

KOVÁCS HUNOR ÁDÁM
SZAKDOLGOZAT



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK



SZAKDOLGOZATOK



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR
MECHATRONIKA, OPTIKA ÉS GÉPÉSZETI INFORMATIKA TANSZÉK

KOVÁCS HUNOR ÁDÁM

SZAKDOLGOZAT

Szálastakarmány felszedő adapter szenzortechnikai
fejlesztése

Konzulens:

Vincze Bálint

Ügyvezető igazgató, HEVESGÉP Kft.

Témavezető:

Haba Tamás

PhD hallgató

Budapest, 2024.

Szerzői jog © Kovács Hunor Ádám, 2024.



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Gépészmérnöki Kar

Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék
<https://mogi.bme.hu>

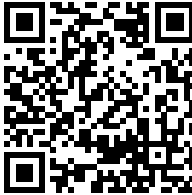
SZAKDOLGOZAT-FELADAT

NYILVÁNOS

AZONOSÍTÁS	Név: Kovács Hunor Ádám		Azonosító: 71604575360	
	Képzéskód:	2N-AM0	Specializáció kódja: 2N-AM0-BI-2017	Feladatkiírás azonosítója: GEMI:2025-1:2N-AM0:P953MO
	Szak:	Mechatronikai mérnöki alapszak (BSc)		
	Szakdolgozatot kiadó tanszék: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék		Zárávizsgát szervező tanszék: Mechatronika, Optika és Gépészeti Informatika Tanszék	
	Témavezető: Haba Tamás (78224838890), doktorandusz			

FELADAT	Cím	Szálastakarmány felszedő adapter szenzortechnikai fejlesztése Sensor technology development for a forage harvester's collection header
	Részletes feladatok	Tárja fel a mezőgazdasági gépeken használatos szenzortechnikai, adatfeldolgozási és visszajelzési megoldásokat! Válasszon a szálastakarmány felszedő adapteren alkalmazható fordulatszám meghatározására alkalmazható szenzort! Tervezzon az adapterhez és a szenzorhoz megfelelő adatfeldolgozó és visszajelző rendszert! Vizsgálja meg a tervezett mérőrendszer alkalmazási lehetőségeit üzembiztonsági és diagnosztikai feladatok esetén! Foglalja össze a kapott eredményeket magyar és angol nyelven.
	Hely	A szakdolgozat készítés helye: HEVESGÉP KFT. 3360 Heves, Munkácsy út 4. Konzulens: Vincze Bálint, Ügyvezető igazgató

ZÁRÓVIZSGA	1. záróvizsga tantárgy(csoport)	2. záróvizsga tantárgy(csoport)	3. záróvizsga tantárgy(csoport)
	ZVEGEMIBMIE Irányításelmélet	ZVEGEMIBMBM Biomechatronika	ZVEGEGTBMRO Robotok orvosi alkalmazásai

HITELESÍTÉS	Feladat kiadása: 2024. szeptember 2.		Beadási határidő: 2024. december 6.	
	Összeállította:		Ellenőrizte:	Jóváhagyta:
	Haba Tamás (78224838890) témavezető		Dr. Kiss Rita Mária s.k. tanszékvezető	Dr. Györke Gábor s.k. dékánhelyettes
	Alulírott, a feladatkiírás átvételével egyúttal kijelentem, hogy a Szakdolgozat-készítés c. tantárgy előkövetelményeit maradéktalanul teljesítettem. Tudomásul veszem, hogy jogosulatlan tantárgyfelvétel esetén a jelen feladatkiírás hatálytalan.			
 Kovács Hunor Ádám			

NYILATKOZATOK

Nyilatkozat az önálló munkáról

Alulírott, *Kovács Hunor Ádám* (P953MO), a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem hallgatója, büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és sajátkezü aláírásommal igazolom, hogy ezt a szakdolgozatot meg nem engedett segítség nélkül, saját magam készítettem, és dolgozatomban csak a megadott forrásokat használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a hatályos előírásoknak megfelelően, a forrás megadásával megjelöltem.

