

Forgójeladók

A forgójeladók választékában számos gyártó különböző szempontoknak megfelelő terméke megtalálható, ezért a felhasználónak a megfelelő típus kiválasztása néha nem kis nehézséget okoz. Ezen nehézségek áthidalásához próbálunk némi segítséget nyújtani alábbi cikkünkkel.

A forgójeladó egy elektromechanikus eszköz, amely sebesség (fordulatszám), elmozdulás (elfordulás), vagy pozíció érzékelésére szolgál.

A magyar terminológia nem egységes az eszköz megnevezését illetően, ezért itt most felsoroljuk a leggyakoribb hivatkozásokat, melyek többnyire ugyanarra az eszközre vonatkoznak: enkóder, kódadó, impulzusadó, forgóadó, forgójeladó, pozíció jeladó, szöghelyzet adó, szöghelyzet érzékelő, szöghelyzet kódoló, stb. Mi a továbbiakban forgójeladónak nevezzük az eszközt.



Forgójeladók (kép - Heidenhain)

Amint azt a továbbiakban részletezzük, a forgójeladó alkalmas a mozgás sebességének, irányának, nagyságának (távolságának), illetve tárgyak pozíciójának érzékelésére.

Alapvetően két fajtáját különböztetjük meg:

- Inkrementális (növekményes) forgójeladók
- Abszolút forgójeladók

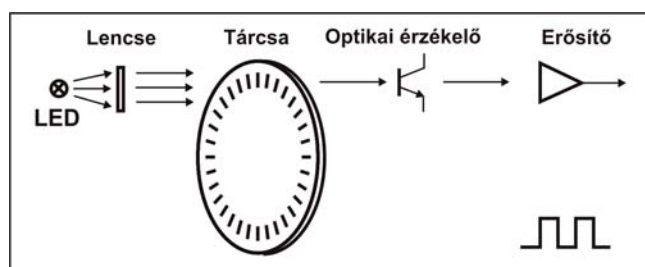
Inkrementális forgójeladók

Az inkrementális forgójeladók alapvetően mechanikai, optikai, vagy mágneses érzékelés elvén működnek. Az eszköz kialakulásakor elsősorban mechanikai, majd később optikai elven működő eszközöket gyártottak.

Napjainkban a technológiai fejlődés következtében egyre nagyobb számban jelennek meg a mágneses elven működő forgójeladók.

Optikai inkrementális forgójeladók

Az 1. ábrán egy optikai érzékelés elvén működő, inkrementális forgójeladó vázlatos belső felépítése látható. A fényforrás (pl. LED) által folyamatosan kibocsátott fény áthalad egy üvegtárcsa sugár irányban elhelyezett vonalai közötti átlátszó résen és a tárcsa ellentétes oldalán egy fényérzékeny eszköz (pl. fototranzisztor) érzékeli a tárcsán átjutó fényt. A tárcsa forgása modulálja a fénysugarat, melynek intenzitását a fényérzékeny eszköz érzékeli. A fényérzékeny eszköz kimenetén keletkező jelet a következő jelformáló és erősítő fokozat négyszög jellé alakítja. A tárcsa egy tengelyhez van rögzítve, melynek az elfordulását tudjuk érzékelni.



1. ábra

A tárcsa elfordulásakor keletkező négyszög alakú jelsorozat (2. ábra) frekvenciája a tárcsa forgási sebességétől és a tárcsán elhelyezett osztások számától függ.



