

Rezgésmérés alapjai

Borbás Lajos

Rezgésnek nevezzük azt a jelenséget, amikor egy test, vagy annak része egy referencia ponthoz viszonyítva kitérést végez, amely meghatározott ideig fennmarad.

A periodikus rezgések legegyszerűbb formája a harmonikus mozgás, amely időben változó folyamatként pl. egy szinusz függvényvel ábrázolható.

A rezgés frekvenciája az alábbi egyszerű összefüggéssel írható le:

$$f = \frac{1}{T}$$

ahol T a rezgés periódusideje (két egymást követő szinusz hullám azonos pontjai közötti távolság).

A harmonikus mozgás három mennyiséggel jellemezhető, nevezetesen: elmozdulás, sebesség, valamint gyorsulás. Egyszerű, egyenes vonalú szinuszos rezgés esetén az elmozdulást leíró összefüggés:

$$y = A \cdot \sin(\omega t)$$

Ahol: A a szinusz hullám maximális kitérése, az amplitúdó, ω a körfrekvencia.

$$v = \frac{dy}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2 y}{dt^2} = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

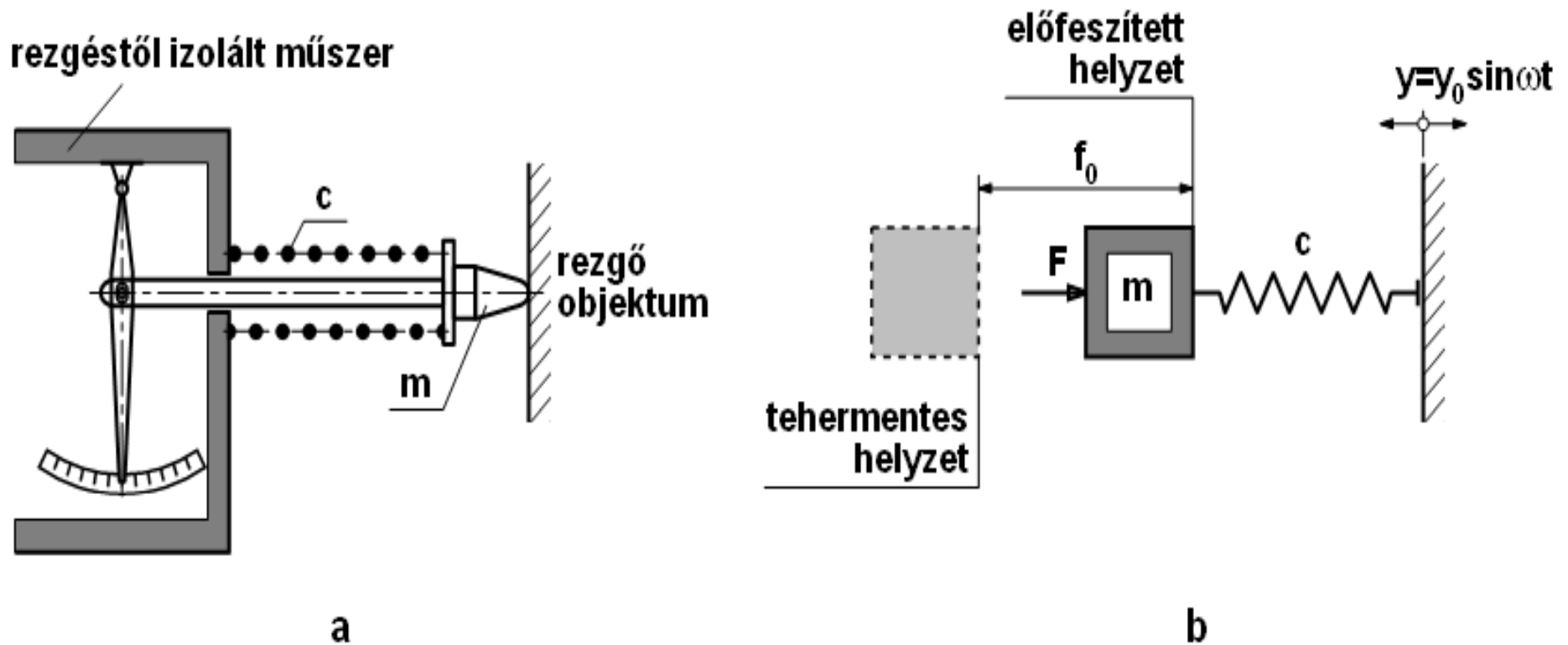
Nem harmonikus rezgések esetén a feladat visszavezethető (pl. Fourier analízis alkalmazásával) – mint különböző frekvenciájú szinuszos rezgések kombinációja –szinuszos folyamatként történő kezelésre.