Budapest, 2024. november 22.

hallgató

Tartalomjegyzék

Előszó	xi
Jelölések jegyzéke	xiii
1. Bevezetés	1
1.1. Feladat bemutatása	1
1.2. Célkitűzések	2
1.3. Áttekintés	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. Szenzorok megoldásai	5
2.1.1. Mérendő mennyiségek	5
2.1.2. Elmozdulás érzékelése	5
2.1.2.1. Potenciométer	6
2.1.2.2. Kapacitív szenzorok	7
2.1.2.3. Induktív szenzorok	8
2.1.2.4. Optikai szenzorok	10
2.1.3. Elfordulás mérése	10
2.1.3.1. Helikális potenciométer	10
2.2. Visszajelzés lehetőségei	10
2.3. Szabályozás eszközei	10
3. Mérőrendszer fejlesztése	11
3.1. Szenzorok	12
3.1.1. Mérendő mennyiségek	12

3.1.2.	Elhelyezés	12
3.1.3.	Szennyeződések	12
3.1.4.	Szervizelhetőség	12
3.1.5.	Kábelezés	12
3.2.	Jelek	12
3.2.1.	Szenzorokból származó jelek	12
3.2.2.	Jelekből adat	12
3.3.	Szabályozás	12
3.3.1.	Szabályozás eszközei	12
3.3.2.	Adatok összehasonlítása	12
3.3.3.	Hibatűrő rendszer kialakítása	13
3.3.4.	Szennyeződés kizárása	13
3.4.	Visszajelzés	13
3.4.1.	Visszajelzés eszközei	13
3.4.2.	Human-Machine interface	13
3.4.3.	Kommunikáció	13
4.	Összefoglalás	15
4.1.	Alkalmazási lehetőségek	15
4.1.1.	Feladat kivitelezésének lehetőségei	15
4.1.2.	Üzembiztonsági megoldások	15
4.1.3.	Diagnosztikai feladatok kivitelezése	15
	Irodalomjegyzék	16
	Summary	19
	Függelék	21
	Mellékletek	23
M.1.	23
M.2.	24

Előszó

~ ~ ~

Köszönetnyilvánítás

A köszönetnyilvánítás ide írható. Ez a sablon a Villamosmérnöki és Informatikai Kar Méreştechnika és Információs Rendszerek Tanszék szakdolgozat és diplomaterv sablonja alapján készült. Köszönöm készítőinek és karbantartóinak a munkájukat.

Budapest, 2024. november 22.

Kovács Hunor Ádám

Jelölések jegyzéke

A ++ a még bővítésre szoruló paragrafusokat jelzi.

1. fejezet

Bevezetés

A mezőgazdasági fejlesztésre napjainkban nagyobb szükség van mint valaha, hiszen a növekedő népesség ellátásához, – a mezőgazdasági területek növekedése nélkül – intenzívebb és produktívabb termelés szükséges. Az előrejelzések szerint több évtizedig a föld népessége növekedni fog [4], ezen felül a termőföld véges, a mezőgazdasági területek növelése és a korlátlan erdőirtás sem fenntartható [3]. Így a már mezőgazdasági termelésre alkalmazott területek termelékenységének növelése elengedhetetlen. Ehhez a sok tényezőes folyamathoz a gépgyártók és mérnökök a technológiai fejlesztés és integráció megvalósításával tudnak hozzájárulni. Ehhez jelen szakdolgozat célja a mezőgazdasági gépek biztonságát és akadálymentes működését fejleszteni, egy szabályozási rendszer fedélzeti integrálásával. Ezt a működési állapot visszajelzésével, a veszélyes folyamatok megelőzésével igyekszik megvalósítani. A dolgozat ezen rendszer kidolgozását, megtervezését, egyes eszközeinek kiválasztását és megfontolását tárgyalja.

1.1. Feladat bemutatása

A szakdolgozatom a szálatakarmány felszedő adapter szenzortechnikai fejlesztése címet kapta. A szálatakarmány felszedő adapter a mezőgazdaságban alkalmazott szerkezet, amely a silózoknak hajtja végre a szálatakarmány összegyűjtését. A silózók olyan mezőgazdasági gépek, amelyek a szálatakarmány (pl.: lucerna, széna) begyűjtését, összevágását és rövidre darabolását ("szecskázását") végzik, mely állat tápként lesz felhasználva. Az adapter a silózóhoz van csatlakoztatva, ezáltal a működtetést a silózó végzi. Innen érkezik az irányító jel, az elektromos feszültség, a hidraulikus energia és a forgatónyomaték. Az felszedőn több tengely is található, a legfontosabb a felszedő, melyen fogakkal történik a szálatakarmány gyűjtése, felette egy csiga helyezkedik el, mely az adapter szélességében tereli a takarmányt a középtengely felé, ahol is a begyűjtés történik. A csigánál található tengelyen helyezkedik el egy nyomatékhatároló. A

