مرکزآموزش عالی شهید مهاجر اصفهان

بررسی برخی سنسورها وکاربرد آنها

بررسی برخی سنسورها وکاربرد آنها

رشته های برق صنعتی و الکترونیک

(کنترل صنعتی و ابزار دقیق)

تهیه کننده:ابراهیم متقی

زمستان 85

فهرست

مقدمه 3

سنسورهای اثرهال.....7

سنسورهای مگنتو استریکتیو.....27

سنسورهای مگنتو رزیستیو.....37

سوئیچ رید.....62

انکودرهای مغناطیسی.....65

سنسورهای القایی.....71

رزولور.....73

اینداکتوسین(مگنوسین و میکروسین).....91

ترانسفورماتورهای متغیر(خطی و زاویه ای).....101

بررسی یک نمونه سنسور موقعیت زاویه ای مطلق.....111

سنسورهای هوشمند.....119

جمع بندی.....121

www.ir-micro.com

مقدمه

بطور کلی موقعیت سنجی از روشهای مختلف زیرقابل حصول است:

خازني
جريان يورشي
نوري
مقاومتي
سونار
ليزري
پيزوالكتريك
القايي
مغناطيسي

سنسور هاي مغناطيسي براي بيش از 2000سال است كه در حال استفاده مي باشند. كاربرد اخير سنسورهاي مغناطيسي در رهيابي ياناوبري(Navigation) مي باشد.

سنسورهای مغناطیسی از آهنربای دائمی و یا آهنربای الکتریکی تولید شده از جریان ac و یا dc استفاده میکند. سنسورهاي مغناطيسي، بطور كلي ، بر ميدان مغناطيسي عمل مي كنند و ويژگيهاي آنها تحت تاثير ميدان مغناطيسي تغيير مي كند. از ويژگيهاي اين سنسورها غير تماسي بودن (Non contact) آنهاست. در آنها هيچ اتصال مكانيكي ميان قسمت هاي متحرك و قسمت هاي ثابت وجود ندارد. اين خاصيت منجر به افزايش طول عمر آنها شده است. علاوه بر اين لغزش قسمت هاي متحرك بر هم، در ديگر سنسورها مثل پتانسيومتر باعث ايجاد نويز ميشود، كه اين مشكل در سنسورهای مغناطیسی رفع شده است.سنسورهای مغناطیسی به سبب ساختار مناسبی که دارند در محیط های آلوده،چرب و روغنی بخوبی عمل می کنند و به همین علت در اتومبیل و کاربردهای این چنینی بسیار مفید هستند.

سنسورهای مغناطیسی بر مبنای رنج میدان اعمالی بصورت زیر تقسیم بندی می شوند:

Low field : کمتر از1mG

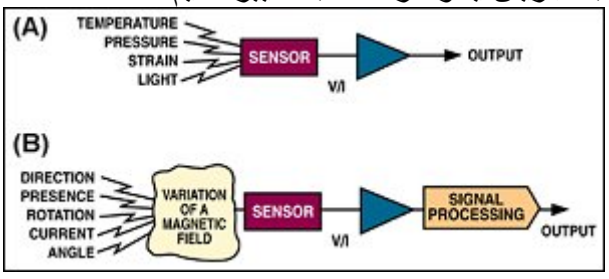
Medium field : ما بین 1mG و10G

High field : بالاتر از10G

جابجایی (Displacement) به معنی تغییر موقعیت است.سنسورهای جابجایی به دو نوع افزایشی (Incremental) و مطلق (Absolute) تقسیم می شوند. سنسور هاي افزايشي ميزان تغيير بين موقعيت فعلي و قبلي را مشخص مي كنند. چنانچه اطلاعات مربوط به موقعیت فعلی از دست برود، مثلا منبع تغذیه دستگاه قطع بشود، سیستم باید به مبدا خود منتقل شود. (reset شود.) در نوع مطلق موقعيت فعلي بدون نياز به اطلاعات مربوط به موقعيت قبلي بدست مي آيد. نوع مطلق نيازي به انتقال به مرجع خود را ندارد. معمولا سنسورهاي جابجايي مطلق را سنسورهاي موقعيت (Position sensor) مي نامند.

در اين پروژه سعي شده است تا سنسورهاي جابجايي ، موقعيت و مجاورتی پوشش داده شود.

بطور كلي زماني كه بخواهيم كميت هاي فيزيكي مانند جهت ، حضور يا عدم حضور ، جريان ، چرخش و زاويه را اندازه گيري كنيم و از سنسورهاي مغناطيسي استفاده كنيم ، ابتدا بايستي تا اين كميت ها يك ميدان مغناطيسي را بوجود آورند و يا تغييري در ميدان مغناطيسي يا در خصوصيات مغناطيسي سنسور ايجاد نمايند و در نهايت سنسور اين تغيير را احساس نموده و آنرا با یک مدار بهسازی به جریان یا ولتاژ مناسب تغییر دهیم.



در ادامه اصطلاحاتي جهت يادآوري بيان مي شود:

شدت ميدان مغناطيسي (Magnetic field intensity) : آنرا با H نمايش مي دهند و نيرويي است که شار مغناطيسي را در ماده به حرکت در مي آورد. به همين علت بدان نيروی مغناطيس کنندگی (Magnetizing force) نيز می گويند.واحد آن آمپر بر متر می باشد.

چگالي شار مغناطيسي (Magnetic flux density) : آنرا با B نمايش مي دهند. ميزان شار مغناطيسي است که در واحد سطح ماده توسط نيروي مغناطيس کنندگي بوجود آمده است. و واحد آن نيوتن بر متر مربع می باشد.

نفوذپذيري مغناطيسي (Magnetic permeability) : آنرا با (μ)نمايش مي دهند. توانايي و قابليت ماده جهت نگهداشتن و عبور شار مغناطيسي است.

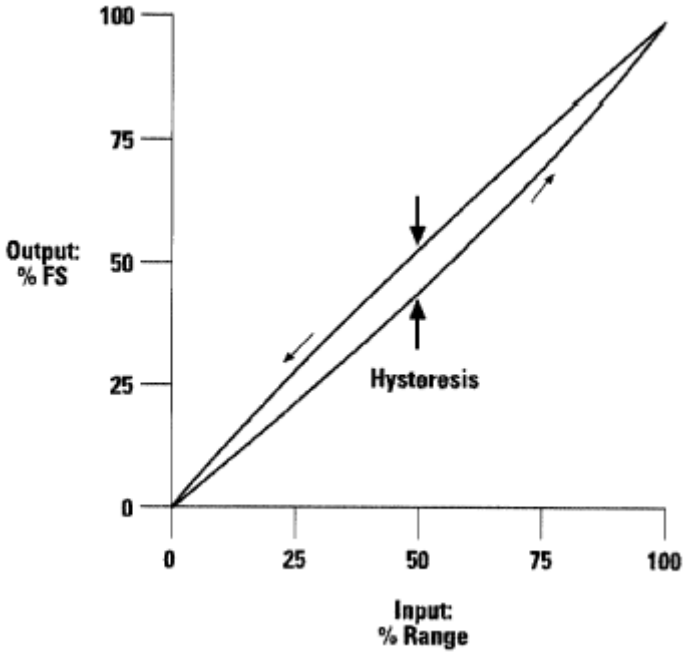
در فضاي آزاد رابطه $B = \mu_0 H$

برقرار است که μ_0نفوذ پذيري مغناطيسي فضاي آزاد است و برابر $4\pi \times 10^{-7}\ \mathrm{H\,m^{-1}}$ مي باشد.

درساير مواد رابطه به شکل $B = \mu H$ خواهد بود که $\mu = \mu_0\mu_r$ و μ_rنفوذ پذيري مغناطيسي نسبي ماده مي باشد.

هيسترزيس (Hysteresis) : پديده اي است که در آن حالت سيستم وارون پذير نمي باشد. در يك سنسور جابجايي يا موقعيت اين پديده باعث مي شود تا مقدار خوانده شده در يك نقطه توسط سنسور هنگام رسيدن بدان از بالا و پايين تفاوت بکند.

شکل زیر این پدیده را نشان میدهد.



هیسترزیس مغناطیسي : **(Magnetic hystresis)** زماني كه يك ماده فرومغناطيسي در يك ميدان مغناطيسي متغير قرار مي گيرد به سبب عقب افتادگي چگالي شار (B) از نيروي مغناطيس كنندگی (H) ، اين پديده رخ می دهد.

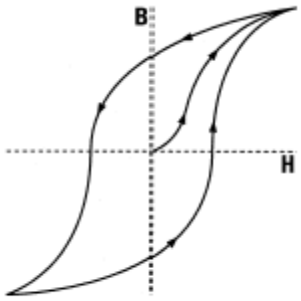


FIGURE 6.81 Magnetic hysteresis.

اشباع مغناطيسي : **(Magnetic saturation)** حد بالاي توانايي يك ماده جهت عبور شار مغناطيسي از خود است.

سنسورهای اثر هال
Hall Effect sensors

مقدمه.....8

ویژگی های عمومی.....9

تاریخچه.....10

تئوری اثر هال.....11

اساس سنسورهای اثر هال.....13

سنسورهای هال دیجیتال.....14

سنسورهای آنالوگ.....14

سیستم های مغناطیسی.....16

سنسورهای موقعیت تشخیص پره (position Sensor Vane Operated).....22

Sequence Sensors.....26

www.ir-micro.com

مقدمه

يك عنصر هال از لايه نازكي ماده هادي با اتصالات خروجي عمود بر مسير شارش جريان ساخته شده است وقتي اين عنصر تحت يك ميدان مغناطيسي قرار مي گيرد، ولتاژ خروجي متناسب با قدرت ميدان مغناطيسي توليد مي كند. اين ولتاژ بسيار كوچك و در حدود ميكرو ولت است. بنابراين استفاده از مدارات بهسازي ضروري است.

اگر چه سنسور اثرهال، سنسور ميدان مغناطيسي است ولي مي تواند به عنوان جزء اصلي در بسياري از انواع حسگرهاي جريان، دما، فشار و موقعيت و ... استفاده شود. در سنسورها، سنسور اثر هال ميداني را كه كميت فيزيكي توليد مي كند و يا تغيير مي دهد حس مي كند.

www.ir-micro.com

ویژگی های عمومی

ویژگیهای عمومی سنسورهای اثر هال به قرار زیر می باشند:

1- حالت جامد؛

2- عمر طولانی؛

3- عمل با سرعت بالا – پاسخ فرکانسی بالای 100 KHZ ؛

4-عمل با ورودی ثابت(Zero Speed Sensor) ؛

5- اجزای غیر متحرک؛

6- ورودی و خروجی سازگار با سطح منطقی (Logic Compatible input and output) ؛

7-بازده دمایی گسترده ($-40^{\circ C}$ ~ $+150^{\circ C}$) ؛

8-عملکرد تکرار پذیر عالی Highly Repeatable Operation ؛

9- یک عیب بزرگ این است که در این سیستمها پوشش مغناطیسی مناسب باید در نظر گرفته شود ،

چون وجود میدان های مغناطیسی دیگر باعث میشود تا خطای زیادی در سیستم اتفاق افتد.

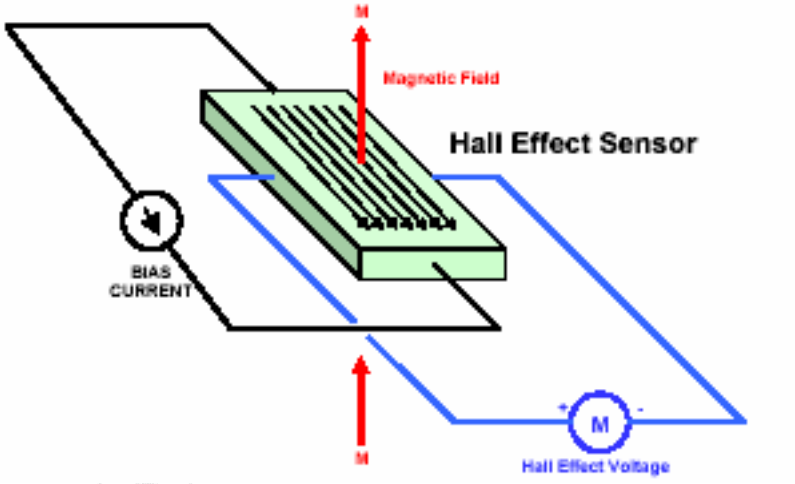
تاريخچه

اثرهال توسط دکتر ادوين هال (Edvin Hall) درسال 1879 در حالي کشف شد که او دانشجوي دکتراي دانشگاه Johns Hopkins در بالتيمر(Baltimore) انگليس بود. هال درحال تحقيق بر تئوري جريان الکترون کلوين بود که دريافت زماني که ميدان يك آهنربا عمود بر سطح مستطيل نازکي از جنس طلا قرار گيرد که جرياني از آن عبور مي کند، اختلاف پتانسيل الکتريکي در لبه هاي مخالف آن پديد مي آيد. و دريافت که اين ولتاژ متناسب با جريان عبوري از مدار و چگالي شار مغناطيسي عمود بر مدار است. اگر چه آزمايش هال موفقيت آميز و صحيح بود ولي تا حدود 70 سال پيش از کشف آن کاربردی خارج از قلمرو فيزيک تئوری برای آن بدست نيامد. با ورود مواد نيمه هادي در دهه 1950 اثرهال اولين کاربرد عملي خود را بدست آورد.

