

ABS-SENZORJI NA OSNOVI ALNiCO-MAGNETOV

Franc Koplan

Magneti Ljubljana, d.d., Ljubljana, Slovenija

Ključne besede: magneti, trajni magnetni materiali, AlNiCo-magneti, senzorji, sistem ABS (Anti – Lock Braking System), ABS-senzorji, Hall-senzorji, magnetouporovni senzorji, zobnik, merjenje hitrosti vrtenja, magnetni pretok, oprema za kontroliranje in preskušanje

Izleček: Predstavljamo fizikalne osnove in princip delovanja ABS-sistema, zahteve za vgrajene AlNiCo-magnete, ki so ključni element senzorja. Ilustriramo izdelavo samega ABS-senzorja, najpomembnejše značilne elektromagnetne lastnosti senzorja kot osnovo za nadaljnji razvoj elektronskega krmilnega modula ali alternativnih rešitev ter sprememb samega senzorja. Predstavljena je tudi možnost podjetja, da ponudi proizvode z večjo stopnjo integracije za nove potrebe trga ter izsledke razvojno raziskovalnega dela na področju razvoja opreme za kontroliranje in preskušanje magnetov za potrebe drugih področij raziskovalnega dela, proizvodnje elektronskih komponent ter izdelovanja magnetnih sistemov.

ABS Sensor Applications Based on AlNiCo Magnets

Key words: magnets, permanent magnetic materials, AlNiCo magnets, sensors, Anti – Lock Braking System, ABS sensors, Hall sensors, magnetoresistive sensors, gear wheel, rotational speed measurement, magnetic flux, measuring and control equipment

Abstract: Organization Magneti Ljubljana presented the ABS – sensor application of its main production programme of AlNiCo magnets and its potential for the production of the sensors. The article is intended both to domestic organizations for further joint technological development and to successful producers, which already produce sensors, and are looking for a reliable and capable partner to supply them with parts with higher degree of integration. The company has over 50 years of tradition, is successful in the world market and has the quality management system certified according to most important standards, including the automotive specification ISO / TS 16949. According to its policy the company develops new production programmes, including new materials, magnetic systems and equipment for production and control of magnetic products and similar electronic components for the new demands and expectations of the market.

The key sensors in the automotive applications and a scheme of the brake system of a vehicle are presented. The history, the benefits and the behaviour of the Anti-Lock Braking System are briefly described. The system usually contains 4 sensors and a common electronic unit, that handles the data from the sensors and controls the braking process, which is also appropriately described.

It is emphasized, that organization Magneti Ljubljana produces magnets, which are the key element of the ABS sensors. The company has the basic knowledge for the manufacturing processes of ABS sensors. It has already in 1999 taken part in the tender for the production of sensors for its largest customer.

The physical principles of the operation of the sensor, its construction and the behaviour of the induced voltage is described together with the typical requirements for used AlNiCo magnets. The most important typical electromagnetic properties of the sensor are illustrated and this illustration enables further development of the electronic control unit as well as the development of the alternative solutions or modifications of the sensor itself.

Some more contemporary and cheaper solutions for rotational speed measurements, offering important potential for further development and applications, were also mentioned and briefly described.

Since the magnetic, dimensional and visual properties of the magnets in the sensor are critical, the quality assurance in the company obtains the 0-ppm level by 100% sorting processes. These processes are supported by specially developed electronic measuring systems enabling high productivity. The organization has developed its own high speed magnetizing and demagnetizing equipment, fluxmeters and equipment for visual control including optical measurement of dimensions and geometry. This equipment could be of interest also to organizations, which develop magnetic materials, assemble magnets and produce magnetic systems or other similar electronic components.