nyomatékhatóról feladata, hogy a túlzott terheléstől megvédje a felszedő adaptert, így ha túl nagy nyomaték érkezik a silózó felől, a nyomatékhatóról szétkapcsol és a felszedő roncsolódása elkerülhető. A nyomatékhatóról szétkapcsolások a benne található tárcsák tapadási súrlódása megszűnik, így elkezdenek csúszni egymáson, amely a tárcsák felületének súrlódásához, hosszabb idő alatt roncsolódásához vezet. A nyomatékhatóról védelme érdekében van szükség egy visszajelző rendszerre, amely a nagy terhelés esetén jelzi az irányítóknak, hogy a nyomatékhatóról megcsúszott. Az én feladatom ezt a rendszert megtervezni, amely a tengelyek fordulatszámának figyelésével érzékelni tudja ha azok eltérnek a beérkező fordulatszámtól, majd a különbség fennmaradásával egy visszajelzést adjon a silózóban tartózkodó irányítónak. A visszajelzés történhet fény, hang vagy mindkettő formájában, a jelzőegységek lehetnek az adapter látható felületein, vagy akár az irányító fülkében is. Abban az esetben ha a fülkében egy kijelző elhelyezése és azzal való kommunikáció megoldható, a fordulatszámok aktuális értékei is megjelenítésre kerülhetnek.

1.2. Célkitűzések

A dolgozat célja, hogy bemutassa egy mezőgazdasági környezetben való rendszer kialakításának megfontolásait, valamint a tervezési folyamat megvalósítását. Ezen felül az elvárásoknak megfelelő rendszerre való javaslatot tegyen, amely egy termékként alkalmazhatóvá váljék a gyakorlatban is. A feladat során több olyan irányadó cél, elv mentén történt a tervezés, amely vagy felhasználói, környezeti igényeket elégít ki, vagy a fenntarthatóság, az életciklus növelését segíti.

- I. Környezettel, szennyeződésekkel való ellenálló képesség. A felszedő adapteren a két fő szennyező a por és az olaj, így olyan rendszert kell kialakítani, amely vagy szigetelve van kellő mértékben, vagy a szennyeződések nem károsítják a működését. Ez megköveteli az eszközök burkolatban, házban történő tárolását, a csatlakozók kellő szigetelését, illetve por- és olajmentes, vízálló eszközök használatát.
- II. Modularitás, cserélhetőség. A jelen kori gazdák egyik panasza a mezőgazdasági gépgyártók felé, a szerelhetőség jogának ("Right to repair") figyelmen kívül hagyása. Ez a gépek szétszedhetőségét, a felhasználó általi javítási lehetőségének csökkenését jelenti, ezáltal a gyártó szakszervizeiben való költséges, idő- és szállítási-igényes javításra kötelezi a gazdákat. A cél egy olyan rendszer kialakítása, amelynek minden alkatrésze cserélhető és hozzáférhető, így bármelyik elem meghibásodása során csak az szorul cserére. Ez a szenzorok csatlakozós, nem kábellel egybeépített változatában, a moduláris, egyszerűen szétköthető szabályozó eszközben, valamint, a vízálló csatlakozók szétszedhetőségében nyilvánul meg.

- III. Támogató tervezés csökkentése. A projekt tekintetében egyszerűsége, a mechanikai tervezés csökkentésére törekvés jellemző, a mechatronikai, rendszer tervezésének előnyben részesítése, valamint a felszedő adapter bonyolításának elkerülése végett. Ez az eszközök a meglévő geometriába való integrálásában, az adapter alkatrészeinek direkt mérésében, és a külön szigetelési és burkolási feladatok csökkentésében látható.
- IV. Biztonság. A biztonságosság mind a rendszer kitartó működésére, mind a környezetnek, üzemeltetőinek megóvására vonatkozik. A projekt során az elektromos berendezések szigetelésére és elzárására, valamint az eszközök külső hatásoktól védésére is hangsúly lett fektetve.