A rezgések vizsgálata alapvetően mechanikai, valamint optikai elven mérő eszközökkel lehetséges.

A mechanikai elven mérő rezgésmérők két részre oszthatók: relatív (rögzített, kötött bázisú), valamint abszolút (szeizmikus) rezgésmérő berendezések.

Az optikai elven működő rezgésmérők valamilyen interferencia jelenség felhasználásával jelenítik meg a vizsgált szerkezet rezgésállapotát.

A relatív rezgésmérő berendezések jellemzője a rezgésmentes, környezeti hatásoktól elszigetelt módon elhelyezett mérőberendezés, melynek egy lehetséges elvi elrendezése, valamint mechanikai modellje látható:



A vizsgált testhez csatlakozó mérőcsúcs megfelelő előfeszítésével (F , amelyhez f_0 terheletlen helyzetből mért elmozdulás tartozik) biztosítható annak mérés alatti állandó kapcsolata a vizsgált testtel.

Szinuszos jellemzőkkel rendelkező harmonikus rezgés ($y=y_0\sin(\omega t)$) esetén a mérőcsúcsra felírható mozgásegyenlet:

$$m \cdot a = F - \frac{1}{c} [f_0 - y_0 \cdot \sin(\omega t)]$$

Ahol: c a rugóállandó,
 f_0 az előfeszítő erőhöz tartozó elmozdulás.

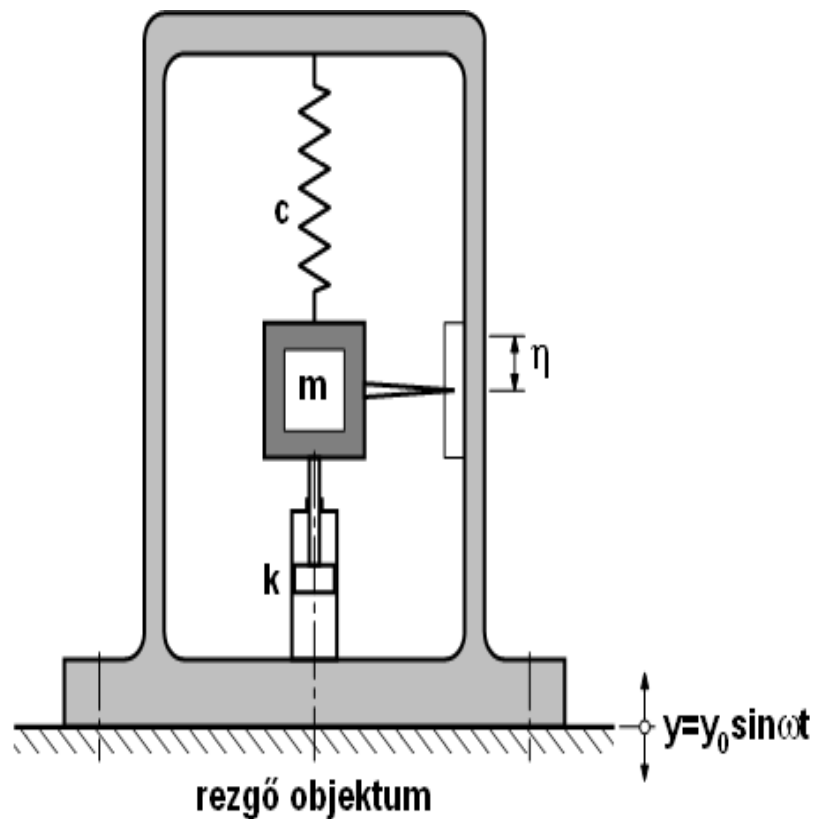
A rugó-tömeg rendszer rezonancia frekvenciájának ($\alpha^2 \cdot 1/mc$), valamint a gyorsulás ($a = -y_0 \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$) behelyettesítésével a mérőcsúcson kifejtett nyomóerőre kapjuk:

$$F = \frac{1}{c} \left[f_0 - y_0 \sin(\omega t) \cdot \left(\left(\frac{\omega}{\alpha} \right)^2 - 1 \right) \right]$$

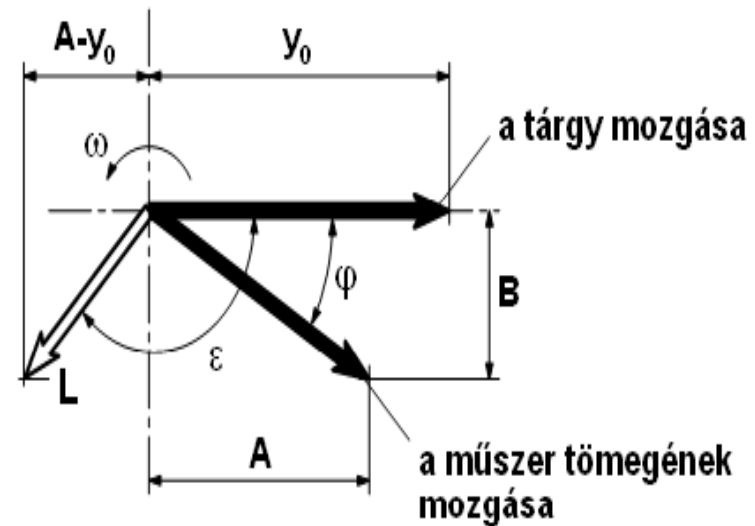
az f_0 szükséges értékére F pozitív tartománya esetén kapjuk

$$f_0 \geq y_0 \left[\left(\frac{\omega}{\alpha} \right)^2 - 1 \right]$$

Az abszolút rezgésmérő eszközöket használjuk abban az esetben, amikor rezgésmentes környezet – amihez viszonyítva vizsgálatainkat elvégezhetjük – nem áll rendelkezésre. Az abszolút rezgésmérő berendezés elvi elrendezését látjuk:



a



b

A rendszerben elhelyezett tömeg, rugó, valamint csillapító elemekre az alábbi mozgásegyenlet írható fel

$$m \frac{d^2 \eta}{dt^2} = -\frac{\eta - y}{c} - k \cdot \left(\frac{d\eta}{dt} - \frac{dy}{dt} \right)$$

Ahol: k a rendszer csillapítási tényezője,
 c a rugóállandó

A harmonikus mozgás amplitúdójának, valamint a rezonancia frekvencia összefüggésének behelyettesítésével a műszer által mutatott rezgés-amplitúdóra (η) kapjuk

$$\eta = A \cdot \sin(\omega t) + B \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) = K \cdot \sin(\omega t + \varphi)$$