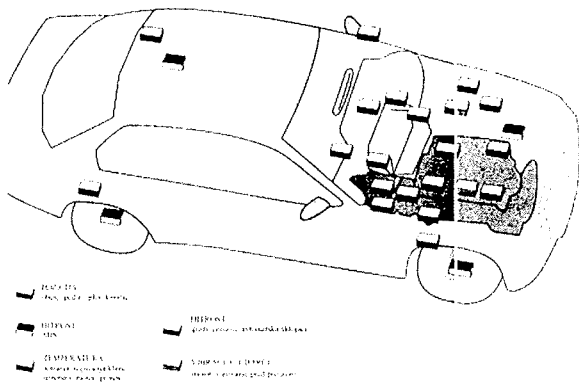
1 Uvod

V prispevku želi podjetje Magneti Ljubljana, d.d. /1/ predstaviti uporabo in delovanje AlNiCo-magnetov, vgrajenih v ABS-senzorje, ter svoje možnosti za proizvodnjo tovrstnih senzorjev. Članek je namenjen tako domačim podjetjem za morebiten skupen nadaljnji razvoj in nastop na svetovnem trgu kot tudi podjetjem, ki že proizvajajo senzorje in iščejo zanesljivega in sposobnega partnerja za dobavljanje sestavnih delov z višjo stopnjo integracije. Podjetje ima 50-letno tradicijo, v zadnjem desetletju ima nenehno in relativno visoko stopnjo rasti fizičnega obsega proizvodnje in se ponaša z zavidljivimi poslovnimi uspehi ter certifikati najzahtevnejših sistemov vodenja kakovosti avtomobilske

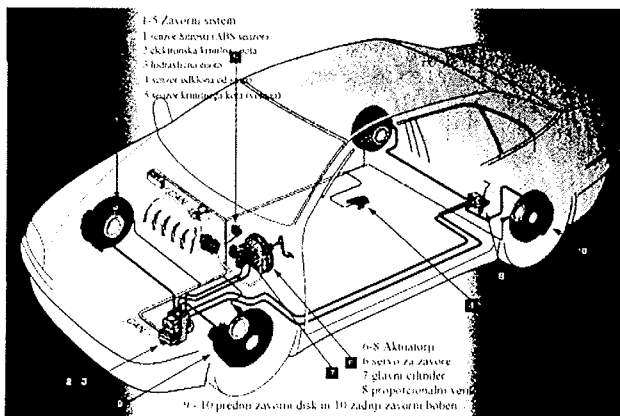
industrije, z ISO / TS 16949 vred. Kupci so renomirani svetovni proizvajalci, predvsem s področja senzorskih aplikacij v avtomobilski industriji, pa tudi električnih merilnih instrumentov, elektromotorjev, tahogeneratorjev itd. Skladno s svojo poslovno politiko podjetje razvija nove programe, kamor spada poleg razvoja materialov in samih magnetov tudi razvoj magnetnih sistemov in procesne proizvodne opreme ter opreme za magnetenje, preskušanje, delno ali popolno razmagnetenje in kalibriranje magnetnih sistemov /5/.

Raznovrstni trajni magneti so v avtomobilski industriji našli številna področja uporabe /4/, razvoj pa se še nadaljuje, še posebej v smeri nenehnega izboljševanja varnosti, za-

nesljivosti, ekonomičnosti in prijaznosti do uporabnika ter okolja. Ključni senzorji /2/ v avtomobilu so povezani s pozicijo (obese, pedal / plin, krmilje), hitrostjo gibanja vozila (ABS), temperaturo (notranja, regulacija klime, armatura, motor, prenos), hitrostjo gibajočih se delov (gredi, prenos, avtomatska sklopka), z vibracijami in udarci (motor, varovanje pred požarom). Na sliki 1 so shematsko prikazani sklopi senzorjev v avtomobilu.



Slika 1: Senzorski sklopi v avtomobilu /2/



Slika 2: Shema zavornega sistema avtomobila /3/

Na sliki 2 je shematsko prikazan zavorni sistem avtomobila /3/, ki ga sestavljajo: senzor hitrosti vrtenja koles (ABS-senzor), elektronska krmilna enota, hidravlična enota, senzor odklona od smeri, senzor krmilnega kota (volana), akuatorji in zavorni diski / bobni.