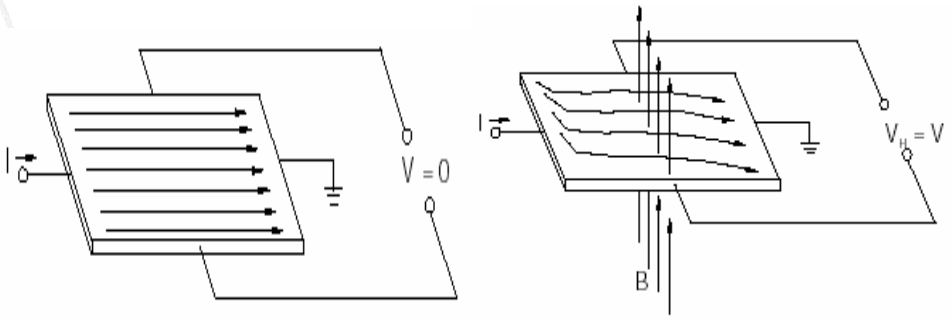
درسال 1965 Joe Maupin ,Everett Vorthman براي توليد يك سنسور حالت جامد کاربردي وکم هزينه از ميان ايده هاي متفاوت اثرهال را انتخاب نمودند. علت اين انتخاب جا دادن تمام اين سنسور بر روي يك تراشه سيليکن با هزينه کم و ابعاد کوچك بوده است اين کشف مهم ورود اثر هال به دنياي عملي و پروکاربرد خود درجهان بود.

تئوری اثر هال

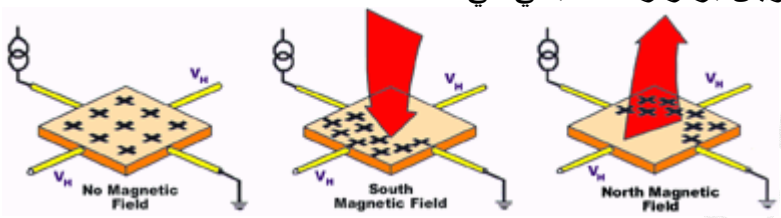
اگر يك ماده هادي يا نيمه هادي كه حامل جريان الكتريكي است در يك ميدان مغناطيسي به شدت B كه عمود برجهت جريان عبوري به مقدار I مي باشد قرار گيرد، ولتاژي به مقدار V در عرض هادي توليد مي شود.



اين خاصيت در مواد نيمه هادي داراي مقدار بيشتري نسبت به مواد ديگر است و از اين خاصيت در قطعات اثرهال تجارتي استفاده ميشود. ولتاژها به اين علت پديد مي آيد كه ميدان مغناطيسي باعث مي شود تا نيروي لرنتز برجريان عمل كند و توزيع آنرا برهم بزند[F=q(V´B)]. نهايتا حاملهاي جريان مسير منحني را مطابق شكل بپيمايند.



حاملهاي جريان اضافي روي يك لبه قطعه ظاهر مي شوند، ضمن اينكه در لبه مخالف كمبود حامل اتفاق مي افتد. اين عدم تعادل بار باعث ايجاد ولتاژ هال مي شود، كه تا زماني كه ميدان مغناطيسي حضور داشته و جريان برقرار است باقي مي ماند.



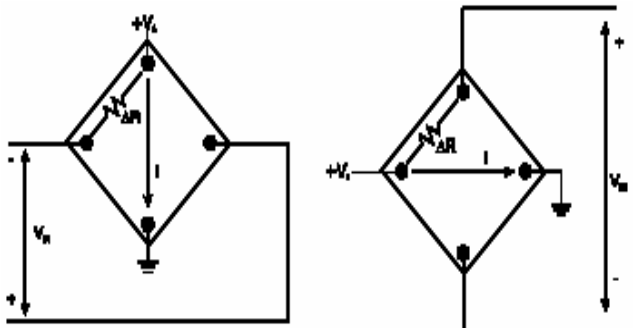
براي يك قطعه نيمه هادي يا هادي مستطيل شكل با ضخامت t ولتاژهايV توسط رابطه زير بدست مي آيد:

$$V_H = \frac{K_H B I}{t}$$

K_H ضريب هال براي ماده مورد نظر است كه بستگي به موبيليته بار و مقاومت هادي دارد.

آنتيمونيد ايريديم تركيبي است كه در ساخت عنصر اثرهال استفاده مي شود و مقدار K_H براي آن $20 \frac{V}{T}$ است. ولتاژهال در رنج $7\ \mu v/V_s/gauss$ در سيليكن بوجود مي آيد و تقويت كننده براي آن حتمي است. سيليكن اثر پيز و مقاومتي دارد و بنابراين براثر فشار مقاومت آن تغيير مي كند.

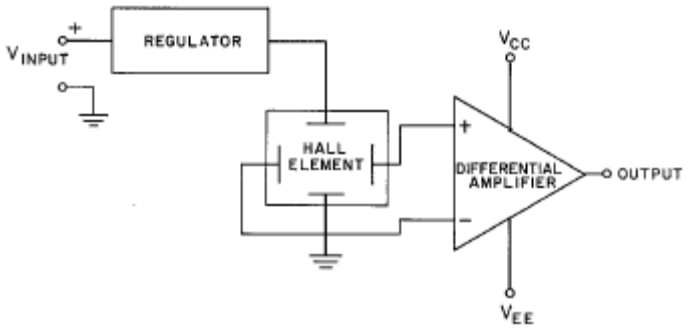
در يك سنسور اثر هال بايد اين خصوصيت را به حداقل رساند تا دقت و صحت اندازه گيري افزوده شود. اين عمل با قرار دادن عنصر هال بريك IC براي به حداقل رساندن اثر فشار و با استفاده از چند عنصر هال انجام ميشود. بطوري كه بر هر يك از دو بازوي مجاور مدار پل يك عنصر هال قرار گيرد، در يكي جريان بر ميدان مغناطيسي عمود است و ولتاژ هال ايجاد مي شود و در ديگري جريان موازي با ميدان مغناطيسي مي باشد و ولتاژ هال ايجاد نمي‌شود. استفاده از 4 عنصر هال نيز مرسوم مي باشد.



اساس سنسورهای اثر هال

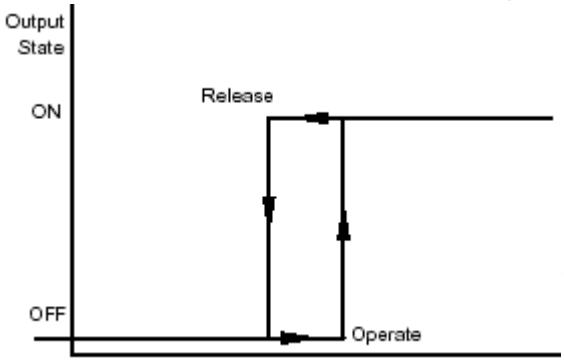
عنصرهال، سنسور ميدان مغناطيسي است. باتوجه به ويژگيهاي ولتاژ خروجي اين سنسور نياز منديك طبقه تقويت كننده و نيز جبران ساز حرارتي است. چنانچه از منبع تغذيه با ريپل فراوان استفاده كنيم وجود يک رگولاتور ولتاژ حتمی است .

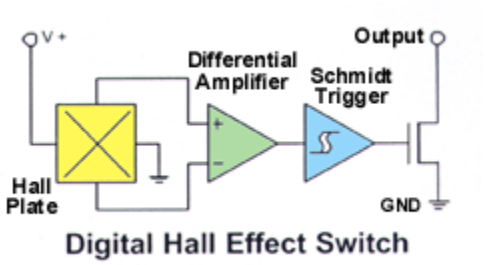
رگولاتور ولتاز باعث می شود تا جریان I ثابت باشد . بنابراین ولتاژ هال تنها تابعی از شدت میدان مغناطیسی می باشد. اگر میدان مغناطیسی وجود نداشته باشد ولتاژی تولید نمیشود. با وجود این اگر ولتاژ هر ترمینال اندازه گیری شود مقداری غیر از صفر به ما خواهد داد. این ولتاژ که برای تمتم ترمینال ها یکسان است با Common Mode Voltage (CMV) شناخته می شود. بنابراین تقویت کننده بکارگرفته شده می بایست یک تقویت کننده تفاضلی باشد تا تنها اختلاف پتانسیل را تقویت کند.



سنسور های دیجیتال

در اين سنسورها وقتي بزرگي ميدان مغناطيسي به اندازه مطلوبي رسيد سنسور ON ميشود و پس از اينكه بزرگي ميدان از حد معيني كاهش يافت سنسور خاموش مي شود. لذا در اين سنسورها خروجي تقويت كننده تفاضلي را به مدار اشميت تريگر مي دهند تا اين عمل را انجام دهد، براي جلوگيري از پرش هاي متوالي از تابع هسترزيس زير استفاده می کنند.

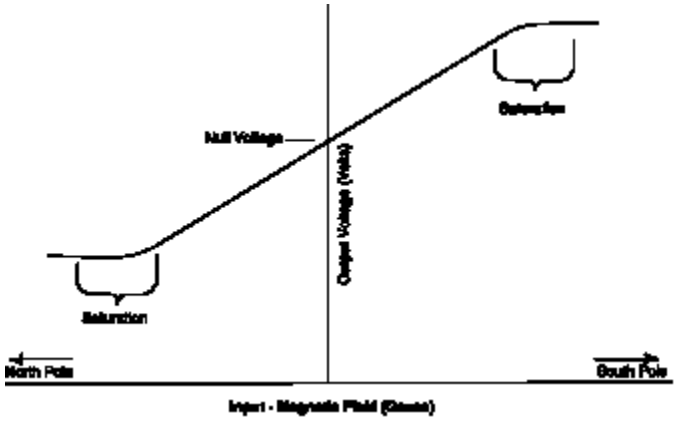




Digital Hall Effect Switch

سنسور های آنالوگ

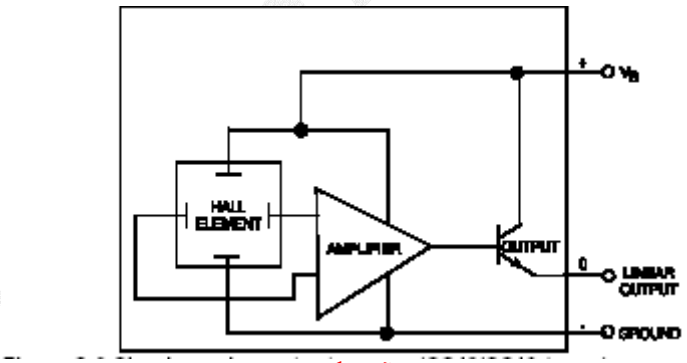
سنسورهاي آنالوگ ولتاژ خروجي خود را متناسب با اندازه ميدان مغناطيسي عمود بر سطح خود، تنظيم مي كنند. با توجه به كميت هاي اندازه گيري اين ولتاژ مي تواند مثبت يا منفي باشد. براي اينكه سنسورهاي ولتاژ خروجي منفي توليد نكند و همواره خروجي تقويت كننده تفاضلي را با يك ولتاژ مثبت را پاس مي كنند.



در شكل بالا توجه داريم كه يك نقطه صفر وجود دارد كه در آن ولتاژي توليد نمي شود . ازويژگيهاي

اثرهال نداشتن حالت اشباع است و نواحي اشباع در شكل مربوط به آپ امپ در سنسور اثر هال می باشد.

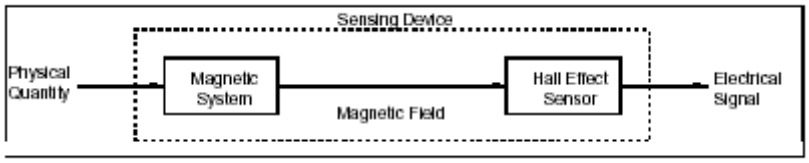
معمولا خروجی تقویت کننده تفاضلی را به ترانزیستور پوش-پول میدهند.



سنسور آنالوگ اثر ها ل

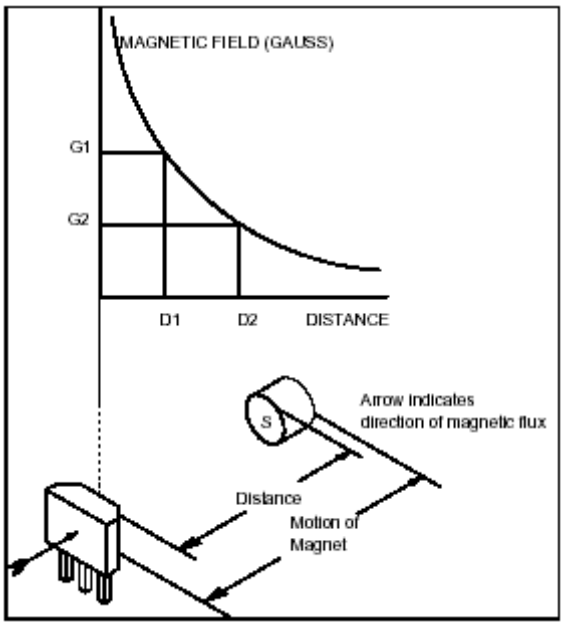
سيستم هاى مغناطيسى

سنسور اثر هال درحقيقت بدين ترتيب عمل ميكند كه توسط يك سيستم مغناطيسي كميت فيزيكي به ميدان مغناطيسي تبديل مي شود. حال اين ميدان مغناطيسي توسط سنسور اثر هال حس مي شود. بسياري از كميت هاي فيزيكي با حركت يك آهنربا اندازه گيري مي شوند. مثلاً دما و فشار را مي توان بوسيله انقباض و انبساط يك Bellows كه به آهنربا متصل است اندازه گيري نمود.



روش هاى مختلفى جهت ايجاد ميدان مغناطيسى وجود دارد.