1.3. Áttekintés

A rendszernek 4 alapvető része van: érzékelés (szenzorok), szabályozás, visszajelzés és kommunikáció. Az érzékelés esetében bemutatásra kerül a különböző fordulatszám mérő mechanizmusok közötti különbség, az egyes mechanizmusok előnyei és hátrányai, valamint ezek alapján a célnak megfelelőek is kiderülnek. A szenzorok megvalósítása is tárgyalva lesz, a különböző rendszerekben alkalmazott szenzor kivitelezések, szabványok és megoldások. Ezen felül a szenzorok elhelyezkedése, kábelezése, a felszedő adapterre való alkalmazásuk is ábrázolva lesz. A szabályozás során az ipari eszközök lesznek bemutatva, amelyek a szenzorok adatfeldolgozására képesek, valamint programkódokat, irányítási feladatokat kivitelezni tudnak. Szó kerül a különböző megoldások alkalmazásainak lehetőségéről, egymáshoz képesti összehasonlításuk is megtörténik, az egyes szabályozó eszközökkel járó rendszerbeli változtatás, valamint a rendszer igényei szerinti szabályozó eszköz változása is feltérképezésre kerül. Végül a szabályozás eszközeinek elhelyezése, biztonságtechnikai megfontolásai és időállóságának kialakítása is bemutatásra kerül. A visszajelzés a rendszer mindennapokban érzékelhető része, ugyanis ez az emberrel való kommunikációjának a platformja. A jelzésnek több módszere áll rendelkezésre, melyek között a rendszer adottságai valamint a felhasználó igényei választanak. Az egyszerű fényjelzések, hangjelzésektől egészen a kijelzőkön megjelenő részletes információkig bemutatásra kerül, melyeknek milyen igényei vannak, illetve melyik praktikus jelen felhasználásunkban. A kommunikáció fogja össze a projektet, biztosítja az egyes részek közötti információáramlást. A kommunikációs protokollok, metódusok meghatározzák a rendszer többi részének minden elemét, a szenzorok feldolgozásának sebességétől, a szabályozó elem kiválasztásán át, a visszajelzés platformjáig. A rendszerünk egészének tervezése során bemutatásra kerül a kommunikáció módszereinek hangsúlya, lehetőségei, valamint a környezeti hatásokkal szemben való védelem kritikus szerepe is.

2. fejezet

Szakirodalmi áttekintés

2.1. Szenzorok megoldásai

A szenzorválasztás a tervezési folyamat egyik központi eleme. Meghatározza milyen technológiákkal, módszerekkel hajtjuk végre a méréseket, és ezáltal milyen kapacitású, programozású rendszert kell válasszunk. A szenzorokat érintő kutatómunka ezt a választási folyamatot segíti elő, hiszen az összes népszerű lehetőség tudatában lehet egy informált döntést hozni. ++

2.1.1. Mérendő mennyiségek

A feladatom során, a nyomatékhatároló csúszásának meghatározásához az azt megelőző és azutáni tengelyek fordulatszámának összehasonlítására van szükség. A harmadik fordulatszám-mérés a felszedő tengelyen történik meg, kifejezetten az operátor informálása céljából. Egy tengely fordulatszámának mérésére több megközelítés is létezik. Lehetséges a tengely elfordulásának közvetlen mérése, akár fordulatonként egyszer történő jeladás regisztrálása, vagy a tengely kerületén érzékelhető folyamatos változás. A fordulatszám más mért mennyiségekből is származtatható, például integrálás útján gyorsulásmérésből, vagy deriválással szögelfordulásból, azonban ezeknek a pontossága nem minden esetben megfelelő, valamint a számítási igénye is magasabb az ilyen módon származtatott jeleknek [7].

2.1.2. Elmozdulás érzékelése

Az elmozdulás mérése általában egy adott távolság, szögelfordulás tartományán belül alkalmazható, így folyamatos elfordulást mérni csak limitált fordulatszám mellett alkal-

masak. A fordulatok mérésénél ezért általában a kerület mentén történő távolságbeli különbség mérése valósul meg, elmozdulás vagy pozíció érzékelésén keresztül. Erre a kerület menti geometriát (pl. fogaskerekek), egy segédlemezzel kialakított változást, vagy akár egy felhelyezett jeladó (pl. mágnes) érzékelés is mérhető.