ABS je kratica za Anti - Lock Braking System, to je sistem, ki preprečuje blokiranje vrtenja koles med zaviranjem, s čimer zagotavlja večji zavorni učinek ter lažje vodenje vozila, povečano stabilnost vozila in ohranjanje varnostne razdalje. Navadno sistem sestavljajo skupno 4 senzorji na posameznih kolesih ter skupna elektronska enota, ki signale iz senzorjev obdela in vodi proces zaviranja. Elektronska enota pravilno deluje nad minimalno mejno hitrostjo, pri čemer z moduliranjem pritiska v zavorah, torej z zaviranjem in sproščanjem zavor, regulira zmanjševanje hitrosti vozila na ta način, da se hitrost kolesa obvladovano

zmanjšuje, kolo pa se pri tem ne sme popolnoma zaustaviti, dokler je hitrost večja od mejne. V večini primerov se na ta način zagotovi najkrajša možna zavorna pot. Sistem ABS je bil razvit že leta 1930 za letala ter patentiran tudi za avtomobile. Zaradi izboljšane vidika varnosti je pričel doživljati širšo uporabo v obdobju od 1975 do 1979, ko je bil v Združenih državah Amerike uveden v tovorna vozila. Leta 1980 so ga pričeli avtomobilski proizvajalci vgrajevati v osebna vozila, najprej v višji cenovni razred, z nadaljnjim razvojem in nižanjem stroškov pa je hitro našel svoje mesto tudi v avtomobilih nižjega cenovnega razreda.

ABS-sistem s 4 senzorji deluje na naslednji način:

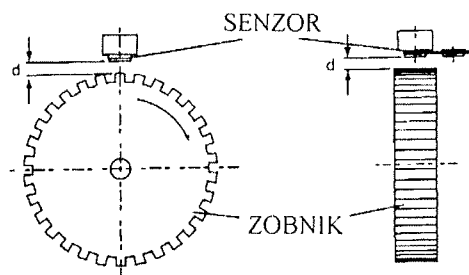
- Ko elektronski modul na osnovi signala iz senzorja prepozna, da bo kolo blokiralo, s tuljavo zapre ventil, ki je navadno odprt, ter s tem prepreči nadaljnje dovajanje hidravlične tekočine in nadaljnje zaviranje kolesa.
- Elektronski modul nadaljuje opazovanje signala iz senzorja iz tega kolesa.
- Če se kolo ustavlja hitreje kot druga tri kolesa, odpre tuljavo ventila. Ujeta tlačna razlika se izravna v rezervoarju glavnega cilindra.
- Ko kolo znova dobi hitrost, modul vrne tuljavo v normalno stanje, ki omogoča dotok tekočine.

Podjetje Magneti Ljubljana, d.d. izdeluje ALNiCo-magnete, ki so bistveni del ABS-senzorja, zato bo v nadaljevanju predstavljen samo tovrstni senzor, razpolaga pa tudi s ključnim znanjem za proizvodnjo samih senzorjev. Tako je podjetje v letu 1999 že konkuriralo za kooperacijsko proizvodnjo nekaterih tipov senzorjev za svojega največjega kupca magnetov.

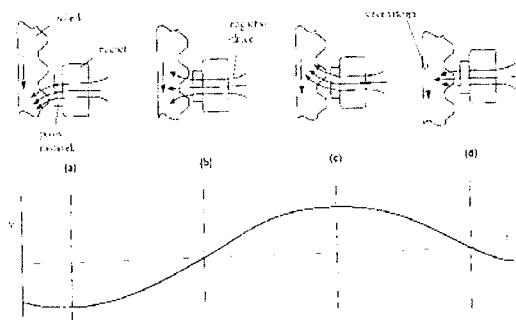
2 Senzor ABS z ALNiCo-magnetom

2.1 Fizikalni princip delovanja

Dajalni sistem sestavljata zobnik iz mehkomagnetnega materiala, ki se vrti skupaj s kolesom, in sam senzor, kjer se zaradi vrtenja zobnika spreminja magnetni pretok, kar ima za posledico inducirano napetost. V nadaljevanju bodo predstavljeni časovni poteki inducirane napetosti na senzorju, posneti pri laboratorijski postavitvi merilnega sistema, prikazani na sliki 3.