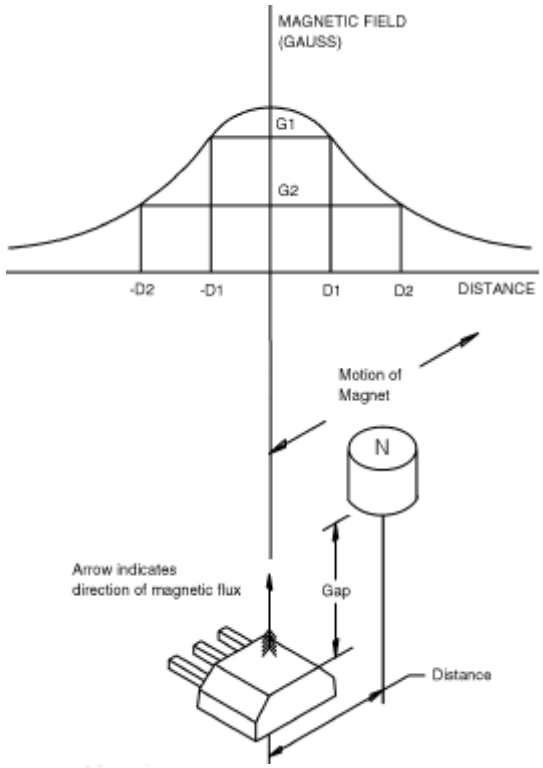
Unipolar head-on mode : در اين حالت آهنربا نسبت به نقطه مرجع سنسور حركت مي كند.



همانطور كه در شكل بالا ديده مي شود منحني تغييرات فاصله وميدان مغناطيسي در اين شكل آمده است (منحني بدست آمده غير خطي است) و دقت درحد متوسط است. مثلاً اگر يك سنسور اثرهال ديجيتالي را در نظر بگيريم در اين حالت در فاصله أي كه G_1 حاصل مي شود سوئيچ عمل مي كند و

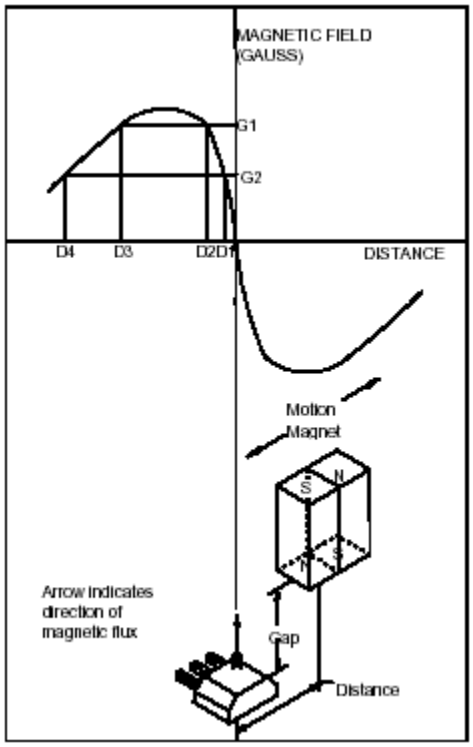
On ميشود و وقتي كه فاصله به حدي رسيد كه G_1 حاصل شود سوئيچ OFF ميكند.

Unipolar Slide-by Mode : در اين حالت آهنربا در يك مسير افقي نسبت به سنسور تغيير مكان مي كند.

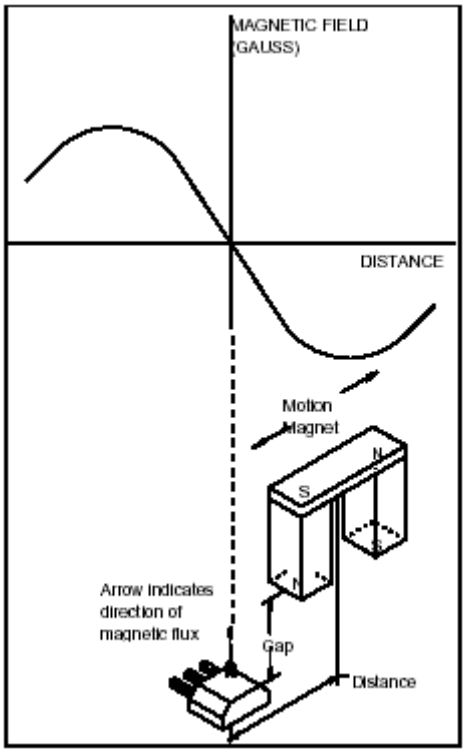


منحني تغييرات مكان نسبت به ميدان مغناطيسي بازهم غير خطي است- دقت اين روش كم است و لي حالت تقارني كاملاً ديده مي شود. مثلاً سنسور اثرهال ديجيتالي را در نظر بگيريد كه در اثر ميدان G_1 روشن شده و در ميدان G_2 خاموش مي شود وقتي آهنربا از سمت راست حركت مي كند و به موقعيت D1+ مي رسد آنگاه سنسور عمل ميكند. اين حركت ادامه مي تواند داشته باشد تا به موقعيت D2– برسد، در اين هنگام سنسور آزاد مي شود و به همين ترتيب.

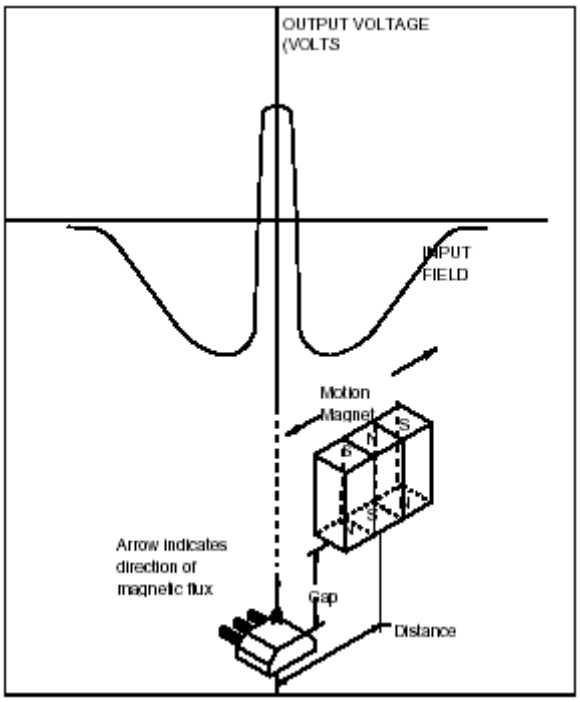
Bipolar Slide-by made : در اين حالت از 2 آهنربا كه قطب S,N هر كدام بصورت ناهمنام در مجاورت هم قرار گرفته است استفاده می کنیم.



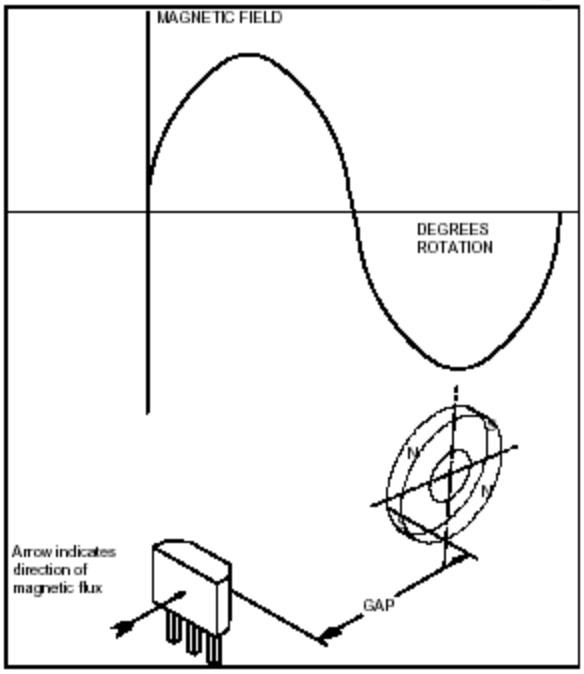
دقت در اين روش درحد متوسط است- حالت تقارن وجود ندارد ولي مي توان در بخش هايي، از خاصيت خطي منحني استفاده نمود. اگر همان سنسور ديجيتالي قبلي را در نظر بگيريم در حركت از راست به چپ وقتي كه فاصله به D2 مي رسد آنگاه سنسور عمل مي كند و تا به مرحله D4 پيش مي رود. بنابراين در يك حركت پيوسته از راست به چپ سنسور در بخش شيب تند عمل مي كند و در بخش شيب كند رها ميكند. جهت حذف شيب تند در بخش مبدأ از يك تكنيك ديگر استفاده مي شود. بدين ترتيب كه در ميان اين دو آهنربا فاصله معينی قرار می دهنـد.



این عمل به طور چشمگیری دقت را افزایش می دهـد. حالت ديگري نيز به كار مي‌رود كه در آن منحني حاصل بصورت يك تابع پالس است. در اين روش در ميان دو آهنربا، آهنرباي ديگري قرار مي دهند كه پهناي پالس متناسب با پهناي اين آهنربا مي باشد.



Bipolar Slide – by mode (ring magnet) : در اين حالت از يك آهنرباي حلقه استفاده مي شود آهنرباي حلقه اي يك قطعه آهنرباي ديسك مانند است كه قطب هاي آن در پيرامون آن قرار دارند. در شكل زير آهنرباي حلقه اي با دو جفت قطب نمايش داده مي شود. به منحني حاصل شبيه به يك منحني سينوسي است. هرچه تعداد قطبهاي آهنرباي حلقه اي بيشتر باشد مقدار پيك حاصل در اندازه ميدان كمتر خواهد بود. تعداد پالس هاي حاصل در اين روش برابر با جفت قطبهاي آهنربا مي باشد. محدوديت در ساخت آهنرباي حلقه اي با جفت قطبهاي زياد، محدوديت اين روش محسوب مي شود.



مقایسه ای از این سیستمها در زیر آمده است:

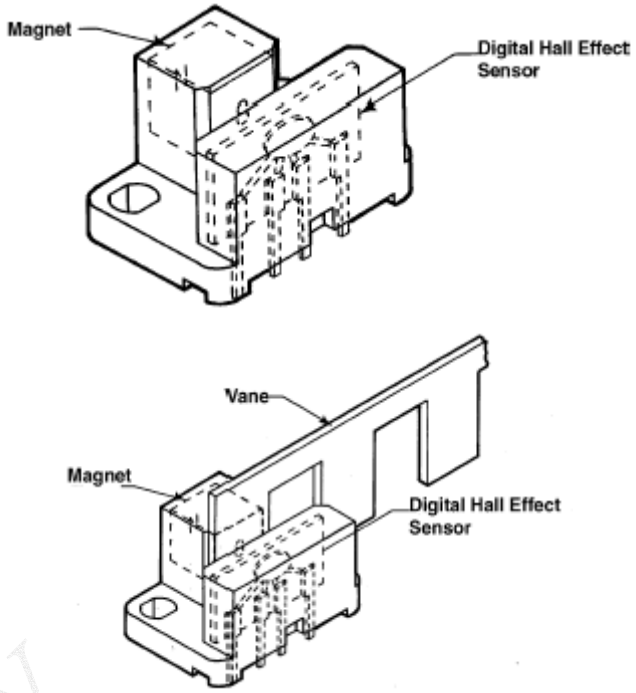
Mode	Motion Type	Mechanical Complexity	Symmetry	Recommended Applications		
				Digital	Linear	Precision
Unipolar Head-on	Recipro-cating	Low	Not Applicable	Unipolar	No	Medium
Unipolar Slide-by	All*	Low-Medium	Yes	Unipolar	No	Low
Bipolar Slide-by (1)	All*	Low-Medium	No	Any	Yes	Medium
Bipolar Slide-by (2)	All*	Medium	No	Any	Yes	High
Bipolar Slide-by (3)	All*	Low-Medium	Yes	Any	Yes	High Medium
Bipolar Slide-by (Ring)	Rotational	Low	Yes	Any	Yes	Low

منظور از All حرکتهای چرخشی ،پیوسته و رفت و برگشتی است .

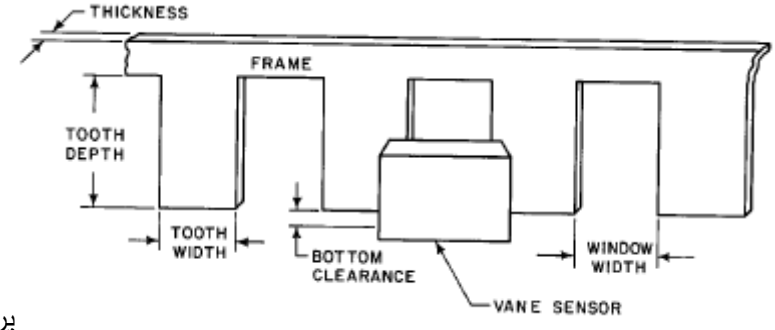
هم اکنون به تشریح برخی از کاربرد های سنسورهای اثر هال می پردازیم:

سنسورهای موقعیت تشخیص پره
(Sensor Position Vane Operated)

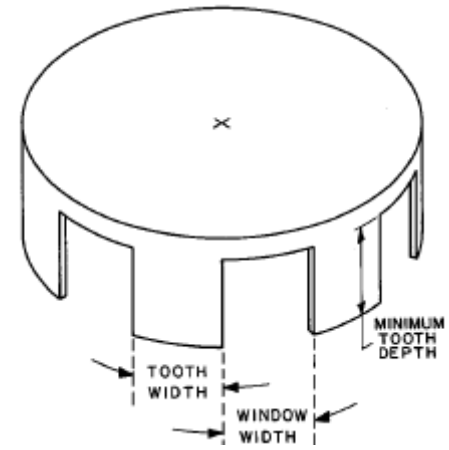
اين سنسورها گاهاً تحت عنوان سنسورهاي پره شناخته مي شوند و شامل يك آهنربا و يك سنسور اثرهال با خروجي ديجيتالي مي باشند. شكل زير اين دو بخش را در يك بسته نشان می دهد.