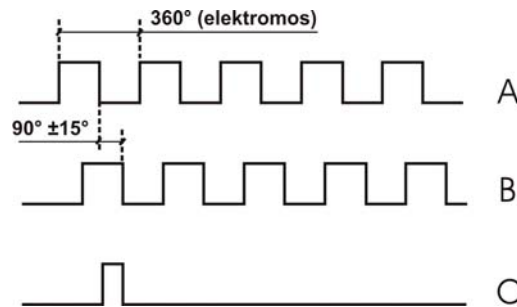
2. ábra

A kezdeti időkben a forgójeladóknak vékony fém tárcsákat használtak, melyeken furatokat helyeztek el a kerület mentén és ezeket a furatokat érzékelték először mechanikusan, majd később optikai úton. Belátható, hogy az ilyen módon megvalósított eszközökben az egy körforduláshoz tartozó osztások száma nem lehetett nagy és az osztások számát csak a tárcsa átmérőjének növelésével lehetett növelni. Az igény a nagyobb osztásszámra és a méretek csökkentésére hozta létre a fototechnikai, vagy kémiai eljárásokkal kezelt (maratott) üvegtárcsát. Manapság a tipikus üvegtárcsás forgójeladók tárcsáján 100...10.000 osztás található, ami megfelel $3,6^\circ \dots 0,036^\circ$ -os osztásnak.

Egy inkrementális forgójeladó, amely csak egyetlen impulzus csatornával rendelkezik, elég korlátozottan használható, mivel csak a jeladó tengelyének forgási sebességét tudja érzékelni.

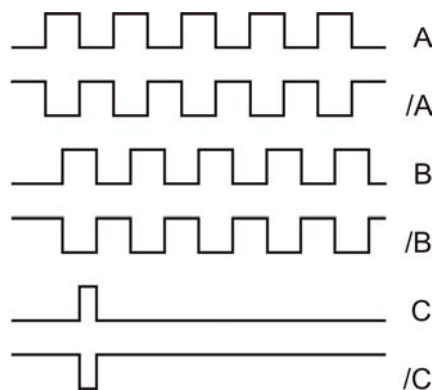
A legtöbb inkrementális forgójeladó több csatornával rendelkezik, mivel sok esetben a forgás sebességén kívül a forgás irányát is szükséges meghatározni.

A 3. ábrán látható az általánosan elterjedt A, B, és C csatornával rendelkező inkrementális forgójeladó kimeneti jele. Az A és B csatornák jelei egymáshoz képest 90° -os fáziseltolással rendelkeznek, aminek következtében meghatározható, hogy milyen irányban forog a tárcsa. A C csatorna jele teljes körfordulásonként csak egyszer jelentkezik, ezáltal pl. számolni lehet a teljes körfordulások számát.



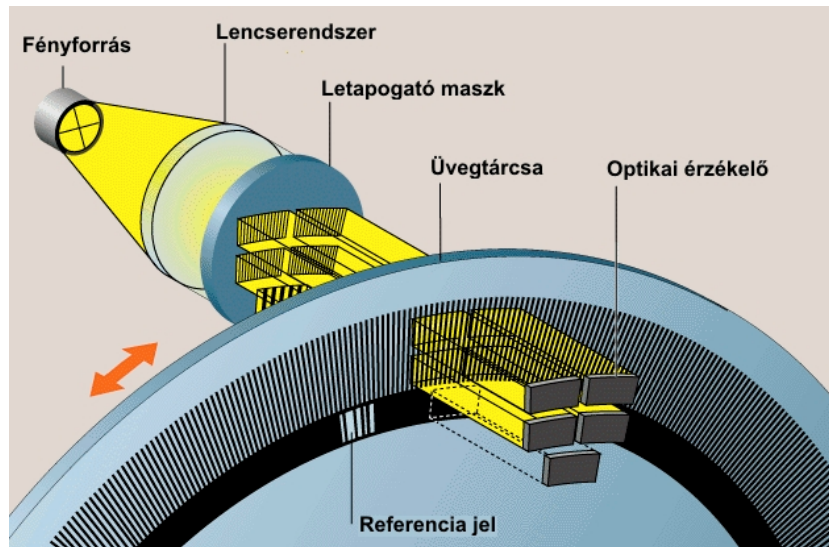
3. ábra

A forgójeladók leggyakrabban zajos ipari környezetben kerülnek felhasználásra, ezért fontos, hogy a forgójeladó kimenő jelei zavarvédettek legyenek a megbízható jelfeldolgozás érdekében. Ezt a zavarvédelmet különböző áramköri megoldásokkal lehet biztosítani (a későbbiekben részletesen ismertetésre kerülnek). A leggyakrabban alkalmazott megoldásban a kimenő jelek inverzét is előállítják (4. ábra). Az ilyen módon kialakított kimenő jelek nagy zavarvédeltséget biztosítanak