Slika 3: Lega senzorja glede na zobnik /6/



MERJENJE HITROSTI VRTENJA ZOBNIKA Z UPORABO SENZORJA NA MAGNETNI OSNOVI

Slika 4: Spreminjanje magnetnega pretoka zaradi vrtenja zobnika ter potek inducirane napetosti /6/

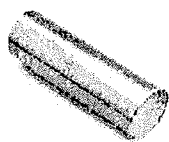
2.2 Izdelava senzorja

Senzor sestavljajo:

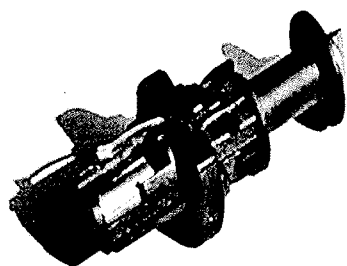
- magnet
- polov nastavek
- spojni del za pritrditev polovega nastavka na magnet
- tuljavnik s kontakti
- tuljava
- priključni kabel z nosilcem, tesnili in mehansko zaščito.

Ključni del senzorja je AlNiCo-magnet valjaste oblike, ki je generator magnetnega polja. Po potrebi je ta magnet lahko tudi profilno brušen.

Na sliki 5 je prikazan značilni magnet pred vgradnjo v senzor, na slikah 6 - 8 pa izdelan, nezalit senzor brez kabelskih povezav za priključitev na elektronsko enoto.



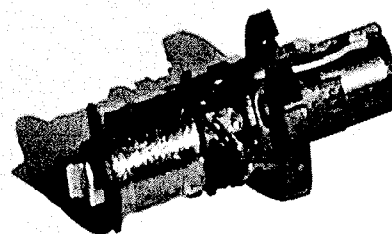
Slika 5: Liti AlNiCo-magnet za ABS-senzor



Slika 6: Zabrizgan magnet s polovim nastavkom in kontakti za priključitev na kabel



Slika 7: Polov nastavek za koncentracijo silnic



Slika 8: Izdelan, nezalit senzor s tuljavo

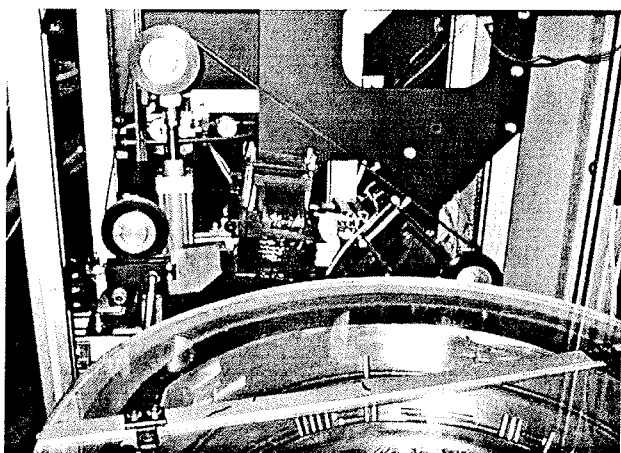
Značilni podatki za magnetne so podani v tabeli 1. Navadno je uporabljen liti material, ki daje pri enakem volumnu nekoliko boljše magnetne lastnosti, in razmerje med premerom in dolžino 1:3, kar postavi delovno točko magneta nekoliko nad področje maksimalnega energijskega produkta.