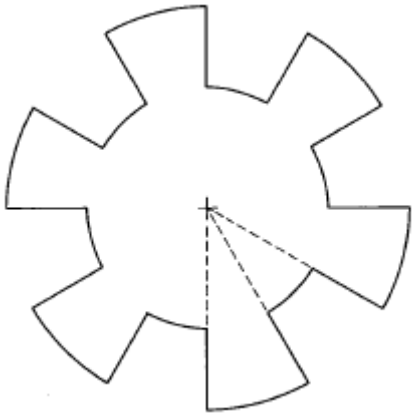
اين سنسور داراي يك فاصله هوايي ميان آهنربا و سنسور اثرهال مي باشد و توانايي موقعيت سنجي خطي و نيز موقعيت سنجي زاويه اي را نيز دارد.



پره خطی



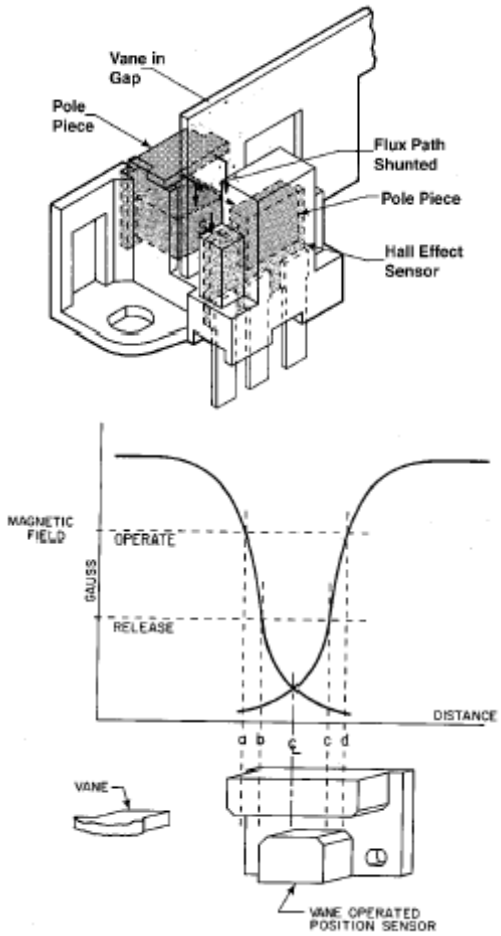
پره یکنواخت



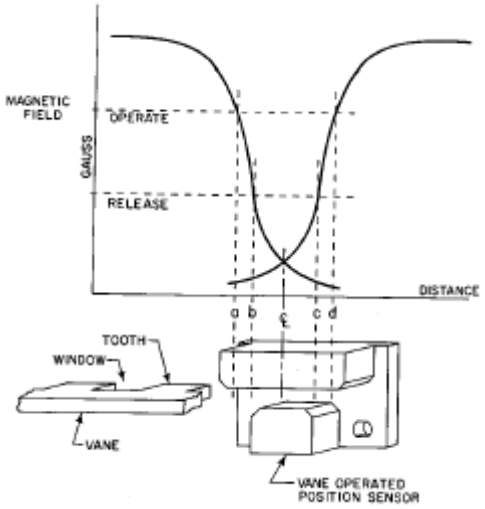
پره دایروی

اساس عملکرد

شکل زیر را در نظر بگیرید. وقتي که پره در فاصله هوايي بين اهنربا وسنسور اثرهال قرار گيرد خطوط شار مغناطيسي پراکنده مي شوند و توسط سنسوراثر هال احساس نمي شوند، بنابراين خروجي سنسور در سطح منطقي صفر (OFF) قرار مي گيرد



شکل بالا نشان ميدهد که وقتي که يك پره ميان اين سنسور مي رود چه اتفاقي مي افتد. درحرکت از چپ به راست وقتي لبه جلوي پره به ناحيه b مي رسد، آنگاه سنسور از حالت ON به حالت OFF تغيير وضعيت مي دهد و اين حالت تا زماني که لبه انتهايي پره به ناحيه d برسد ادامه پيدا مي کند تا در آن لحظه از OFF به ON تغيير وضعيت دهد. بنابراين مدت زماني که خروجي سنسور OFF است برابر با فاصله بين b, d بعلاوه پهناي پره مي باشد. درحرکت از راست به چپ نيز وضعيت کاملاً مشابه است. در اکثر مواقع پره ها بصورت به هم پيوسته مي باشند. اين حالت در شکل زير در نظر گرفته شده است.



توجه کنيد که اين دو حالت هيچ تفاوتي باهم ندارند.

رابطه بين مدت زمان ON, OFF براي حالت پره دندانه اي به پيوسته در جدول زير خلاصه شده

است.

Travel	OFF Distance	ON Distance
Left to Right	Tooth width plus (b to d)	Window width minus (d to b)
Right to Left	Tooth width plus (c to a)	Window width minus (a to c)

نمونه هايي از اين سنسور ها در زير آمده است .

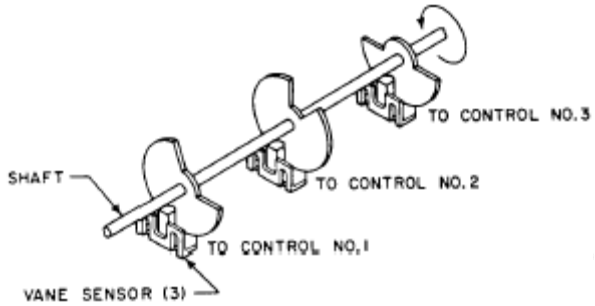
2AV series

4AV series

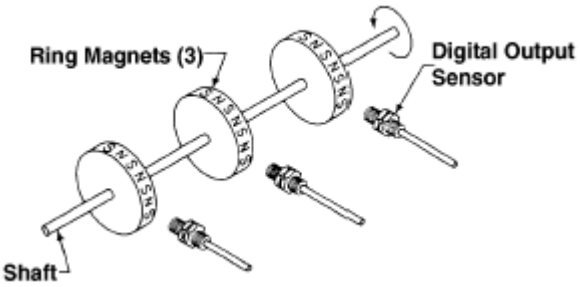
SR 17 / 16 series

Sequence Sensors

شكل زير را در نظر داشته باشيد:



تعدادي ديسك آهني بر روي يك شفت قرار گرفته اند. اين ديسكها از فاصله هوايي سنسورهاي پره عبور مي كنند. شكل هر كدام از اين ديسكها بگونه اي است كه يك مجموعه از (Vane Sensor) آنها منجر به توليد كدهاي خاصي مي شود. سنسور پره در اثر حضور ديسك در فاصله هوايي خروجي را صفر و در اثر عدم حضور آن خروجي را يك مي گويند. به اين ترتيب كد حاصل از اين روش موقعيت يا وضعيت شفت را نشان مي دهد. به جاي استفاده از ديسك ها و سنسورهاي پره مي توان از آهنرباي حلقه اي متصل به شفت و سنسورهاي اثرهال دو قطبي استفاده نمود.



سنسورهاي مگنتواستريكتيو

Magnetostrictive sensors

معرفی.....28

تئوری.....29

مشخصات کلی و مقایسه.....33

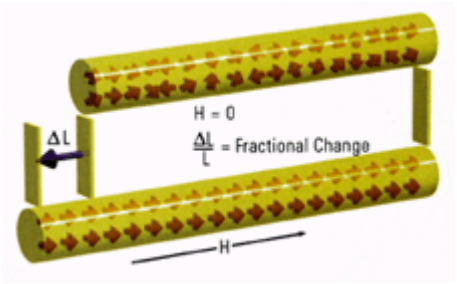
کاربرد و انواع.....34

مراجع.....37

معرفی

تكنولوژي سنسورهاي مگنتواستريكتيو از حدود سال 1970 ميلادي توسط شركت TEMPOSONIC MTS بدست آمده است. هم اكنون نيز تقريبا بخش عمده سنسورهاي توليدي با اين تكنولوژي را اين شركت تهيه مي كند. سنسورهاي مگنتو استريكتيو غير تماسي و مطلق هستند. غير تماسي بودن آنها باعث عمر طولاني و عدم فرسودگي زود هنگام آنها مي شود. وقتي يك سنسور تماسي مانند پتانسيومتر را بررسي كنيم متوجه مي شويم كه با حركت لغزنده بر عنصر مقاومتي، لغزش هاي كوچكي رخ ميدهد كه عامل ايجاد نويز، هيسترزيس و عمر محدود آن مي باشد. بنابراين با گذشت زمان و فرسوده شدن پتانسيومتر نسبت سيگنال به نويز كاهش مي يابد و نيز مي تواند نقاط مرده اي بر عنصر مقاومتي توليد شود، كه تعويض عنصر سنسور را قطعي مي كند.

سنسورهاي مگنتواستريكتيو در دو مسير متفاوت رشد كرده اند يكي بسوي سنسورهاي هوشمند توانا در اندازه هاي كوچكي دومي بسوي سنسورهاي ارزان قيمت طراحي شده جهت كاربردهاي ويژه در صنايع.



تئوری

يك خاصيت مواد فرو مغناطيسي مانند آهن،نيكل و كبالت مي باشد. وقتي اين مواد در يك ميدان مغناطيسي قرار مي گيرند تغيير شكل و يا تغيير اندازه مي دهند. مواد مغناطيسي داراي مجموعه هايي با نام Domain مي باشند كه به تنهايي همانند يك آهنرباي دائمي عمل مي كنند و شامل تعداد زيادي اتم مي باشند. وقتي يك ماده فرو مغناطيسي، در ميدان مغناطيسي قرار نگرفته باشد و به اصطلاح آهنربا نشده باشد، اين حفره ها بطور دلخواه قرار گرفته اند. ولي در اثر حضور ميدان مغناطيسي، حوزه ها منظم گشته و در يك جهت قرار مي گيرند. بدين ترتيب خاصيت مغناطيسي حوزه ها تقويت شده و ماده از خود خواص مغناطيسي نشان ميدهد. اين ويژگي با خواص آلياژ، شدت ميدان مغناطيسي و شرايط گرم[1] و سرد كردن[2] در حين قالب گيري و ذوب كردن متناسب مي باشد.

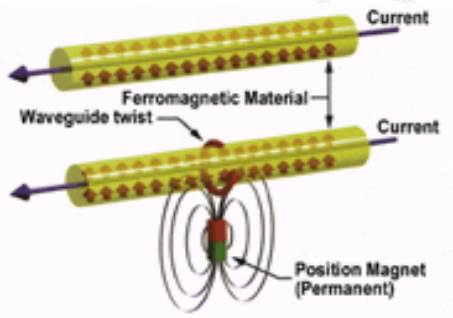
وقتي اسپين هاي الكترون بر اثر ميدان مغناطيسي تغيير جهت دهند، برهم كنش بين اسپين الكترون و اوربيت منجر مي شود تا انرژي الكترون تغيير كند. در نهايت ماده كش مي آيد تا الكترون ها در (آخرين سطح انرژي به سطح انرژي كمتري رسيده و درحالت آرامش قرار گيرند.(پايداري
مواد مي توانند داراي خاصيت هاي

Positive Magnetostriction (PM)

Negetive Magnetostriction (NM)

باشند براثر اعمال مغناطيسي اندازه آنها بزرگتر مي شود. خاصيت PM باشند. وقتي داراي خاصيت باعث كوچكتر شدن ماده در حضور ميدان مغناطيسي مي شود. مگنتو استريكتيو در عناصر پايه NM .و آلياژهاي ساده تغيير اندازه هاي كوچكي را باعث مي شود.

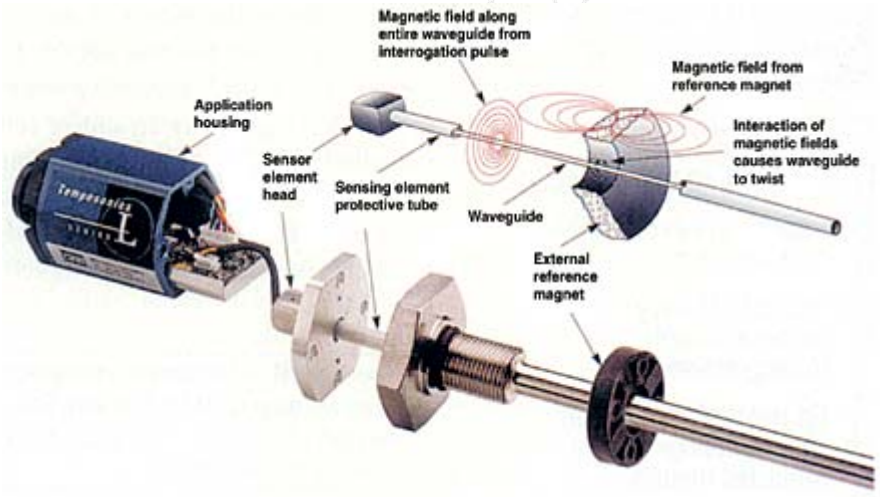
عكس اثر مگنتواستريكتيو، اثر ويلاري مي باشد. يعنى با اعمال فشار بر يک ماده مگنتواستريكتيو خصوصيات مغناطيسي آن مانند نفوذپذيري مغناطيسي آن تغيير مي كند. وقتي يك ميدان مغناطيسي محوري بر يك سيم مگنتو استريكتيو كه جرياني از آن مي گذرد اعمال مي شود، در ميدان مغناطيسي اعوجاجي براثر برهم كنش ميدان مغناطيسي (مثلاً حاصل از يك آهنرباي دايمي) و ميدان مغناطيسي حاصل از عبور جريان الكتريكي بوجود مي آيد. جريان اعمالي را يك پالس با پهناي پالس كوچك(1 تا 2 ميكروثانيه) در نظر بگيريم در اين حالت اثر پوستي كاملاً تاثير گذار خواهد بود و باعث مي گردد تا حداقل چگالي جريان از مركز سيم عبور كند و حداكثر چگالي جريان از سطح سيم بگذرد. بنابراين شدت ميدان مغناطيسی در سطح سيم بزرگتر است اين امر اعوجاج سيم را افزايش ميدهد. بنابراين اين اعوجاج مكانيكی تبديل به يک **موج اولتراسونيک** می شود و در طول سيم حركت می كند. اين موج با سرعت 340 متر بر ثانيه در سيم حركت می كند. به اين پديده اثر وايدمن ميگويند.



