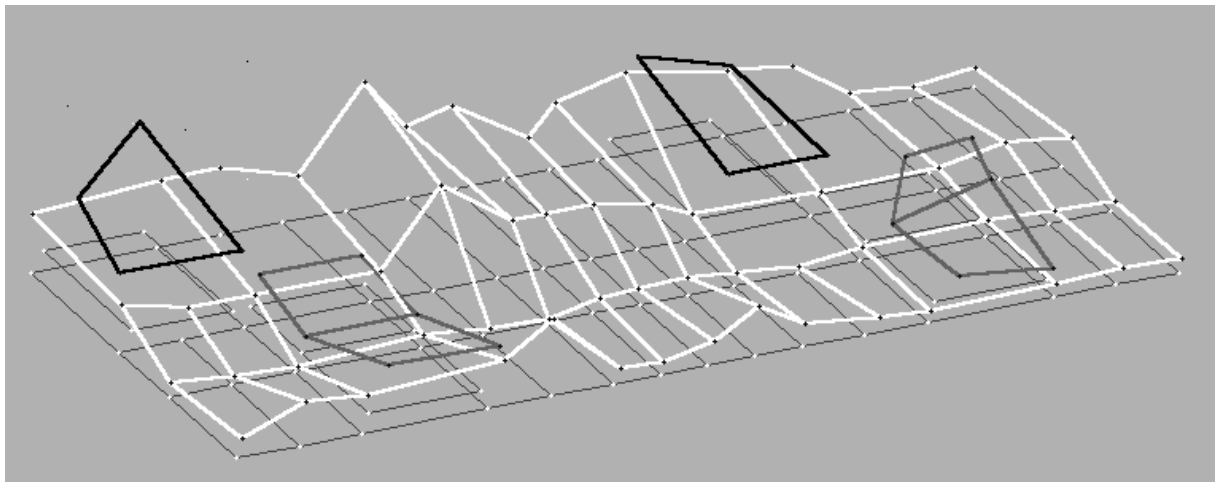
A probléma megoldása ebben az esetben az üzemi rezgésösszetevő „eltüntetése”, kivonása volt az összes rezgésből. Az egyes pontokon mindhárom irányban ismertek az amplitúdó adatok, így ami minden ponton megjelenik, az az üzemi rezgésösszetevő. Ez a szoftverben kivonható a valóságosan mért adatokból, és mivel minden pont adataiból ugyanazt az értéket vontuk ki, az eredmény a repedésekre jellemző valóságos mozgást tartalmazza. A megfelelő erősítés mellett ez már jól értékelhető, és a hibákra utaló mozgóképet biztosít.



**A zavaró összetevő kiszűrése után**

## Födém mozgás-megjelenítése fázis információ nélkül

A tárgyalt esetben egy födém-lemezt vizsgáltunk, amelynek repedéseit két azonos felépítésű gép magas rezgése okozta. A két gép hasonlósága, és közel azonos fordulatszáma ellenére, az aszinkron meghajtó motorok miatt a fordulatszámok nem teljesen azonosak. Ennek egyik következménye az alacsony frekvenciájú rezgés erősödés és csökkenés, a másik pedig a fázis információ elvesztése két gépes üzemelés mellett. A vizsgálat elvégzése külön-külön csak egyes esetekben jó megoldás, de mindenképpen dupla munka. A másik lehetőség a vizsgálat elvégzése két gépes üzemben, fázis információ nélkül. Mindkét esetben történik információvesztés, de a következmények megítéléséhez sokszor az utóbbi a jó megoldás, mivel az épületek károsodásával elsősorban a rezgés mértéke áll összefüggésben.



*Két gép által gerjesztett födém mozgásának szélső helyzetei  
fázis adat nélkül megjelenítve*