A műszer által mutatott rezgés-amplitúdó (η), valamint a műszerház rezgés-amplitúdójának (y) különbsége

$$\eta - y = L \cdot \sin(\omega t + \varepsilon)$$

a forgó vektor (L) az alábbiak szerint határozható meg

$$L = \sqrt{(A - y_0)^2 + B^2}$$

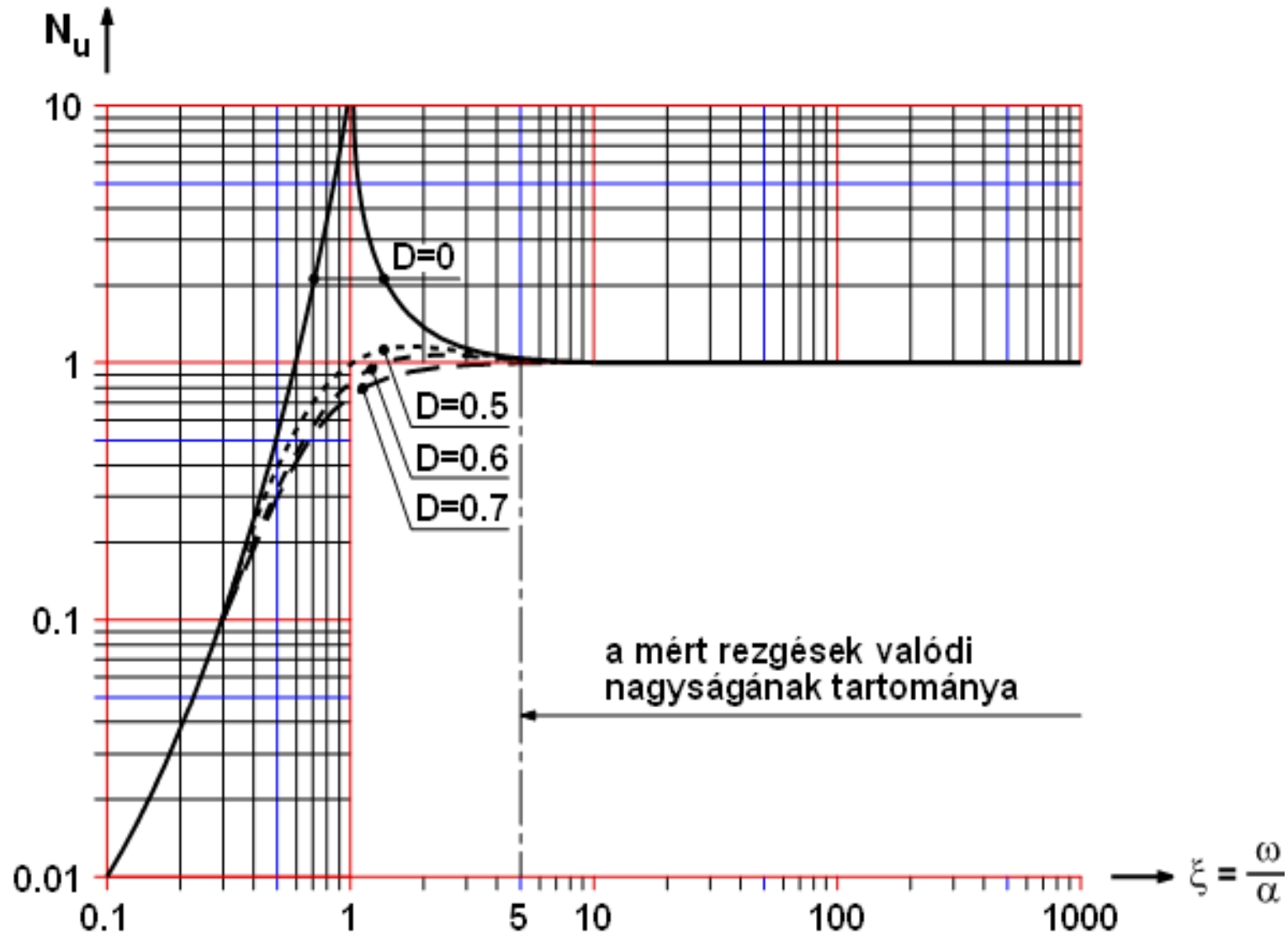
Az elmozdulás nagyítási tényezője (N_u) az alábbiak szerint számítható

$$N_u = \frac{L}{y_0} = \frac{\xi^2}{\sqrt{(1 - \xi^2)^2 + 4 \cdot D^2 \cdot \xi^2}}$$

ahol $\xi = \omega / \alpha$,

$$D = \frac{k}{2 \cdot m \cdot \alpha} \quad \text{az un. Lehr féle csillapítás}$$

A nagyítás függvényt az ω/α függvényében ábrázolva, különböző csillapítások (D) esetén



A mérések gyakorlati megvalósítása során a vizsgált mechanikus gyorsulásokat elektromos mennyiséggé alakítva, a jeleket megfelelő módon erősítve, gyakran digitalizált formában történik azok rögzítése és feldolgozása.