بنابراين عبور جريان پالسي با عرض پالس کوچك از يك سيم مگنتو استريکتيو در حضور يك ميدان مغناطيسي خارجي باعث اعوجاجي در ميدان مغناطيسي آهنربا شده و اين اعوجاج بوسيله امواج اولتراسونيك تغيير شکل سيم را سبب مي شود.

نحوه عملکرد موقعيت سنج

اين موقعيت سنج داراي يك آهنربا است که به قسمت متحرك دستگاه وصل مي شود. سيمي نيز که بوسيله پوششي محافظت مي شود به بخش ثابت دستگاه متصل است



موقعيت سنج بدين ترتيب عمل مي کند که با جاري شدن پالس جريان در سيم، شمارنده اي شروع به شمارش مي کند. پالس جريان در محلي که آهنرباي متصل به جسم قرار دارد يك موج اولتراسونيك توليد مي کند. (اثر وايدمن) اين موج در طول سيم عبور می کند تا بوسيله يک محرک دريافت شود و در اين هنگام به سبب ولتاژ توليد شده در بخش محرک تايمر متوقف می شود.

زمان سپري شده توسط تايمر نشاندهنده موقعيت آهنربا مي باشد. از آنجاييکه موج صوتي در جهت

مخالف نيز مي تواند حركت كند، براي جلوگيري از برگشت موج از يك دامپر استفاده می کنیم تا انرژی آنرا جذب کند. بخش محرک از اثر ویلاری استفاده میکند. این بخش از یک آهنربا تشکیل شده است. ماده مگنتواستريكتيو كوچكي به قسمت انتهايي سيم متصل گشته است و بوسيله اين آهنرا مگنتيزه مي شود. اين ماده مگنتواستريكتيو در درون سيم پيچ كوچكي قرار گرفته است. وقتي موج صوتي به آن مي رسد برمبناي اثر ويلاري، ضريب نفوذپذيري مغناطيسي آن تغيير مي كند. به سبب تغییر میدان در سيم پيچي، ولتاژي در پايانه هاي آن ايجاد مي گردد.(اثر فارادي) این ولتاژ باعث خاموش شدن تايمر مي گردد.

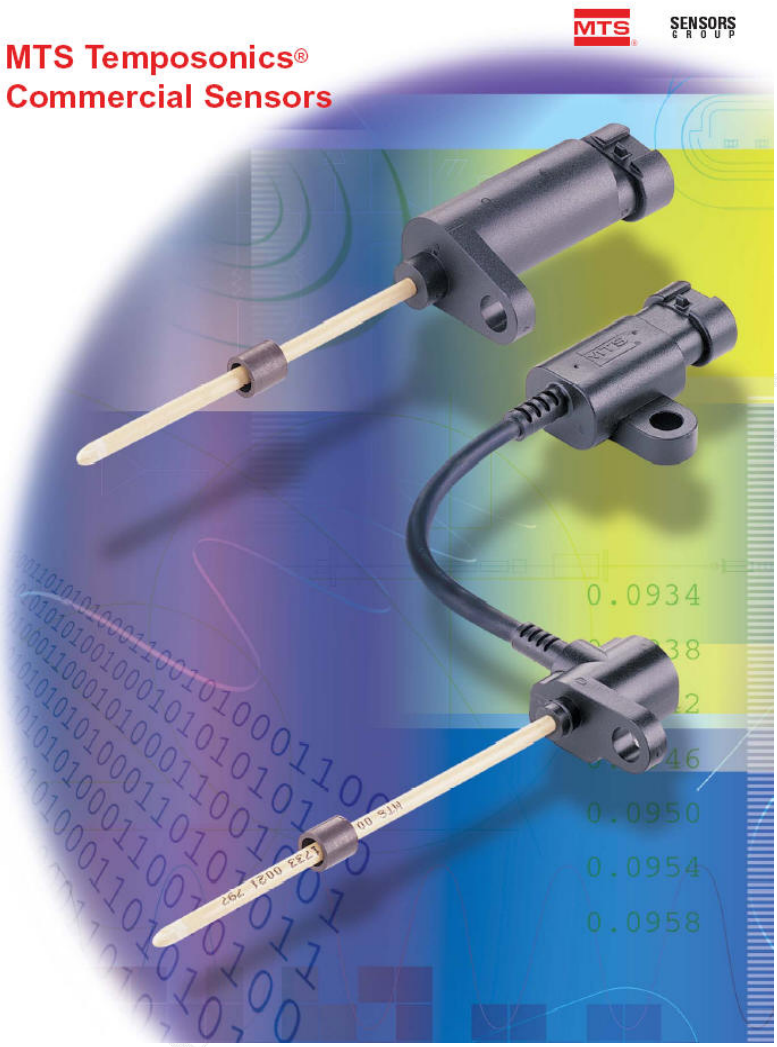
مشخصات كلي و مقايسه

سنسورهاي موقعيت مگنتواستريكتيو خطي از ابعاد 10 تا 20 میلی متر ساخته می شوند.
درصد غیر خطی بودن این سنسورها کمتر از 0.02% است . رزولوشن آنها نیز در حدود یک میکرومتر می باشد. سنسورهاي بلندتر از نظر هزينه بسيار مطلوب مي باشند، چون تنها سيم و بخش بدنه آن بلند تر خواهد شد و ساير قسمت ها تغيير چنداني نخواهد كرد. سيم مگنتواستريكتيو براي موقعيت سنجي خطي بطور مستقيم قرار مي گيرد و براي حركت هاي چرخشي يا زاويه اي يا منحني الخط مي تواند شكل مناسبي را به خود بگيرد. البته هنوز كاربرد چرخشي اين نوع سنسورها فراگير نشده است. در مقايسه با LVDT ها كه براي اندازه گيري 1mm با درصد غير خطي 0.1% و اندازه گيري 25mm با درصد غير خطي 1% تا 0.2% به كار مي روند، خروجي بهتري دارند.
در عين حال توليد LVDT براي اندازه گيري تغييرات بيشتر از 100mm گران و دشوار است.

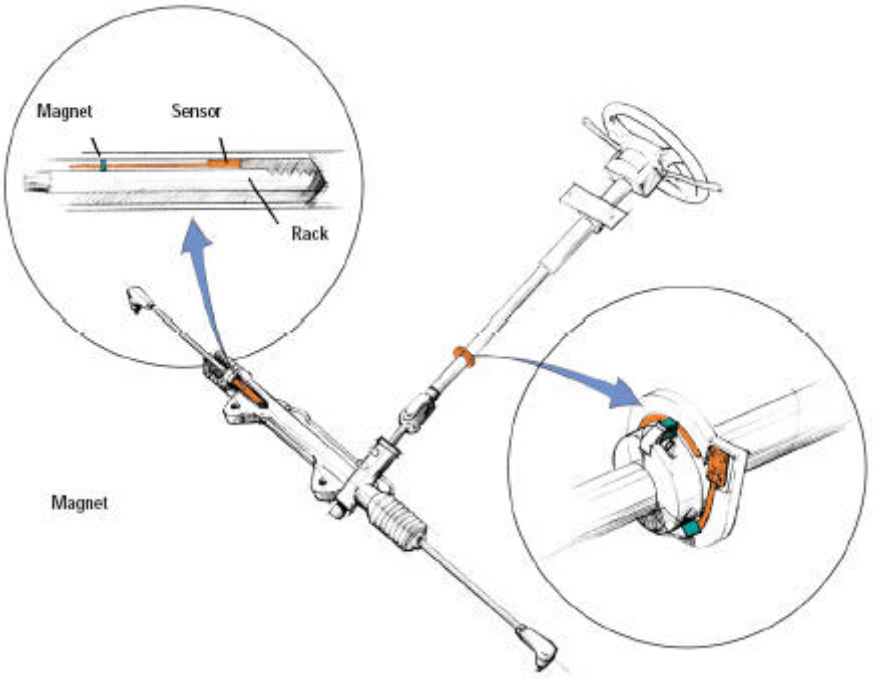
	LVDT	Magnetostrictive	Optical Encoder	Potentiometer
Contact				◆
Non-Contact	◆	◆	◆	
Absolute	◆	◆		◆
Incremental			◆	
Non-linearity	0.1 - 1%	0.02%	0.01%	0.05%
FS Ranges	1 - 100mm	10mm - 20m	50mm - 2m	50mm - 1m
Cost	Medium	Medium	Medium	Low

کاربرد ها و انواع

همانطور که گفته شد، این تکنولوژي متعلق به شرکت MTS TEMPOSONIC بوده است و هم اکنون نیز بخش عمده اي از محصولات مگنتواستریکتیو توسط این شرکت تولید مي گردد.


MTS
SENSORS
GROUP
MTS Temposonics®
Commercial Sensors
0.0934
0.0950
0.0954
0.0958

این سنسورها دارای کاربرد های خطی هستند که گاها با تغییر شکل سیم کاربرد چرخشی نیز پیدا می کنند.



برخی کاربرد های آنها این چنین است.

Injection Molding Machines

Our sensing technology is routinely used on 3 axes of plastic injection molding machines: injector control, ejector control and mold closure. Superior ruggedness and reliability as well as a host of other applicable performance features, make Temposonics the smart choice for this application.

Hydraulic Cylinders

High-performance and durability make Temposonics position sensors the standard in the hydraulics industry. An innovative modular design allows you to easily replace the sensing element and electronics without breaking the cylinder's high-pressure seal. This feature significantly reduces maintenance costs and downtime.

Primary Woodworking

Temposonics sensors are designed and built to withstand the rigors of sawmill applications. So effective are Temposonics sensors in withstanding the high shock and vibration inherent in this rugged application, they have become the industry standard.

Presses

High performance Temposonics III sensors are required for this exacting application. The Temposonics line of sensors provides the high-frequency update rates and superior resolution (up to 2 microns) and linearity needed for effective press performance.

مراجع

1- بهترین و معتبرترین مرجع در این مورد سایت شرکت MTS بوده است.

اما از مراجع دیگري هم استفاده شده است :

2-**** www.fluidpowerjournal.com

3-www.bie-tech.com

4-www.novotechnik.com

5-www.bimba.com

6-***** www.sensorsmag.com

7-www.sensorsland.com

سنسورهای مگنتو رزیستیو

معرفی و تاریخچه.....39

تئوری.....41

آشنایی با GMR 45

آشنایی با CMR 47

مقایسه 48

کاربرد.....50

www.ir-micro.com

معرفی و تاریخچه

ويليام تامپسون و بعداً لورد كلوين، براي اولين بار اثر مگنتور زيستيو در سال 1856 در مواد فرومغناطيسي مشاهده نمودند. اين كشف تا حدود 100 سال بعد كه تكنولوژي ساخت فيلم هاي نازك بدست آمد بدون استفاده باقي ماند.همانطور كه از نام آن برمي آيد ، با تغيير ميدان مغناطيسي مقاومت الكتريكي اين مواد تغيير مي كند. در بيشتر مواد مغناطيسي، زماني كه يک ميدان مغناطيسي اعمال مي شود و(H) عمود بر جهت جريان باشد مقاومت الكتريكي كاهش مي يابد. كاهش مقاومت در ازاي افزايش چگالي شار مغناطيسي(B) است و تا زماني كه ماده به اشباع برود ادامه مي يابد. وقتي ميدان مغناطيسي موازي جهت جريان الكتريكي است با افزايش شدت ميدان مغناطيسي مقاومت افزايش مي يابد. به اين پديده مگنتورزيستيو(MR) مي گويند.

این پدیده نتیجه دو عمل است:

1- كاهش سرعت حاملهاي مقدم به سبب مجبور شدن حاملها به حركت از يک طرف.

2- كاهش مقطع عرضي مؤثر هادي به سبب حركت گروهي حاملها در يک طرف

در حقیقت:

Resistivity = Voltage / (Carrier density * Carrier velocity)

برمبناي اندازه تغييرات مقاومت الکتريکي در ازاي تغيير ميدان مغناطيسي به سه دسته تقسيم مي شوند :

- **Anisotropic Magnetoresistive (AMR)**
- **Giant Magnetoresistive (GMR)**
- **Colossal Magnetoresistance (CMR)**

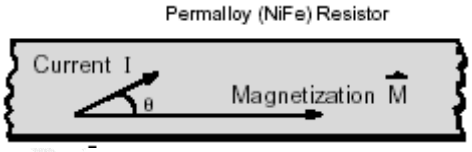
پرکاربرد ترين دسته سنسورهاي MR ، دسته AMR مي باشد که پهناي باند بين 1 – 5 مگاهرتز دارند و عکس العمل آنها بسيار سريع است. کاربرد هاي MRسنسورهاي در هدهاي خواندن نوارهاي صوتي، سرعت چرخ اتومبيل و ميل لنگ، در ناوبري، شناسايي وسيله نقليه (Vehicle Deteetion) وسنسورهاي جريان و ... مي باشد.