2.1.2.1. Potenciométer

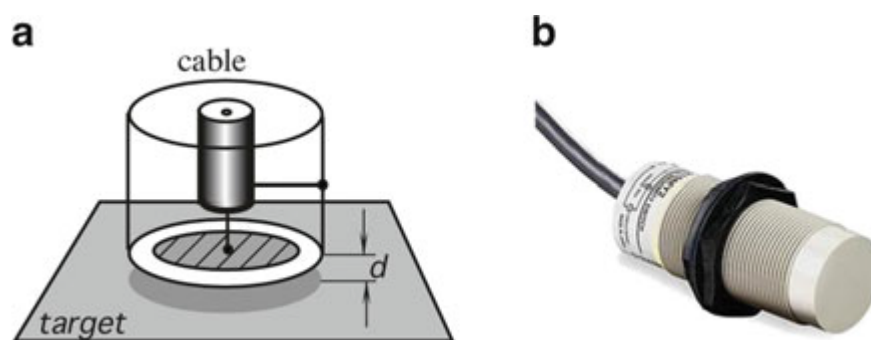
Az elmozdulás vagy pozíció érzékelésének alapvető szenzora a potenciométer, amely akár lineáris, akár elfordulás mérésére is alkalmas. A potenciométer működési mechanizmusa a vezetékek ellenállásán alapszik. Egy vezeték ellenállása lineárisan növekszik a hosszával, így a hosszának változása a rajta eső feszültségen keresztül mérhető. A hosszváltozás eléréséhez egy csúszka teremt kapcsolatot a vezetékkel, amelyen a vezeték végéhez képesti potenciált mérjük. A potenciál a 2.1 összefüggésből kapható meg, ahol E a tápfeszültség, d az elmozdulás, D pedig a teljes elmozdulás [2].

$$V = E \frac{d}{D} \quad (2.1)$$

A potenciométeres szenzoroknak többféle megvalósítása is létezik. A legalapvetőbb lineáris vezeték elvén egy tekercset is lehetséges vezetékként használni, így valamivel pontosabb, nagyobb felbontású érzékelést eredményez. Léteznek potenciálmérés alapú nyomásmérő, valamint piezoelektromosságon alapuló deformáció mérésre alkalmas cellák [2]. Az elektromos potenciál alapú szenzorok széles felhasználásuk mellett rendelkeznek számos hátránnyal is:

- Mechanikai terhelés által súrlódás
- Fizikai érintkezés szüksége
- Korlátozott sebesség
- Veszteségek miatti hő termelődés
- Szennyeződések és kopásoknak való kitettség

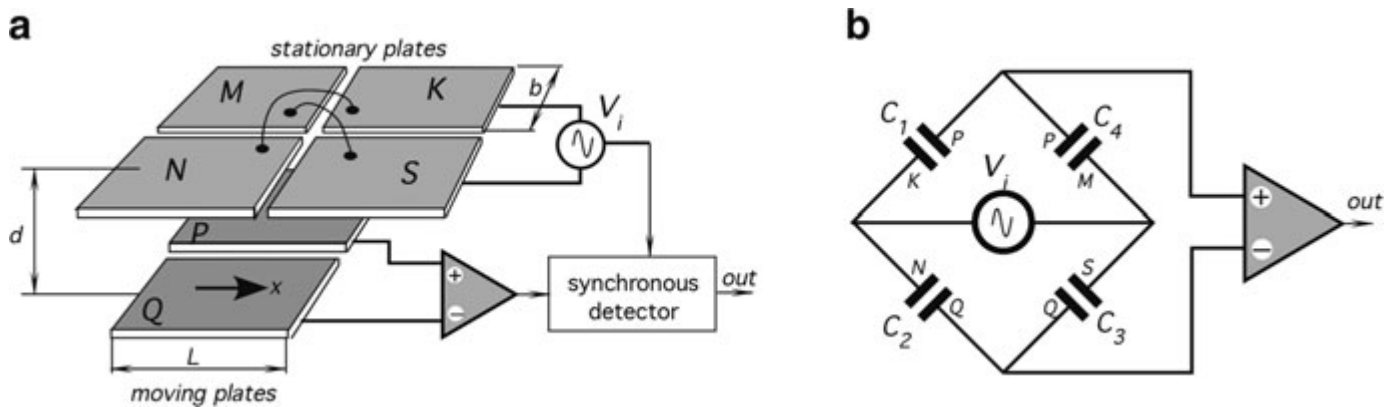
A fizikai kontaktus elkerülésére alkalmaznak mágneses elven működő potenciométereket. Ezeknél a szenzoroknál a csúszka egy ferromágneses bevonattal van ellátva, a vezeték alatt pedig egy mágneses réteg helyezkedik el, amelyet a csúszka vonzása összeérint a vezetékkel, így zárva az áramkört és feszültséget adva az eszközre.