A mérőegységek – gyorsulásmérők – többnyire piezo-elektromos quartz kristályok, melyek jellemző módon nyomásra, vagy nyírásra vannak terhelve a mérőfejben.

A piezo-elektromos gyorsulásmérők elvi felépítése

Nyírásra terhelt
piezó quartz

Támasztó
oszlop

előfeszítő
rugó

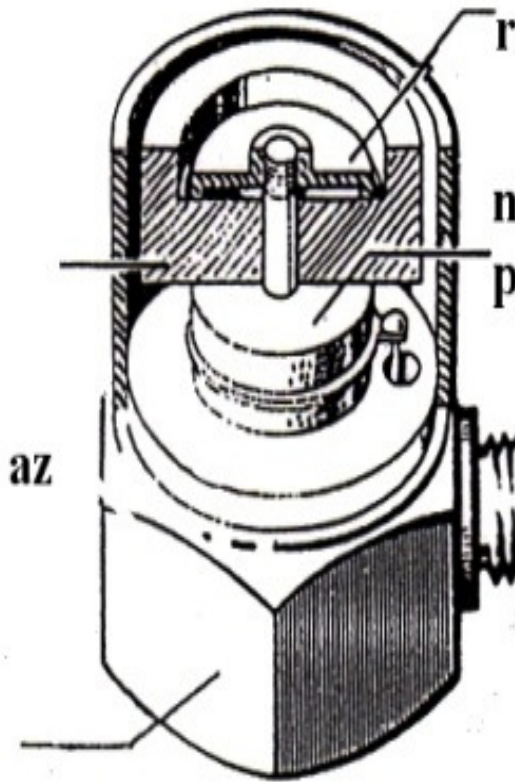
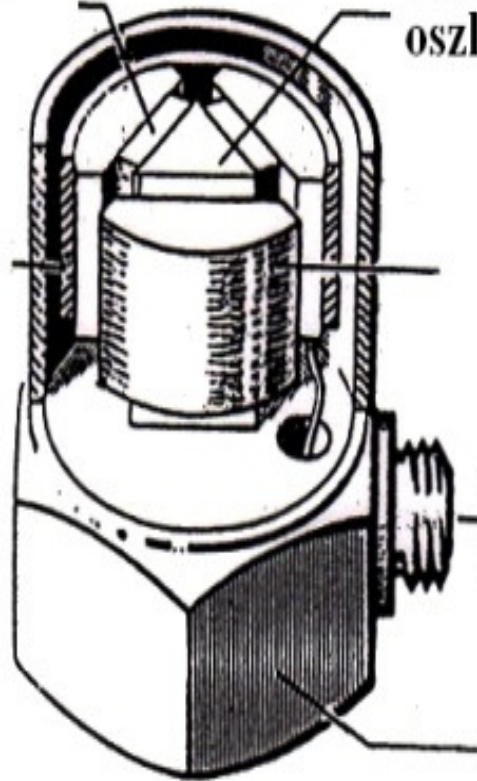
Tömeg