تئوری

با توجه به کاربرد وسيع AMR ها در صنعت به بيان اساس و تئوري اين دسته مي‌پردازيم.

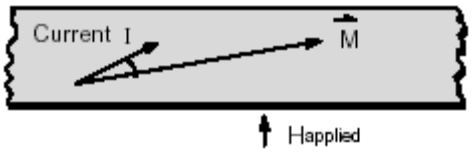
سنسورهاي AMR مي توانند ميدانهاي استاتيك را از نظر قدرت و جهت ميدان احساس كنند. اين سنسورها از فيلم نازك پرمالوي قرار گرفته بر يك ويفرسيليكن تشكيل مي شود.پرمالوي آلياژي است از آهن و نيكل.

در طول ساختن AMR يك ميدان مغناطيسي قوي برآن اعمال مي كنند كه موجب جهت گيري حوزه ها و تشكيل بردار مغناطيسي شوندگي در پرمالوي مي شود. بردار مغناطيسي شوندگي موازي با طول AMR قرار مي گيرد.

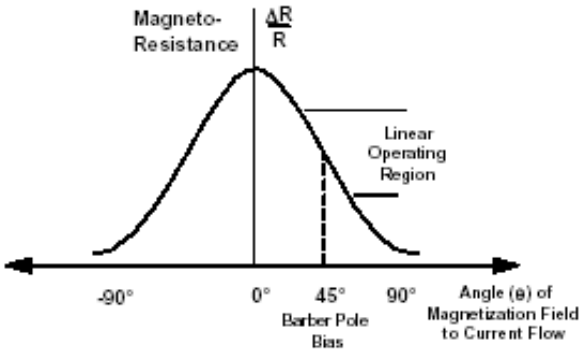


اگر جرياني از AMR با زوايه 45درجه نسبت به طول قطعه عبور نمايد، زوايه اي(□) بين بردار مغناطيسي شوندگي و جريان پديد مي آيد مقاومت AMR زماني كه جريان موازي بردار مغناطيسي شوندگي باشد بيشترين مقدار را خواهد داشت.

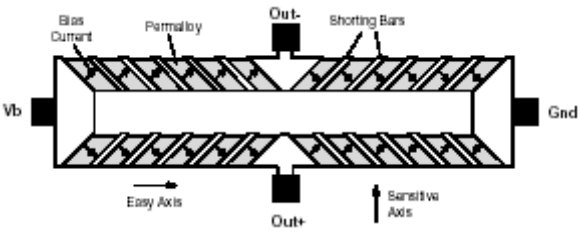
زماني كه يك ميدان مغناطيسي خارجي بر AMR عمل كند بردار مغناطيسي شوندگي مي چر خد و □ تغيير مي كند. اين امر باعث تغيير مقاومت و در نهايت باعث تغيير ولتاژ خروجي در مدار پل مي شود.



شكل زير تغييرات مقاومت را به ازاي تغيير زوايه نشان ميدهد. محدوده خطي پيرامون زوايه 45 است.



روش توليد جريان با زوايه Barber Pole Biasing، 45 ناميده مي شود.



در اين روش برمبناي شكل بالا در AMR و در عرض آن از مانعهاي كوتاهي (Shorting Bar) با مقاومت كم استفاده مي شود. از آنجائيكه اين مانعها با زوايه 45 قرار گرفته اند و نيز جريان مسير با حداقل مقاومت را طي مي كند، جريان با زوايه 45 از طول AMR عبور مي كند. شكل نشان داده شده

AMRچهار را در مدار پل نشان مي دهد.حساسيت اين سنسورها در محدوده ميلي ولت به ازاي اعمال يك اورستد ميدان و يك ولت تغذيه مدار پل مي باشد.

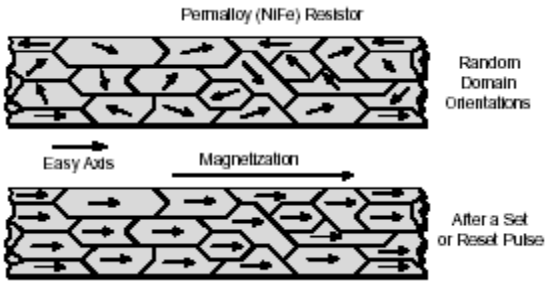
3 کاربرد عملي براي افزايش حساسيت سنسور هاي مگنتورزيستيو وجود دارد.

1- سنسور و ميدان مغناطيسي بايد در يك ميدان مغناطيسي باشند.

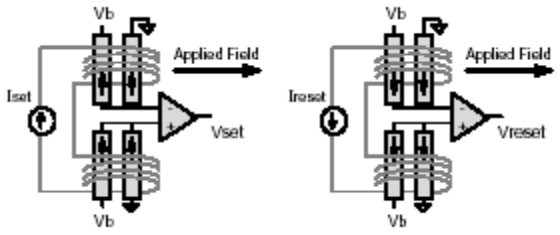
2- فاصله هوايي بين سنسور و ميدان مغناطيسي به حداقل ممکن برسد تا سطح گوسي بر سنسور افزايش يابد.

3- شدت ميدان مغناطيسي افزايش يابد.

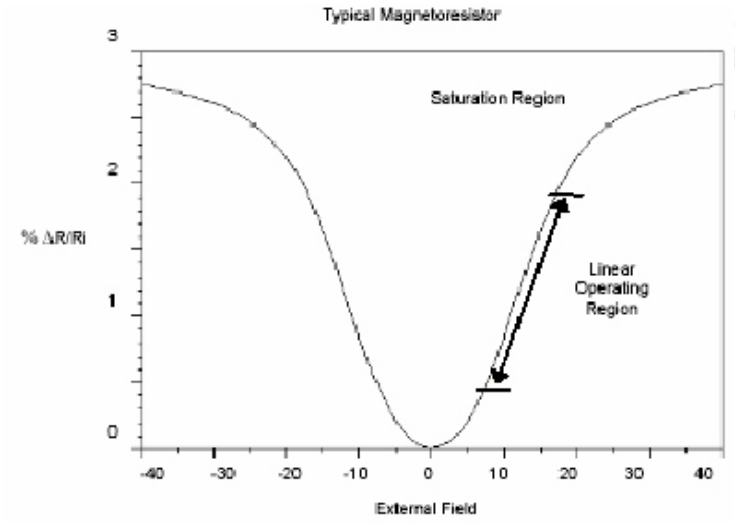
نکته مهم در مورد AMR سنسور اين است که در صورت قرار گيري در يك ميدان مغناطيسي آشفته بردار مغناطيسي شوندگي (هم سويي حوزه‌هاي مغناطيسي) از بين مورد.



جهت بازسازي اين بردار از يك ميدان مغناطيسي قوي استفاده مي کنيم. کافي است تا AMR درحدود 10 نانو ثانيه تحت اين ميدان قرار گيرد.



شکل زير در صد تغييرات dR/R شکل زير يک ماده مگنتورزيستيو را در حضور يک ميدان خارجي نشان مي دهد.



طبق اين شکل ميدان مثبت يا منفي تاثير يکساني در تغيير مقاومت ماده دارد. در عين حال يک منطقه خطي در اين شکل ديده مي شود. توجه داشته باشيد که اين خاصيت داراي منطقه اشباع مي باشد. (تقريبا 80 گاوس)

مواد فرو مغناطيسي داراي جزء مغناطيسي در واحد حجم مي باشند که کميتي برداري است که براي هر نقطه تعريف مي شود. چرخش اين بردار مغناطيس شوندگي از راستاي جريان الکتريکي در حضور يک ميدان مغناطيسي خارجي منجر به تغيير در مقاومت مي شود. براي کاربرد حساس به جهت، لايه مورد نظر را در منطقه خطي قرار مي دهيم سپس با تغيير جهت ميدان خارجي باعث تغيير

جهت بردار مغناطيس شوندگي نسبت به جريان شويم و يا جهت جريان را نسبت به جهت بردار مغناطيس شوندگي تغيير دهيم. شکل زير يک لايه نازک، طولاني از پرمالوي را که جريان از آن مي گذرد نشان مي دهد. وقتي ميدان خارجي بر اين ماده اعمال شود مقاومت با ضريب Sin (زاويه بين بردار جريان I بردار مغناطيس کنندگي M است.) تغيير مي کند.

آشنايی با GMR

در سال 1988 پديده ديگري مشاهده شد که در آن تغيير مقاومت براثر ميدان مغناطيسي بيش از 70% بود در مقايسه با تغيير مقاومت کوچك AMR ها، اين پديده را GMR ناميده اند. ساختار هاي چند لايه از مواد عجيب (گاها تا10 لايه) منجر به توليد دسته اي ديگر از مواد مگنتور زيستيو شده است که خاصيت MR بزرگتري از خود نشان مي دهند و تحت ميدان هاي بزرگتري به اشباع مي روند. به اين دسته از MR ها Giant Magnetoresistive (GMR) مي گويند.

مقاومت 2 لايه نازك از مواد فرو مغناطيسي که بوسيله يك لايه از مواد غير مغناطيسي ازهم جدا شده اند، بر مبناي موازي بودن يا ناموازي بودن بردارهاي مغناطيس شوندگي تغيير مي کند.

يکي از لايه هاي مغناطيسي به سختي مغناطيسي مي شود و همانند يك آهنرباي دائمي نيز باقي مي ماند. لايه مغناطيسي ديگر به راحتي مغناطيسي مي شود.

وقتي اين لايه ها داراي بردارهاي مغناطيس شوندگي موازي هم باشند، داراي پراکندگي کمي در فاصله ميان لايه مي باشند و در نهايت مقاومت GMR در کمترين مقدار قرار دارد.

در حالت بردارهاي غير موازي، پراکندگي در بيشترين مقدار آن است و درنتيجه داراي بيشترين مقدار مقاومت مي باشد.

مقاومت متناسب با زوايه بين بردارهاي مغناطيس شوندگي تغيير مي کند. بنابراين سنسور مي تواند زماني که يك آهنرباي دايمي در بالاي سنسور قرار گيرد جهت اندازه گيري تغيير زوايه يك شفت به کار آيد.

رزولوشن با اين طرح تنها بر مبناي هيسترزين موجود براي حرکت هاي ساعتگرد و پاد ساعتگرد به 2 درجه محدود مي شود. بوسيله 2 سنسور که عمود برهم قرار گيرند موقعيت مطلق را ميتوان بدست آورد.

حساسيت اين نوع سنسور ها با توجه به ميدان مغناطيسي خارجي تعيين مي شود، چرا که ميدان خارجي بايد به حدي قوي باشد تا لايه نرم را مغناطيسه کند ولي نبايد به حدي باشد که بر بردار

مغناطيس شوندگي لايه سخت تاثير بگذارد. اين ميدان در بازه G50 – G200 مي باشد. ضخامت اين لايه به حد نانومتر مي باشد.

كاربردهاي GMR

1 – سنسورهاي مجاورتي

2 – سنسورهاي موقعيت

آشنايی با CMR

اين مواد از GMR هم پيشي گرفته اند و زماني كه در يك ميدان بزرگ و شرايط دمايي نيتروژن مايع (درحدود 190^{C}) قرار گرفته باشد، تغييرات مقاومتي در حدود 10^3 تا 10^8% ايجاد مي كند. به تازگي درتحقيقات توانسته اند تا GMR را نيز دردماي معمولي استفاده كنند. كاربرد چنداني در صنعت نداشته و تنها در آزمايشگاه ها استفاده مي شود.

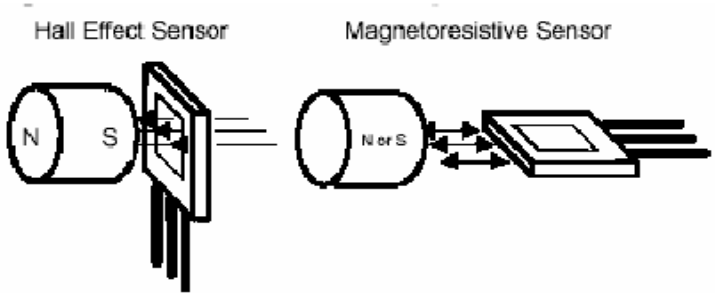
مقايسه

حال به مقايسه اي ميان اثرهال در سيليکن و نيز اثر مگنتور زيستيو در پرمالوي مي پردازيم.

هر دو تکنولوژي قابل مجتمع شدن در يك چيپ مي باشند. هر دو براي ميدان مغناطيسي هر دو تکنولوژي قابل مجتمع شدن در يك چيپ مي باشند. هر دو براي ميدان مغناطيسي تغيير ناپذير با زمان ايجاد مي شوند و پاسخ سريع دارند.

- بار بيشتر نسبت به اثرهال حساس است و حساسيت آن مطابق با ضخامت و پهناي انتخابي فيلم است.
- سنسورهاي MR وقتي با آهنرباي حلقه اي (جهت شمارش) بکار مي روند، روزولوشن سنسور 2 برابر مي شود. که اين خاصيت در اثرهال موجود نمي باشد.
- سنسورهاي اثرهال داراي خاصيت خطي بيشتري هستند و داراي منطقه اشباع نيز(حتي تحت ميدان مغناطيسي بزرگ) نمي باشند.