2.1. ábra. Monopoláris, egylemezes kondenzátor vezető felületek távolság mérésére alkalmazva. (a) metszetként; (b) kívülről

2.1.2.2. Kapacitív szenzorok

A kapacitív érzékelők elmozdulás és pozíció meghatározására is alkalmasak, a későbbiekben ismertetésre kerülő mágneses alapú szenzorokkal ellentétben bármilyen anyag jelenlétét képesek érzékelni. A kondenzátorok kapacitása fordítottan arányos a fegyverzetek közötti távolsággal, ami meglapozza a kapacitív szenzorok működését. A kapacitás változását a távolság változása vagy a fegyverzetek között található közeg változása okozhatja, amely a gyakorlatban elmozdulásmérésre alkalmas, a kapacitás változásának elektromos jellé alakításával. A kapacitív szenzoroknak több kialakítása is alkalmazható elmozdulásmérésre, valamint egy szenzorok részeként, ahol az elmozdulást egy erő, nyomás vagy hőmérséklet változásainak dekódolására alkalmazhatják. A monopoláris kapacitív érzékelő egy kondenzátor alkalmazására értendő, ahol két fegyverzet mozgása regisztrálódik. Az egyik fegyverzeten mérhető az elektromos jel, a másik fegyverzet azonban lehet például egy vezető felület is, mint ahogy a 2.1 ábrán látható szenzor kialakítása is mutatja [2]. Ezek a szenzorok akár 40 kHz-es mérési frekvenciát is képesek produkálni, valamint nem vezető felületeken is működőképes, habár alacsonyabb pontossággal. Egy másik kialakítás a differenciál kapacitív érzékelő, amely során három fegyverzet két egyforma térrészt választ el. A középen elhelyezkedő lemez legkisebb mozgása során is megjelenik az így kialakult két kondenzátor kapacitásán, és egy változó jellel táplálva a pontos elmozdulás meghatározására is képes. Egy kapacitív hidat látunk a 2.2 ábrán. A szenzor két párhuzamosan elrendezett elektróda készletből állnak, konstans d távolsággal közöttük, melyek közül a négy lemezből álló készlet statikus, míg a két fegyverzet elmozdulhat. A négy lemez keresztbe van kötve, így kialakítva az úgynevezett Wheatstone-híd architektúrát, melynek előnye, hogy a mérés linearitását megtartja, valamint a zajok megjelenését is minimalizálja. A párhuzamos lemezek kapacitása arányos a vele szemben lévő fegyverzetek területével, így a két kondenzátor egymáshoz képesti kisebb elmozdulását vagy elfordulását is képes detektálni.



2.2. ábra. Párhuzamos lemezű kapacitív híd szenzorbeli elhelyezése (a) és áramköri rajz (b)

2.1.2.3. Induktív szenzorok

Induktív szenzorok azok, amelyek mágneses tereket tulajdonságait érzékelik, és így csak mágnesezhető anyagok detektálására alkalmasak. A rozsdamentes acél, alumínium, réz, műanyag, kerámia és fa anyagok áthatolhatóak a mágneses terek szempontjából, így ezekből az anyagokból készült rétegeken keresztül is érzékelhetőek a mágnesezett anyagok. Az induktív szenzorok ezáltal működnek zajos, szennyező (poros, olajos) környezetben is, valamint ezáltal az érzékelőkön a helyzetnek megfelelő anyagból készült burkolatokat lehet alkalmazni, amely veszélyesebb, korrozívabb helyzetekben is megengedi működésüket.

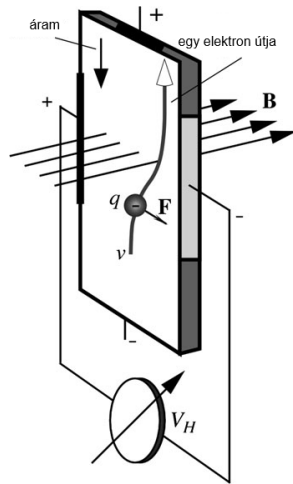
Több elv alapján és több kialakítással is érzékelhetjük a mágneses tereket.