nyomással terhelt
piezó quartz

Csatlakozó az
erősítőhöz

Csatlakozó az
erősítőhöz

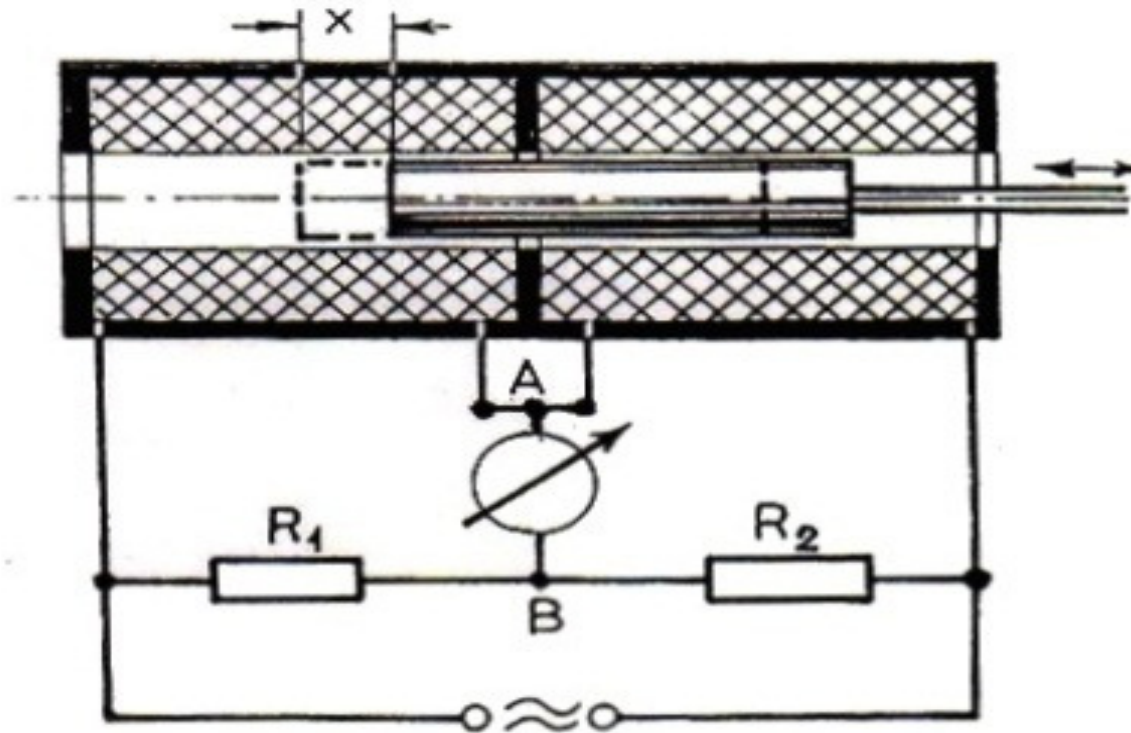
Érzékelő
test



Léteznek induktív elven működő mérőegységek is, melyek elvi felépítése hasonló az elmozdulás mérőknél megismertekkel.

Az induktív elven működő gyorsulás érzékelők működési elvét láthatjuk a következő ábrán.