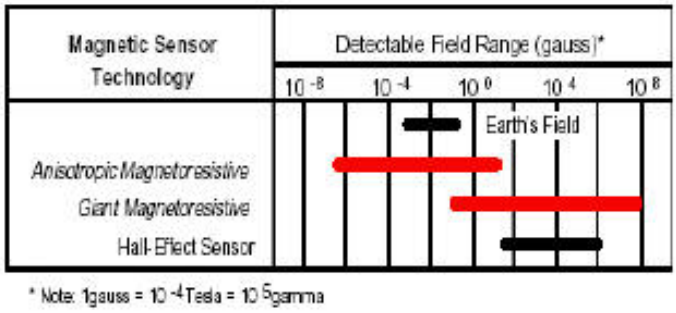
سنسورهاي اثرهال به ميدان هاي عمود بر خود و سنسورهاي MR به ميدان هاي موازي با خود پاسخ مي دهند.



Magnetoresistive vs. Hall Effect

	Hall	MR
Process Technology	Silicon IC	NiFe Thin Film
Sensitivity	10uv/v/g	2 mv/v/g
Saturation Field	None	10 - 100g
Linearity	< 1%	$COS^2\Theta$
Sensitive Axis	Perpendicular to plane of chip	Parallel to plane of chip
Output for Constant Field	Yes	Yes

در شکل زير ميدان کاري چند تکنولوژي اي که تا کنون مطالعه کرده ايم را نشان مي دهد.



همانطور که ملاحظه مي شود ميدان کاري AMR کوچکتر از ميدان لازم براي GMR و هال مي باشد.

کاربردها

اين سنسور ها براي پيدا کردن اشياء مغناطيسي در هواپيماها، قطار واتومبيل ها که ميدان مغناطيسي زمين را به هم مي زنند به کار مي روند.از کاربردهاي ديگر آنها در قطب نماي مغناطيسي، سنسورهاي زوايه اي و چرخشي موقعيت، رديابي و هدايت مته در زير زمين مي تواند يادکرد.

برخلاف ديگر سنسورهاي AMR سنسور موقعيت AMR بايد توسط ميدان خارجي به حالت اشباع در آيد يعني با افزايش بزرگي ميدان تغييري در مقدار مقاومت AMR پديد نيايد و تنها عاملي از موقعيت ميدان بر مبناي زاويه حاصل بين بردارمغناطيس کنندگي و جريان باشد. بنابراين اين سنسورهاي موقعيت سنجي درناحيه اشباع عمل مي کنند.

برخلاف سنسورهاي اثرهال که نياز به ميدان مغناطيسي درحد کيلوگارس نياز دارند، AMR به اين شدت ميدان مغناطيسي نيازي ندارد. با استفاده از چند سنسور خاصيت براحتي افزايش مي يابد.

براي توضيح کاربرد ها ، از دو سنسور صنعتي شرکت Honeywell با نامهاي HMC1501 و HMC1512 مي کنيم.

سنسورهاي HMC1501 و HMC1512 به ترتيب داراي مقاومت 5 و 2.1 کيلواهم در مدار پل مي باشند .ضريب حساسيت آنها بين 1.8 to 2.1 millivolts per degree مي باشد. (در ناحيه خطي عملکرد) ولتاژ خروجي تقريباً 120mv مي باشد .پهناي باند درحدود 5MHZ مي باشد.

HMC1501دسته ازموقعيت سنجهاي AMR هستند که داراي يك پل وتستون براي موقعيت سنجي ±45° مي باشند خروجي مدار پل به شرح زير است:

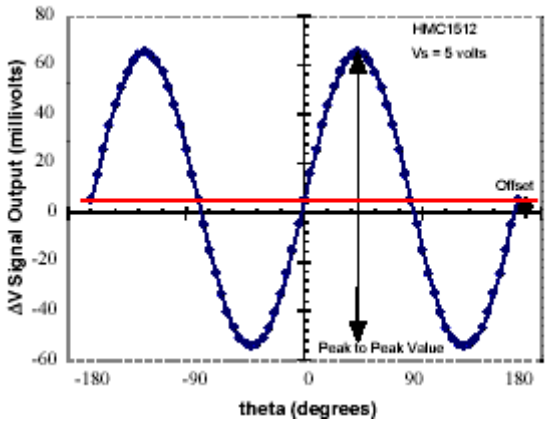
$\Delta V = -Vs\ S \sin(2\theta)$ where:

Vs = Supply Voltage (volts)
S = Material Constant (12mV/V)
θ = Reference to Magnetic Field Angle (degrees)

HMC1512دسته اي ديگر از موقعيت سنجهاي AMR است که داراي دو پل وتستون براي رنج ±90° مي باشد. که خروجي هر يك از مدارهاي پل بصورت $\Delta V_A = Vs\ S \sin(2\theta)$ و $\Delta V_B = -Vs\ S \cos(2\theta)$ مي باشد.

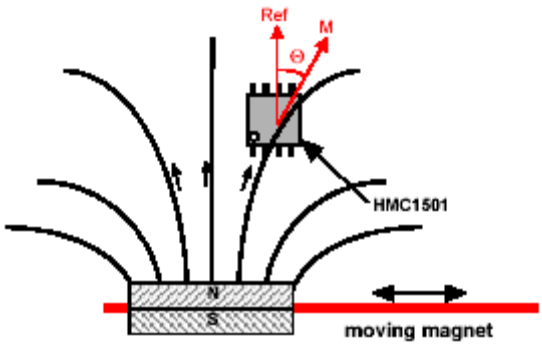
کاربردهاي خطي

ديا‌گرام زير 2 دوره متناوب از خروجي مدار پل را نشان مي دهد، ناحيه خطي در بازه اي ±45°در اطراف زواياي 180-،90-،0،90،180 درجه قرار دارد. در نقاط 0 و ±180 شيب مثبت و در بقيه شيب منفي است.



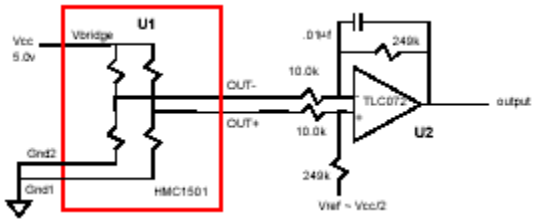
خروجي سنسورهاي موقعيت AMR نيازمند مدار بهسازي است. چنانچه تغييرات دمايي زياد باشد بايد از جبرانساز دمايي نيز استفاده نماييم. همينطور اگر از چند مدار پل استفاده نماييم، خطاي ديگري که بايد آنرا بطريقي جبران نماييم تلورانس بخش به بخش در مواد است.

شکل زير يکي از کاربردهاي موقعيت سنجي خطي را نشان ميدهد.

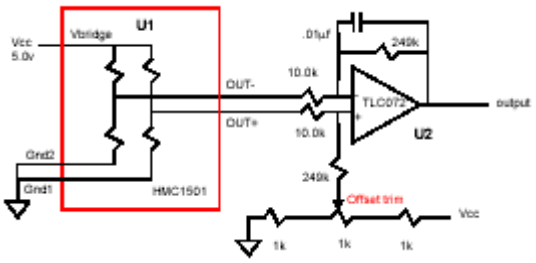


IC بکار گرفته شده HMC1501 است که داراي يك مدار پل مي باشد و مي تواند ±45°را در رنج تغييرات خطي تعيين کند. با فرض منبع تغذيه 5 ولت اين سنسور دربازه ± 60 ميلي ولت تغييرات ولتاژ خواهد داشت. شکل موج خروجي بر حسب زوايه در زيرآمده است.

شکل زير يك تقويت کننده ابزار دقيق را نشان مي دهد. يك تقويت کننده تفاضلي وانتگرالي. گين ولتاژ اين تقويت کننده تقريباً 25 ولت است. بنابراين مقدار پيك - پيك خروجي را از 120 ميلي ولت به 3 ولت تغيير مي دهد.



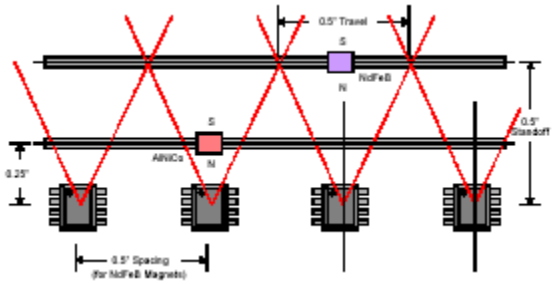
ضريب ولتاژ آفست مدار پل ±7mV/V و با منبع تغذيه 5 ولت آفست مدار پل 35mV خواهد بود که در نهايت با وجود تقويت کننده به 850mv خواهدرسيد. بنابراين بايد بگونه اي آفست مدار را تضعيف نمود. يك روش براي مقابله با آفست مدار تغيير زمين مدار با استفاده از يك پتانسيومتر مي باشد.



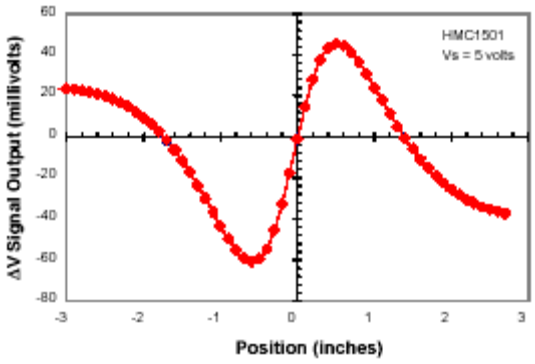
روش ديگري براي حذف خطاي آفست وجود دارد و آن اين است تا بوسيله آزمايش کاليبراسيون مقدار خطا را بدست آورده و از مقدار نهايي کم کنيم. اين عمل با کاهش متعلقات مدار بهسازي از افزايش حجم، قيمت و تاثير نويز جلوگيري مي کند. ولي از آن جهت که طراح را مجبور مي کند تا بهره تقويت کننده را جهت تعادل در آفست و ضريب حساسيت کاهش دهد چندان جالب نمي باشد.

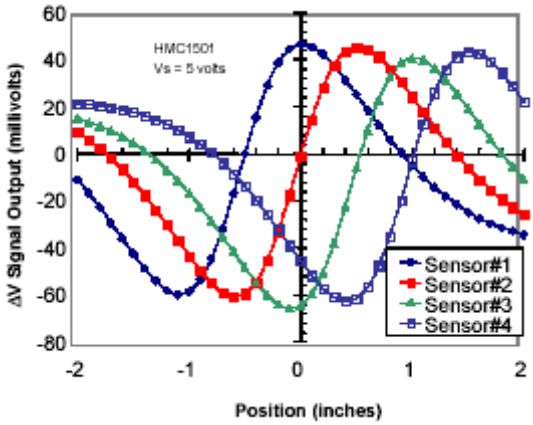
جهت افزايش رنج موقعيت سنجي از ±45° به ±90° از 2 سنسور HMC1501 و يا يك سنسور HMC1512 (با 2 مدار پل) استفاده مي کنيم. براي افزايش رنج اندازه گيري موقعيت خطي معمولاً از چند سنسور استفاده مي کنيم. جهت افزايش ويژگي خطي سيستم معمولاً رنج خطي هر سنسور را کمتر از حد نامي در نظر مي گيرند. به خاطر داريم که براي موقعيت سنج خطي مي بايست AMR در ناحيه اشباع قرار گيرد. بنابراين فاصله آهنرباي متحرك از مقابل سنسورها بازاي ميدان يك کيلو گاوسي حداکثر 0/25 اينچ خواهد بود که با افزايش فاصله به 0/5 اينچ ميدان مي بايست به حدود 3 کيلوگاوس افزايش يابد.

همانطور که در شکل زیر:



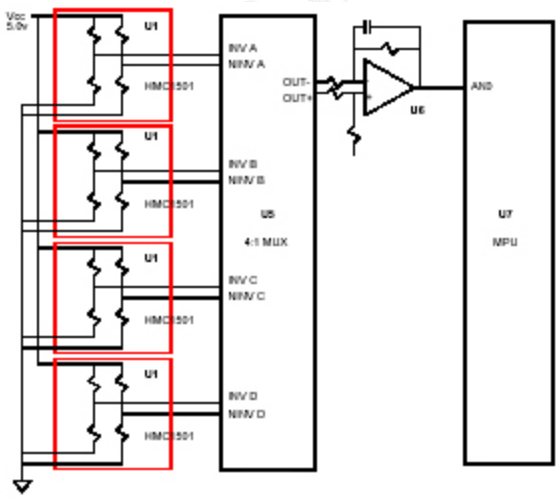
مشخص است با عبور آهنربا از مقابل سنسورها بازاي 4 سنسور 4 موج بوجود خواهد آمد. بازاي يك موقعيت سنج 2 اينچي نمودار تغييرات ولتاژ خروجي برحسب موقعيت براي يك سنسور و 4 سنسور رسم شده است.



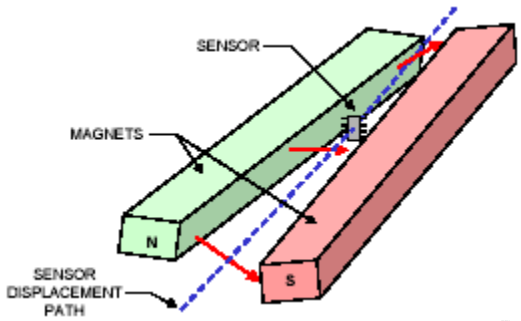


رزولوشن براي اين سنسور در حدود 0/002 اينچ است و دقت در حدود 0.1% مي باشد.