Tabela 1: Najpomembnejše karakteristike AlNiCo-magneta

Karakteristika	Značilna vrednost
Premer valja	od 4 do 10 mm
Dolžina valja	od 15 do 40 mm
Remanenca B_r - minimalno	od 1100 do 1250 mT
Koercitivnost B_H_c	od 45 do 60 kA/m
Maksimalni energijski produkt BH_{max}	od 32 do 40 kJ/m ³

Ker so magnetne lastnosti za pravilno delovanje senzorja kritične, v podjetju zagotavljamo zanje nivo 0 ppm s 100-odstotnim kontroliranjem in preskušanjem. Z ozirom na funkcijo ter način vgradnje so za magnet postavljene relativno visoke zahteve glede toleranc dimenzij in druge geometrije, videza, t.j. okrušitev in livarskih napak, pa tudi nivoja razmagnetanja. Za izpolnjevanje teh zahtev je bilo tre-

ba razviti visokoproduktivne elektronske merilne sisteme za magnetenje, merjenje magnetnega fluksa, razmagnetnje, vizualno kontrolo ter nekontaktno kontrolo dimenzij in geometrije. Ta oprema je zanimiva tudi za organizacije, ki se ukvarjajo z razvojem magnetnih materialov, vgradnjo magnetov in izdelavo magnetnih sistemov ter podobnih elektronskih komponent in je bila razvita v okviru lastnega razvoja procesne ter merilne opreme oziroma v okvirih projektov izboljšav v tehnoloških procesih v sodelovanju z Ministrstvom za gospodarstvo /5/. Na sliki 9 je prikazan del naprave za elektromagnetno preskušanje magnetov za ABS-senzorje.



Slika 9: Naprava za EM-preskušanje magnetov za ABS-senzorje

Magnet mora biti čim bolj tesno povezan s polovim nastavkom iz mehkega železa, ki koncentrira silnice in s tem omogoča bolj izrazito spreminjanje magnetnega fluksa glede na razdaljo med vrhom polovega nastavka ter zobnikom.

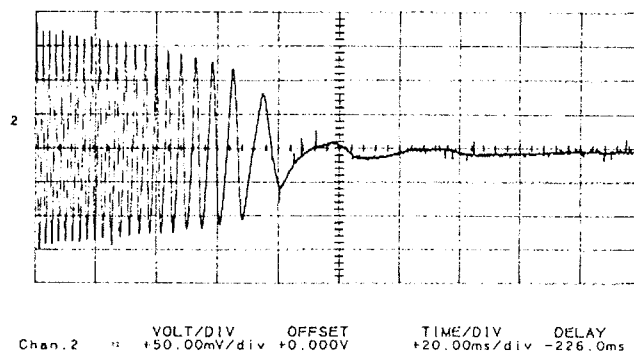
Konstrukcija in izdelava tuljave je tehnološko zahtevna in se izvaja po posebnem programu navijanja.

Značilne karakteristike tuljave in izhodni signal senzorja so podane v tabeli 2:

TABELA 2	
Karakteristika	Tipične vrednosti
Upornost	od 0,5 do 2 kΩ
Induktivnost (1 kHz)	od 500 do 1200 mH
U, inducirana (tip. 400 r/min, reža 0,8 mm)	od 0,5 do 4,5 V

Glede na izhodno napetost imajo nekateri tipi senzorjev integrirane elektronske elemente za obdelavo inducirane napetosti, kar omogoča miniaturizacijo ter nižje skupne stroške izdelave senzorja, predvsem na račun cene vgrajenih magnetov.

V laboratoriju smo izvedli simulacijo delovanja senzorja (915 r/min, 70 zob) in posneli časovni potek inducirane napetosti ob prehodnem pojavu trenutne zaustavitve zobnika (slika 10).