Induktív gyorsulás érzékelő



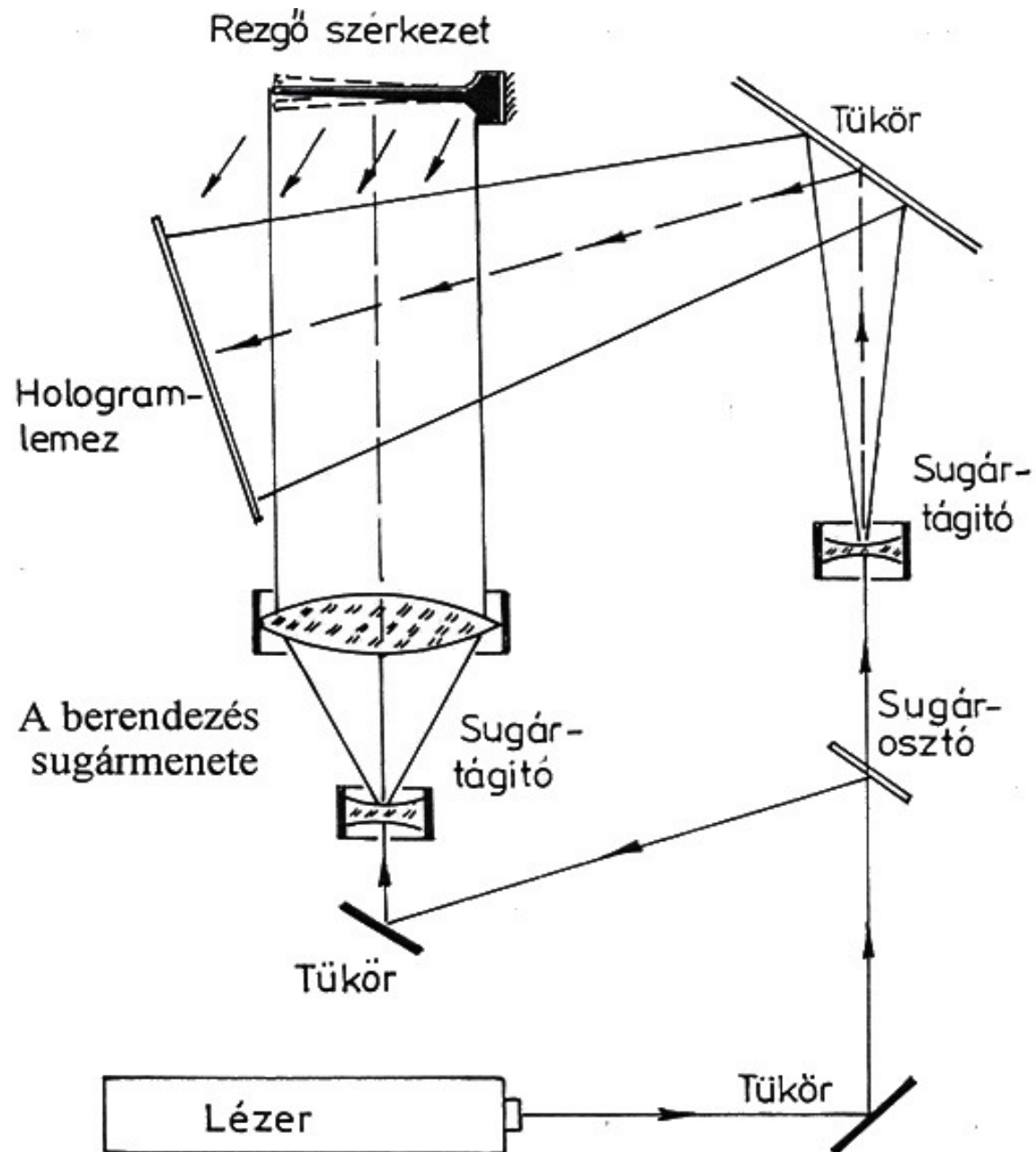
A mérőfejek ragasztással, vagy mechanikus (pl. csavar, mágnes) kapcsolattal vannak rögzítve a vizsgált szerkezeti elem felszínére. Úgy a mérőelemek, mind az érzékelők (szenzorok) megfelelő rögzítése alapfeltétele a korrekt gyorsulásmérésnek

Az optikai elven mérő – érintkezés-mentes – rezgésmérők legegyszerűbb változata egy meghatározott geometriai jellemzőkkel elkészített, a szerkezetre felfestett mérőék rezgésképének megfigyelése, és rögzítése fényképezési úton.

A pontosabb mérőberendezések vagy a holografikus interferometria mérési elven működőnek, vagy lézer dopler interferometrán alapuló készülékek. Mindkét esetben a vizsgált szerkezet felszínének elmozdulás-mezeje kerül rögzítésre, amely alapján a felszín deformációja kiértékelhető.

A holografikus eljárások közül legismertebb az Average-time holográfia, melynek mérési összeállítást, valamint az eljárással mért rezgésképek jellegét látjuk a következő ábrákon.

Average-time holográfia



Egy turbina lapát rezgésképének részlete