- **Elektromágneses indukció.** Két tekercs között mágneses fluxus biztosít kapcsolatot, amelyhez kell az első (primer) tekercs változó áramú gerjesztése, mely így - fázisban - megjelenik a második (szekunder) tekercsen is (önindukció elve). Ezt a kapcsolatot tudják befolyásolni különböző ferromágneses anyagok, a fluxus utakban való mozgatusuk során, ezáltal a fluxus módosításával. Ez a fluxusbeli változás mérhető feszültség változást eredményez a szekunder tekercsen. Ez adja a lineáris (és a forgó) változó differenciális transzformátor (LVDT, RVDT) szenzorok alapjait, amelyek ferromágneses anyagok lineáris- vagy forgómozgását képesek érzékelni a két tekercs közötti mágneses térben. Ennek a kialakításnak számos előnye van, például az érintkezésmentes kialakítás, elhanyagolható hiszterézis, így kevés feszültségveszteség a működés során, alacsony kitérés zajoknak és interferenciáknak, robusztus kialakítás és infinitezimális felbontás lehetősége [2].
- **Örvényáramok.** Az örvényáramok két esetben jelennek meg: amikor egy vezető elmozdul egy elektromágneses térhez képest, vagy a mágneses tér változása következtében. Az örvénylő elektronok a vezető anyagban saját elektromágneses mezőket indukálnak, amelyek az eredeti mágneses teret csökkentik. Ha erősebb

a mágneses tér, vagy nagyobb a vezetőképessége az anyagnak, vagy gyorsabban változik a mágneses tér, akkor arányosan több örvényáram jön létre. Ezáltal olyan vezető anyagok elmozdulását is lehet érzékelni, amelyek nem mágnesesíthetők. Az ezen elven alapuló szenzorok két tekercset alkalmaznak, az egyik referenciaként szolgál, a másik pedig érzékeli a vezetőben létrejövő örvényáramokat, a mágneses ellenállás megnövekedéséből. A két tekercs összehasonlítása során a mágneses ellenállás különbségből adódik a vezető felület távolsága. Az örvényáramok azonban egy adott vastagságú anyagban számottevőek, így a vékony filmszerű illetve bevonattal ellátott anyagok detektálására nem alkalmasak az ilyen szenzorok. Hasonló elven az örvényáramszenzorok nem csak elmozdulás, de távolság és anyagvastagság meghatározására is alkalmasak. Az érzékelő tekercsek akár 2-3 mm-es átmérőtől 25 mm-ig terjedhetnek, így nagy mérési tartomány lefedésére képesek. A nem mágneses vezetők érzékelése miatt alkalmas olyan magas hőmérsékleten való érzékelésre, ahol az anyagok elvesztik mágneses tulajdonságukat (Curie hőmérséklet felett), valamint vezető folyadékok, így folyékony fémek is érzékelhetők az örvényáramszenzorokkal. További előnyei, hogy nincs fizikai kapcsolatra igény az detektáláshoz, így a terhelés mindig alacsony a szenzoron [2].

- **Hall-effektus.** A Hall-effektus szenzorok lényegében a mágneses terek nagyságát képesek mérni. A szenzorban egy vezető anyagból készült lemez merőlegesen áll a mágneses térre, ahogy azt a 2.3 ábra is szemlélteti [6]. Ha a vezetőben áram folyik, az elektronokra a mágneses mező oldalirányú erőt fejt ki (Lorentz-erő), ezáltal a lemezben töltésmegoszlás jön létre, amely a két szélén Hall-feszültségként mérhető [1]. A Hall érzékelős pozíciómérés során egy mágneses mezőt biztosítunk a szenzorban, amelynek a nagysága változik egy ferromágneses test jelenlétében. A szenzortól való távolság pedig, az így indukált mágneses tér módosulásából eredő feszültség változásból következik [6].

Összességében a mágneses szenzorok előnye, hogy nagy felbontással és megbízhatósággal dolgoznak, valamint nincs szükségük mechanikai kapcsolatra a mérés véghezviteléhez. Azonban nagyrészt csak mágneses anyagok detektálására képesek (némelyik vezetőkön is működik), és a mérési távolságuk általában limitált.



2.3. ábra. Hall-effektus szenzor működési elve.