4. ábra

Mivel az inkrementális forgójeladók kimenetén csak impulzus sorozat jelenik meg, szükség van egy referencia (Home) pozíció rögzítésére, mely mintegy kalibrálja a jeladót és a továbbiakban minden elmozduláshoz referenciaként szolgál. A referencia pozíciót általában egy kapcsoló jel, valamint a C csatorna jelének (referencia jel) együttes jelenléte adja. A kapcsoló jelet mechanikus, vagy érintés nélküli kapcsoló szolgáltatja.



5. ábra (kép - Heidenhain)

A mechanikai felépítés vázlatos rajzán az A, /A, B, /B, és C csatorna van ábrázolva. Minden csatorna fizikai kialakítása pontosan megegyezik, csak olyan mechanikai eltolással elhelyezve, mely biztosítja a csatornák jelei közötti 90°-os eltolást. Ezzel a megoldással lehetővé válik több csatorna jel létrehozása egy tárcsaosztás sorral. A C csatorna számára különálló osztás van a tárcsán elhelyezve.

A forgójeladó pontossága, vagyis a jeladót jellemző mérési egység egy mechanikus körülfordulás (360° mechanikus) és a tárcsaosztások által képzett elektromos jel egy periódusának (360° elektromos) viszonyából számítható ki.

$$360^\circ \text{ (elektromos)} = \frac{360^\circ \text{ (mechanikus)}}{\text{a tárcsaosztások száma}}$$

Vagyis egy kimenő jel növekmény (inkrement) fizikai értéke a tárcsán elhelyezett osztások számától függ. Minél nagyobb az osztásszám, annál kisebb az egy növekményhez tartozó elfordulási szög, tehát pontosabb a mérés. A fázisban eltolt csatornák pontossága sok tényezőtől függ (csapágyazás, excentricitás, a tárcsa pontossága, a fényforrások és érzékelők elhelyezésének pontossága, az elektronika szórása, stb.) ezért az elméleti 90°-os értékhez képest eltérhetnek, de ez az eltérés nem haladhatja meg a $\pm 15^\circ$ -ot. Nagy pontosságú eszközöknél ez az érték nem nagyobb mint $\pm 2^\circ$.

Mágneses inkrementális jeladók

Mivel az optikai eszközök bizonyos környezeti feltételek mellett (por, ütés, rázkódás, magas páratartalom, kondenzvíz lecsapódás, magas hőmérséklet, stb.) korlátozottan, vagy egyáltalán nem alkalmazhatók, olyan eszközöket kellett kifejleszteni, melyek hasonló kimenő paraméterekkel rendelkeznek, de környezettel szembeni tűrőképességük lényegesen magasabb. Ezt a célt szolgálják az egyre jobban elterjedő, árban és műszaki paramétereiben is versenyképes mágneses elven működő forgójeladók.

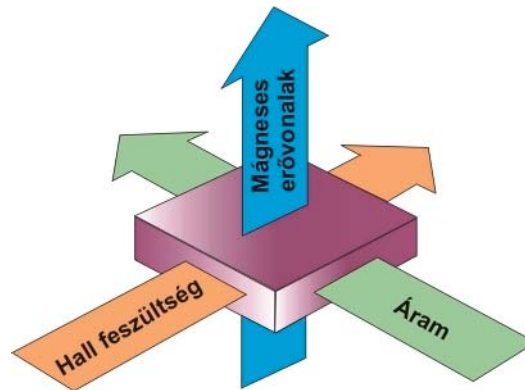
A mágneses elven működő inkrementális forgójeladókban is egy, a tengelyhez rögzített tárcsa elfordulását érzékelik.

