

A rezgés- ill. gyorsulásérzékelők kiválasztása

Szerző: Rahne Eric, okl. villamosmérnök

Copyright © PIM Profeszionális Ipari Méréstechnika Kft.

A mérések pontosságával szemben támasztott egyre nagyobb követelményeket a modern analóg és digitális mérőeszközök kielégítik, de csak akkor, ha a mérőlánc többi eleme is teljesíti azokat a követelményeket. A mérés összpontossága tehát gyakran a helyes mérési elrendezésén, a megfelelő kábelezésén és az érzékelő kiválasztásán múlik. Nagyon gyakori a rezgés ill. a gyorsulás mérése, melynek pontossága elsősorban a mérési elvtől, tehát az érzékelőtípus kiválasztásától függ. A következő cikk a jelenleg piacon lévő érzékelőtípusokat és legfontosabb jellemzőiket mutatja be.

Minden rezgésmérés gyorsulásérzékelésen alapul, melynek matematikai összefüggése:

$$a = dv/dt = d^2s/dt^2 \quad \text{ahol} \quad \begin{array}{l} a \dots \text{gyorsulás} \\ v \dots \text{sebesség} \\ t \dots \text{idő} \\ s \dots \text{út} \end{array}$$

Méréstechnikai szempontból alapvetően három gyorsulástípust különböztetünk meg:

1. lineáris gyorsulás: $a = dv/dt$ » állandó
2. rezgés gyorsulás: $a = dv/dt$ ' állandó, $a(t) = x \cdot \sin \omega t$
3. sokk: $a = dv/dt$ ahol $a(t < t_0) = 0$,
 $a(t_0) \ll 0$ vagy $a(t_0) \gg 0$,
 $a(t > t_0) = 0$

Alapvetően mindegyik gyorsulástípus egy bizonyos érzékelőtípust ill. érzékelési elvet kíván.

A hagyományos érzékelők működése a Newton-törvényen alapul, amely egyenletben kifejezve a következő alakot ölti:

$$F = M \cdot a \quad \text{ahol} \quad \begin{array}{l} a \dots \text{gyorsulás} \\ F \dots \text{erő} \\ M \dots \text{tömeg} \end{array}$$

Ebből az egyenletből a hagyományos gyorsulásérzékelők funkcionális elemei levezethetők: A mérendő egység a gyorsulás. Ez a gyorsulás egy szeizmikus tömegre hat, amely erőhatást fejt ki az érzékelőelemre. Az érzékelőelem ezt az erőt villamos jellé alakítja át. Működési elve alapján többféle érzékelőtípus létezik. Ezek a következők:

1. Piezoelektromos érzékelők kvarz- ill. kerámiaalapú érzékelőelemmel

Az érzékelők a kvarz- ill. kerámiaalapú érzékelőelem töltésgeneráló tulajdonságát használják ki. Az érzékelőelem véges ellenállása (kisütése) miatt ezek az érzékelők csak dinamikus gyorsulások (rezgések) és sokk mérésére alkalmazhatók. A kimeneti jel villamos töltés (Charge Mode típusú érzékelőknél) ill. feszültség (ICP-típusú érzékelőknél, melyek beépített töltéserősítővel rendelkeznek). Mindkét típusú kivitelnek különleges - egymást részben átfedő - alkalmazási területei vannak.

2. Piezorezisztív érzékelők nyúlásmérőalapú érzékelőelemmel

Ennél a típusnál az érzékelőelemet párhuzamosan rögzítik egy az érzékelőben lévő rugós rendszerrel. Mechanikus terhelés esetén megváltozik az ellenállása. Megfelelő táplálás esetén a kimeneti jel feszültség. A piezorezisztív érzékelők lineárgyorsulás, rezgés és sokk mérésére egyaránt alkalmazhatók.

3. Kapacitív gyorsulásérzékelők

Itt a szeizmikus tömeg egy rúgóként szolgáló kondenzátorra hat, melynek kapacitása az erőhatás nyomán változik. Az érzékelőbe beépített kapacitásmérőhíd szolgálja a gyorsulással arányos kimeneti feszültségjelet. Az ezen az elven felépített érzékelők lineáris gyorsulások és viszonylag lassú (alacsonyfrekvenciás) rezgések mérésére kiválóan alkalmazhatók.

4. Induktív gyorsulásérzékelők

Az érzékelők egy differenciáltranszformátorra épülnek, melynek magja szeizmikus tömegként szerepel és gyorsulás hatására az induktivitást megváltoztatja. Az így felépített érzékelők lineáris gyorsulások és lassú (alacsonyfrekvenciás) rezgések mérésére alkalmazhatók.

A méréshez alkalmazható érzékelő ill. érzékelőtípus kiválasztása természetesen elsősorban a mérendő gyorsulástípus (lineáris gyorsulás, rezgés, sokk) alapján történik. Ezenkívül ugyanolyan fontos a környezeti hatások (hőmérséklet, szennyeződés stb.) figyelembevétele és az érzékelő maximális méretének és súlyának betartása a rezgésértékek ill. a rezgőrendszer sajátfrekvenciája megváltozásának kikerülése érdekében. Továbbá a várható mérési tartomány figyelembe veendő mind a gyorsulásértékek, mind a frekvenciatartomány szempontjából.

A felsorolt kiválasztási szempontok alapján viszonylag egyértelműen megtalálható a mindenkor mérési feladat megoldására legalkalmasabb érzékelőtípus. A mérés pontossági követelményeinek megfelelően a következő érzékelőparaméterek is figyelembe veendők:

- az érzékelő linearitása és felbontása
- az érzékenység frekvenciamenete
- az érzékenység hőmérsékletfüggése
- az oldalirányú gyorsulásérzékenység
- mérési hiba hajlítás miatt (Base Strain)
- mérési hiba ugrásszerű hőmérsékletváltozások miatt

A következő táblázat tartalmazza a kereskedelmi forgalomban kapható érzékelőtípusok határadatait.

	piezoelektro-mos érzékelő töltéskimenettel	ICP-típusú piezoelektro-mos érzékelő	piezorezisztív gyorsulás-érzékelő	kapacitív gyorsulás-érzékelő	induktív gyorsulás-érzékelő
mérési gyorsulástartomány (g)	100.000	100.000	200.000	600	50
frekvenciatartomány (Hz)	0,2 ... 900.000	0,2 ... 50.000	0 ... 150.000	0 ... 1.000	0 ... 1.000
legkisebb súly (gr)	0,1 ... 0,15	0,1 ... 0,15	1	10 ... 15	15 ... 20
hőmérséklet-tartomány (°C)	-270 ... +650	-270 ... +200	-25 ... +95	-55 ... +120	-10 ... +60
táplálás	---	áram-generátor	feszültség-generátor	szabályozatlan feszültség	vivőfrekvenciás generátor
kiértékelés	töltéserősítő	kapacitív csatolás	híderősítő	feszültségmérő	vivőfrekvenciás mérőerősítő
Base Strain (g/úinch/inch)	0,0005 ... 0,1	0,005 ... 0,1	$2 \cdot 10^{-5}$	(< 0,5 %)	---
oldalirányú érzékenység (%)	< 5	< 5	< 3	0,005g/g	0,003g/g

A mérések minél egyszerűbb kivitelezhetősége miatt ezenkívül olyan érzékelők alkalmazása előnyös, melyek hermetikusan zárt kivitelben készültek (a környezeti szennyeződésekre érzéketlenek amennyiben az érzékelő/kábelcsatlakozó megfelelően van kivitelezve) és földfüggetlenek (a nagy mérési hibát okozó földhurkok elkerülése érdekében).