2.1.2.4. Optikai szenzorok

2.1.3. Elfordulás mérése

2.1.3.1. Helikális potenciométer

Az elfordulást lehetséges 0-360° között mérni egy kör kerületén, vagy akár annak egy részletén is, azonban ha 360° fölötti mérésre van szükség egy spirális szalagot szokás alkalmazni, amelyek akár 60 fordulatot is képesek mérni [5]. +áttétel, mérési tartomány növelésére.

2.2. Visszajelzés lehetőségei

2.3. Szabályozás eszközei

3. fejezet

Mérőrendszer fejlesztése

3.1. Szenzorok

3.1.1. *Mérendő mennyiségek*

3.1.2. *Elhelyezés*

3.1.3. *Szennyeződések*

3.1.4. *Szervizelhetőség*

3.1.5. *Kábelezés*

3.2. Jelek

3.2.1. *Szenzorokból származó jelek*

3.2.2. *Jelekből adat*

3.3. Szabályozás

3.3.1. *Szabályozás eszközei*

A 3.1 táblázat tartalmazza a programozható relék közül a megfelelő feszültséggel operálókát.

	Schneider Electric Zelio Logic	IDEC SmartRelay	Siemens LOGO!	Eaton Easy
Modellszám	SR2B121JD	FL1F-B12RCE	6ED1052-2MD08-0BA2	EASY-E4-UC-12RCX1
Feszültség	12V	12/24V	12/24V	12/24V
Bemenetek	4 DI + 4 AI	4 DI + 2 AI	4 DI + 4 DI/AI	4 DI + 4 DI/AI
Kimenetek	4 DO	8 DO	4 DO	4 DO
Számítási frekvencia	1 kHz	5 kHz	5 kHz	5 kHz
Kommunikáció	N/A	N/A	Modbus TCP	MODBUS TCP/IP
Program felület	ZelioSoft 2 (LD, FBD)	WingLGC (LD, FBD)	LOGO! Soft Comfort (LD, FBD)	EASYSOFT-SWLIC/easySoft7 (EDP, LD, FBD, ST)
Internet csatlakozó	Nincs	Ethernet RJ45	Ethernet RJ45	Ethernet RJ45
SD memory	Nincs	MicroSD	MicroSD	Nincs
Méret	90x68x10	90x71.5x58	90x71.5x58	90x72x58
Költség	75 000	69 000	58 000	72 000

3.1. táblázat. Programozható relék összehasonlítása

3.3.2. Adatok összehasonlítása

3.3.3. Hibatűrő rendszer kialakítása

3.3.4. Szennyeződés kizárása

3.4. Visszajelzés

3.4.1. Visszajelzés eszközei

3.4.2. Human-Machine interface

3.4.3. Kommunikáció

4. fejezet

Összefoglalás

4.1. Alkalmazási lehetőségek

4.1.1. Feladat kivitelezésének lehetőségei

4.1.2. Üzembiztonsági megoldások

4.1.3. Diagnosztikai feladatok kivitelezése

Budapest, 2024. november 22.

Kovács Hunor Ádám

Irodalomjegyzék

- [1] Jacob Fraden: *Physical Principles of Sensing*. 2016, Springer International Publishing, 69–154. p. ISBN 9783319193038.
- [2] Jacob Fraden: *Presence, Displacement, and Level*. 2016, Springer International Publishing, 335–377. p. ISBN 9783319193038.
- [3] Deborah Lawrence – Karen Vandekar: Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nature Climate Change*, 5. évf. (2014. december) 1. sz., 27–36. p. ISSN 1758-6798.
- [4] Wolfgang Lutz – Samir KC: Dimensions of global population projections: what do we know about future population trends and structures? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365. évf. (2010. szeptember) 1554. sz., 2779–2791. p. ISSN 1471-2970.
- [5] Alan S. Morris – Reza Langari: *Rotational Motion Transducers*. 2016, Elsevier, 599–632. p. ISBN 9780128008843.
- [6] Alan S. Morris – Reza Langari: *Sensor Technologies*. 2016, Elsevier, 375–405. p. ISBN 9780128008843.
- [7] Alan S. Morris – Reza Langari: *Translational Motion, Vibration, and Shock Measurement*. 2016, Elsevier, 565–598. p. ISBN 9780128008843.

Summary

Keywords *mechatronika, szabályozástechnika, szálaskormány, szenzor, mezőgazdaság*

Függelék

Mellékletek

M.1.

M.2.