Általában két metódus közül választanak: vagy a forgó tárcsa peremén elhelyezett mágnesezhető gyűrűt sűrű osztásokkal felmágnesezik és a pólusok (É-D) szenzor előtti elmozdulásából adódó mágneses tér változást érzékelik, vagy egy fixen elhelyezett, állandó mágnes által létrehozott mágneses mezőben keletkező változást érzékelik, amely változást egy sűrű fogazású acél tárcsa (fogazott kerék) fogainak elfordulása okozza.

A mágneses mező változása az érzékelőkben szinuszos jelet generál, amelyből egy speciális áramkör segítségével nagy felbontású négyszög alakú jelet állítanak elő. A mágneses érzékelők fizikai elrendezése – hasonlóan az optikai eszközökhöz – biztosítja a fázisban 90°-al eltolt kimenő csatornákat.

A mágneses mező változásának érzékelése leggyakrabban Hall elemes, vagy magnetorezisztív szenzorokkal történik.

A Hall szenzor működése a felfedezőjéről (E.H. Hall) elnevezett fizikai elven alapul. Ha egy félvezető lapkán áram folyik keresztül és a lapkát rá merőleges mágneses térbe helyezik, az áram folyására merőleges irányban a lapkán feszültség keletkezik. Ez a feszültség a Hall feszültség és a fizikai hatást hívják Hall effektusnak. (6. ábra)



6. ábra

A Hall effektust felhasználó Hall szenzorokban a félvezető és a kiértékelő áramkör egy szilícium lapkára van integrálva, a megvalósítás általában CMOS technológiával történik. A szenzorok fizikai kialakítása olyan, hogy a szenzor legnagyobb felületére merőleges mágneses fluxust érzékeljék.

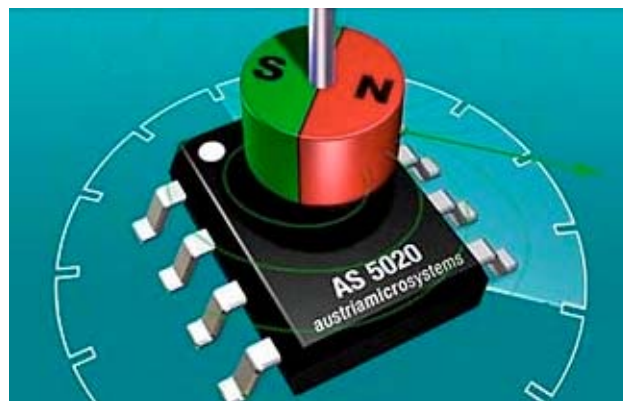
A Hall szenzorok két alapvető típusa a kapcsoló kimenetű és a lineáris kimenetű szenzor.

A kapcsoló kimenetű szenzorok tartalmaznak egy komparátort, mely egy meghatározott szintet meghaladó mértékű mágneses tér érzékelésekor bekapcsol, a mágneses tér meghatározott érték alá csökkenésekor, vagy hiányakor kikapcsol. Ezeket a szenzorokat útmérési, forgásérzékelési célra leginkább a kis felbontású, forgójeladóknak használják.

A lineáris kimenetű szenzorok analóg kimenő feszültséget szolgáltatnak, mely feszültség arányos a Hall érzékelő felületére merőleges mágneses fluxus sűrűséggel.

A Hall effektust felhasználó inkrementális forgójeladóknak lineáris kimenetű Hall szenzorokat használnak.

A felhasználó által specifikált ASIC áramkörök és a „System on Chip” áramkörök lehetővé teszik, hogy nagy sorozatban, viszonylag olcsón elő lehet állítani olyan speciális kialakítású integrált áramköröket, melyek egy áramköri tokban tartalmazzák a mágneses tér érzékeléséhez szükséges Hall szenzorokat és a kiegészítő elektronikát is.