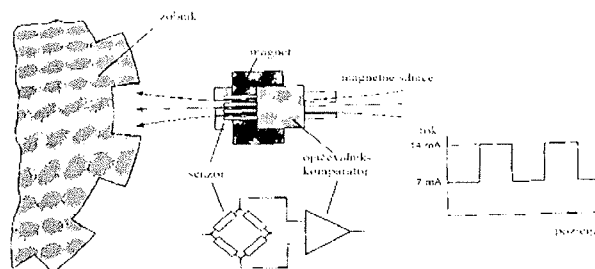


Slika 10: Prehodni pojav ob zaustavitvi zobnika

3 Sodobni načini merjenja hitrosti vrtenja na osnovi integriranih vezij oz. senzorjev

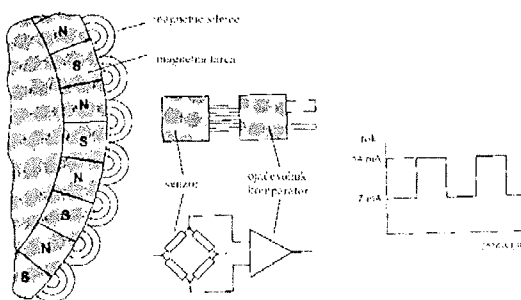
V zadnjem obdobju se v nižjem cenovnem razredu vse bolj uveljavljajo cenejše rešitve, temelječe predvsem na integriranih elektronskih elementih – Hallovih ter magnetouporovnih senzorjih /6/. Tu lahko še vedno ostane pasivni dajalnik – mehkomagnetni zobnik (slika 11) ali pa zobnik nadomestimo z multipolno namagnetnim plastomagnetnim aktivnim dajalnikom (slika 12).

ELEKTRONSKI SENZORJI MAGNETNEGA POLJA - PASIVNI DAJALNIK



Slika 11: Sodobno merjenje hitrosti vrtenja s pasivnim dajalnikom in integriranim vezjem oz. magnetouporovnim senzorjem /6/

ELEKTRONSKI SENZORJI MAGNETNEGA POLJA - AKTIVNI DAJALNIK



Slika 12: Sodobno merjenje hitrosti vrtenja z aktivnim dajalnikom in integriranim vezjem oz. magnetouporovnim senzorjem /6/

Predvidevamo, da ti novi proizvodi doslej uveljavljenih senzorjev z ALNiCO-magneti tudi v naslednjem srednjeročnem obdobju večinoma še ne bodo nadomestili, zato vidimo v programu izdelave ABS-senzorjev z ALNiCO-magneti novo priložnost za uspeh. Kupci namreč pri sebi instalirajo proizvode, temelječe na novih materialih, zmanjšujejo število svojih dobaviteljev oziroma celo prenašajo dele svojih proizvodnih programov k svojim ključnim dobaviteljem, da od njih prejmejo izdelke z višjo stopnjo integracije.

4 Sklep

Predstavljena je bila fizikalna osnova delovanja, izgradnja senzorja na osnovi paličastih ALNiCO-magnetov, značilne vrednosti njegovih najpomembnejših karakteristik za morebitno izdelavo elektronskega krmilnega modula ali alternativnih rešitev samega senzorja in možnost podjetja Magneti Ljubljana, d.d., da ponudi trgu proizvod z večjo stopnjo integracije ter si tako še naprej zagotovi poslovni uspeh na trgu.

5 Literatura

- /1./ Magneti Ljubljana, d.d., The world - wide supplier of permanent metallic magnets [elektronski vir]. Magneti Ljubljana, 2002 [citirano 28. maj 2002; 12:00:00]. Dostopno na URL-naslovu: www.magneti.si

- /2./ L' Electricfil Industrie: Sensors to meet the challenges of productivity, Beynost, 1997
- /3./ Bosch: Bosch braking systems, Tokyo, 2000
- /4./ S. Kobe, P. McGuinness: Application of permanent magnet materials, SLO-GER Meeting, Bled, 1998
- /5./ F. Kopljan: Računalniška podpora elektromagnetnemu preskušanju in vizualnemu sortiranju elektronskih komponent, Ljubljana, 2001
- /6./ Philips Semiconductors: Data sheet - General rotational speed measurement, 1998

*Franc Kopljan, univ. dipl. inž. fizike in elektrotehnike
Magneti Ljubljana, d.d.
Stegne 37, SI-1000 Ljubljana, SLOVENIJA
tel. 386 (0)1 507 47 11
faks. 386 (0)1 511 12 95
e-pošta: f.kopljan.svk@magneti.si*

Prispelo (Arrived): 06.06.2002 Sprejeto (Accepted): 25.05.2003