7. ábra

Egy tengelyen elhelyezett, hengeres kialakítású, átmérő irányban kétpólusú mágnes forgását az ASIC-ban megfelelően elrendezett Hall szenzorok érzékelik. (7. ábra) A Hall szenzorok jelét az integrált jelfeldolgozó elektronika átadja a szintén integrált szignálprocesszornak. A beépített szignálprocesszor lehetővé teszi az eszköz programozását, ezáltal megválasztható a működésmód (inkrementális vagy abszolút) és a kimenő jel jellege is (analóg, SSI, impulzus).

Az egyszerű mechanikai kivitelű lehetővé tevő, ASIC áramkörökkel megvalósított Hall elemes inkrementális fogó jeladók szerelése egyszerű, forgó és álló része között nincs érintkezés, elhagyható a csapágyazás, nagy védettség (IP68) érhető el, a forgó rész (mágnes) kis tömegű, magas fordulatszámon (30.000 ford/perc) is működőképes. Az egyszerű felépítés ellenére viszonylag jó felbontás (4096 imp/ford) érhető el. (8. ábra)



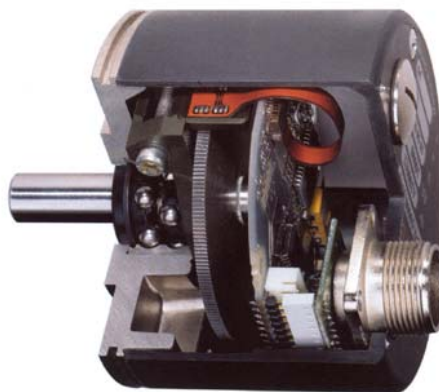
8. ábra - Egyszerű, Hall elemes forgó mágneses jeladó

A Hall elemes érzékelőn kívül gyakran alkalmazzák érzékelő elemként a magnetorezisztív elven működő szenzorokat is.

A magnetorezisztív szenzorok a ferromágneses anyagoknak azt a tulajdonságát használják ki, hogy ezeknek az anyagoknak mágneses tér hatására megváltozik az ellenállásuk. Az ellenállás nagyságát az áram és a mágneses erővonalak iránya között bezárt szög határozza meg. Legnagyobb az ellenállás, ha az áram és a mágneses tér iránya párhuzamos egymással. Az áram irányára merőleges mágneses tér eredményezi a legkisebb ellenállást. Mivel az ellenállás változás nem lineáris a mágneses tér változásával, a szenzorok kialakításakor különböző eljárásokkal kompenzálják a linearitási hibát.

Különösen jó magnetorezisztív tulajdonsággal rendelkezik a permalloy (20%Ni, 80%Fe), ezért a szenzorokat ebből az anyagból készítik.

A sokféle mechanikus felépítés közül az egyik leggyakrabban alkalmazott megoldásban a forgójeladó tengelyéhez rögzített, ferromágneses anyagból készített fogaskerék fogai által okozott változást érzékelik egy állandó mágnes által keltett mágneses térben. A mágneses tér változása a meghatározott mechanikai elrendezésben lévő magnetorezisztív érzékelőkben 2 fázisban 90° - al eltolt szinuszos kimenőjelet hoz létre. A szinuszos kimenő jeleket erősítés után vagy az illesztő áramkörökön keresztül kivezetik, vagy a jeladóba beépített elektronikával feldolgozzák (tovább bontják) és a feldolgozott jeleket vezetik ki a megfelelő illesztő áramkörökön keresztül. A kimeneti illesztő áramkörök megegyeznek az optikai forgójeladóknál használt áramkörökkel.



9. ábra - Mágneses (magnetorezisztív) elven működő, inkrementális forgójeladó metszete

A magnetorezisztív elven működő inkrementális forgójeladók felbontása precíziós szereléssel és speciális nagy felbontású interpolációs áramkörökkel igen nagy lehet (50.000 osztás / körfordulás). Ezeknek az eszközöknek az ára igen magas, míg az egyszerűbb kivitelű, kisebb felbontású változatok ára a hasonló optikai forgójeladókéval megegyező.

(folytatása következik: Abszolút forgójeladók)