در ΔVحاصل از هر مدار پل سنسور، بايد بدانيم که هر سنسور جهت حذف خطاي آفست واندازه گيري ولتاژ پيک-پيک خروجي کاليبره شده است تا خروجي نهايي در يک رنج مشابه تنظيم گردد. پس از کاليبراسيون ولتاژ خود را تشکيل مي دهد و عمل مقايسه ما بين ولتاژهاي خروجي تصحيح شده انجام مي شود و شيب هايي را در ميان سنسورهاي مجاور هم توليد مي کند. درنهايت تنها از شيب هاي مثبت استفاده مي شود (رنج خطي هر سنسور) و مقدار کوچک ΔVبرشيب يا شيب هاي مثبت قرار داده مي شود. با فرض اينکه هر سنسور به يک ميکروکنترلر 8 بيتي متصل باشد، مي تواند 256 نقطه را براي رنج خطي خود در نظر بگيرد. بنابراين براي کل رنج 1024 نقطه خواهيم داشت.



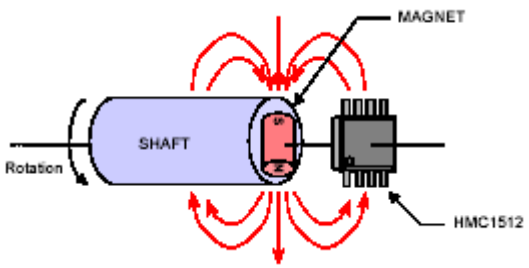
براي افزايش رنج موقعيت سنجي خطي روش ديگري مطرح است. شکل زير کاربرد خطي را نمايش مي دهد.

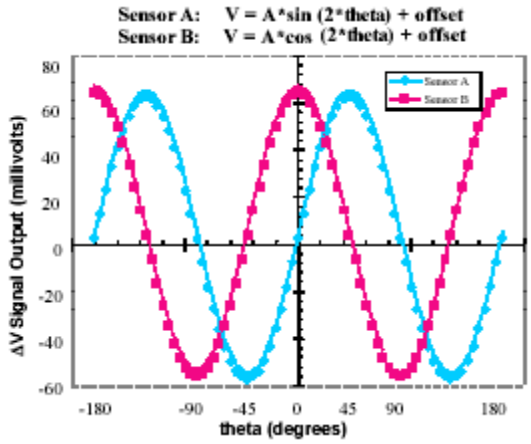


دو آهنربا را نشان مي دهد که نسبت به هم در وضعيت ناموازي قرار گرفته اند و در فاصله ميان آنها سنسور در طول دوآهنربا حرکت مي کند. در موقعيت هاي نزديک زوايه شار روبه پايين است و در فاصله هاي دور زاويه شار رو به بالا قرار دارد. بنابراين با يک سنسور AMR مي توان موقعيت سنجي نمود. در اين حالت هم آهنربا، هم سنسور مي توانند نسبت به هم حرکت کنند.

کاربرد هاي زاويه اي

شکل زير يک آهنرباي متصل به انتهاي شفت را نشان مي دهد که در برابر يک سنسور شکل زير يک آهنرباي متصل به انتهاي شفت را نشان مي دهد که در برابر يک سنسور 12HMC15 قرار گرفته است. زماني که شفت مي چرخد دو ولتاژ سينوسي وکيسنوسي در خروجيهاي سنسور قرار مي گيرد.





پس از حذف ولتاژ آفست با تقسیم خروجیها برهم توسط میکروکنترلر خواهیم داشت:

$$\theta = 0.5 * \arctan (\Delta Va / \Delta Vb)$$

باتوجه به ویژگي که تابعي از معکوس تانژانت است حالت زیر رخ مي دهد:

For ΔVa = 0, θ = 0°

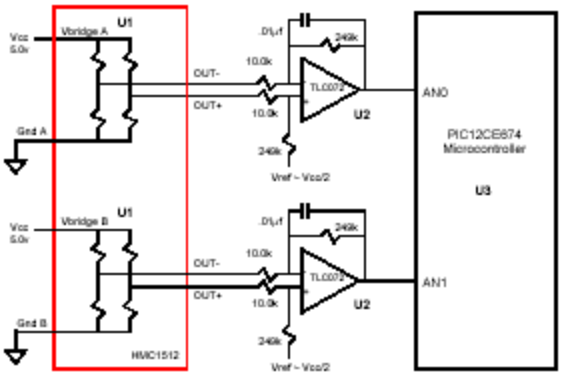
For ΔVb = 0 and ΔVa = <0, θ = -45°

For ΔVb = 0 and ΔVa = >0, θ = +45°

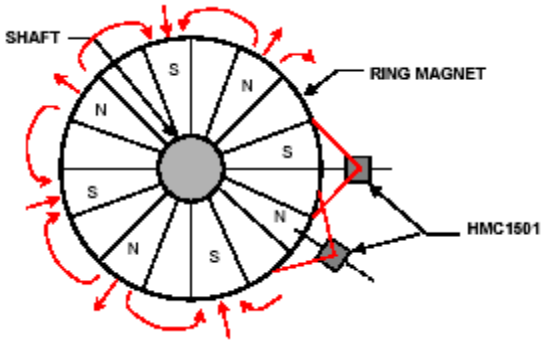
For ΔVa < 0 and ΔVb < 0, subtract 90° from θ

For ΔVa > 0 and ΔVb < 0, add 90° from θ

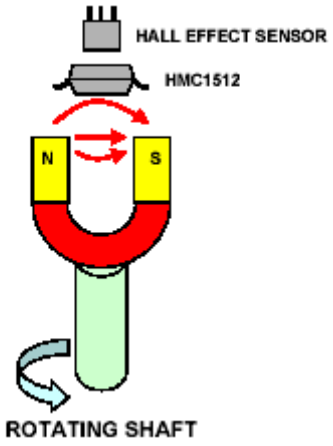
شکل زیر مدار ارتباطي با میکروکنترلر را نشان مي دهد. توجه داریم که چنانچه زوایه چرخش بیشتر از 90 باشد با ز هم خروجي برمبناي ورودي محدود خود تعیین مي شود یعني خروجي هیچگاه از بازه 90 خارج نمي شود.



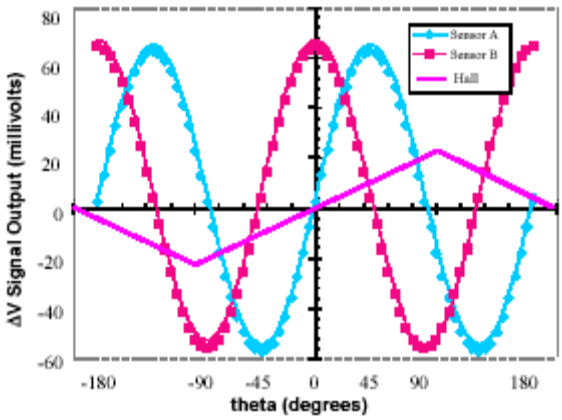
چنانچه انتهاي شفت قابل استفاده يا در دسترس نباشد از يك آهنرباي حلقه اي با قطب هايي كه بصورت قطاع قرار گرفته اند. شكل زير از يك آهنربا و دو سنسور HMC1501 تشكيل شده است.



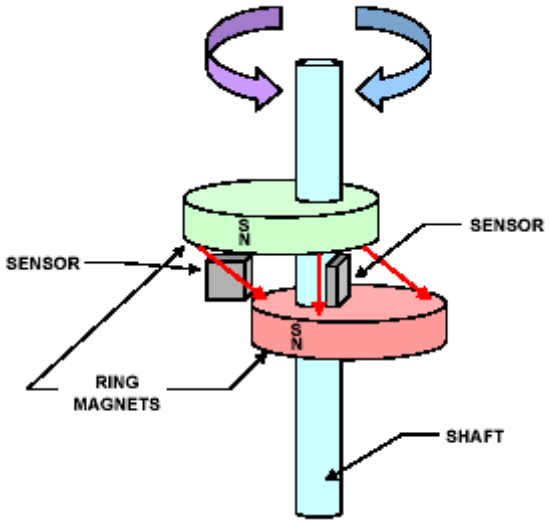
اين روش نمي تواند تمام محيط شفت را در برگيرد (180°) و در عين حال بايد محافظتي از ميدان مغناطيسي موتور نيز در نظرگرفته شود. نكته ديگري كه بايد در نظر گرفت اين است كه تداخلي در موقعيت دو سنسور وجود دارد تا اينكه يك يا هر دو به اشباع برسند. براي ايجاد حسگر چرخشي 360 درجه از يك سنسور HMC1512 به همراه سنسور هال استفاده مي كنيم. سنسورهاي هال براي موقعيت سنجي دقيق و حساس پيشنهاد نمي گردند. در اين روش از آنها جهت تعيين پلا ريته كه كدام نيمه از سنسور AMR در مقابل آهنربا مي باشد، استفاده مي شود.



وقتي كه آهنرباي متصل به شفت بدور سنسورهاي هال و AMR مي چرخند، پلاريته ولتاژ سنسور اثرهال تغيير مي كند. با به بكاربردن يك مدار مقايسه گر درخروجي سنسوراثرهال، موقعيت، تبديل به 2 حالت 180 درجه مي شود كه با موقعيت سنجي ±90° از سنسور AMR يك موقعيت سنجي ±180° خواهيم داشت.



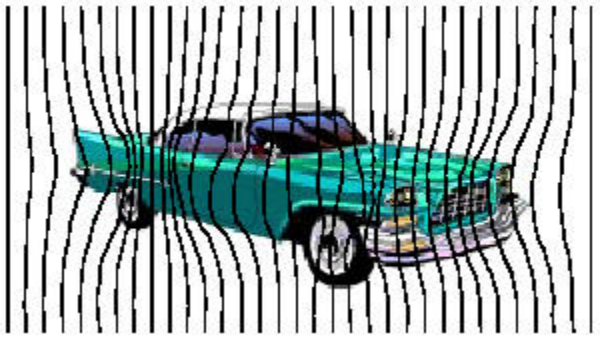
براي حالت زوايه اي شكل زير 2 آهنرباي حلقه اي كه به يك شفت قرار گرفته اند را نشان مي دهد.



آهنربا ها بصورت غير هم مرکز با شفت قرار گرفته اند. هر آهنربا با ديگري 180 فاصله از مرکز دارد. 2 موقعيت سنج به گونه اي قرار گرفته اند.تا 360 درجه چرخش را پوشش دهد.

Vehicle detection

ميدان مغناطيسي زمين در يك سطح وسيع (چند کيلومتر مربع) يکنواخت است. مطابق شکل زير



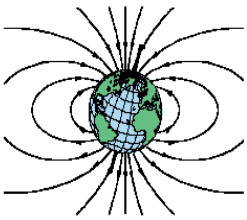
تغييرات و AMRيك شي مغناطيسي آشفتگي موضعي در ميدان زمين ايجاد مي کند. سنسورهاي آشفتگي ميدان زمين را احساس مي کند.

يك سنسور يك محوره AMR مي تواند حضور يا عدم حضور اتومبيل را تا فاصله 15متري، وابسته به جنس، درك كند. از اين ويژگي در پاركينگ ها جهت در اختيار قراردادن راننده از فضاهاي كافي استفاده مي شود. كاربرد ديگري در كنترل ترافيك، وجود دارد كه معمولاً 3 سنسور AMR را در يك مسير باريك قرار مي دهند. ا ين سنسورها زماني كه وسيله نقليه اي از بالاي آنها عبور كند سيگنال هايي را ايجاد مي كند.

قطب نماي الكتريكي با استفاده از AMR

ميدان مغناطيسي زمين در حدود 0.5 تا 0.6 گوس مي باشد و تقريباً موازي سطح زمين است و هميشه درجهت قطب جنوب مي باشد. اينها اساس قطب نماها مي باشند. AMR گزينه مناسبي براي قطب نماست، چون رنج حساسيت آن در بزرگي ميدان زمين متمركز است

.



Reed Switch

معرفی.....63

مزایا.....64

معایب.....65

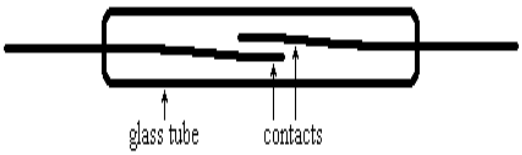
منابع.....65

www.ir-micro.com

معرفی

شامل يك جفت كنتاكت فرو مغناطيسي و انعطاف پذير است كه كاملاً فشرده و بسته شده اند و روي محفظه اي از گاز بي حركت و ساكن قرار گرفته اند. ميدان مغناطيسي موجب مغناطيسي شدن كنتاكت ها شده و در نهايت آنها يكديگر را جذب مي‌كنند داراي سه نوع (Normally Open) NO,(Normally Close) NCو كليد سه حالته مي باشد.

Reed Switch يك آهنرباي دائمي دارد كه بر كنتاكت متحرك قرار مي گيرد و سوئيچ را زمانيكه به اندازه كافي به آن نزديك شد فعال مي‌كند. دراين حالت به عنوان يك سنسور مجاورتي عمل مي كند و در سيستم هاي مجاورتي جهت درك وضعيت درها و پنچره ها به كار مي رود.



در عين حال در كنترل سرعت چرخش موتور نيز كاربرد دارند.

مزايا

يك قطعه مكانيكي است كه اگر درست استفاده شود عمر خوبي مي تواند داشته باشد. (مابين 10^6 تا 10^7 بار عمل مي كند در جريان 10ma)

- ابعاد بسيار كوچك دارد.
- بسيار حساس به ميدان مغناطيسي مي باشد.
- خطاي افت پتانسيل و يا نشتي جريان ندارد.
- بسيار ارزان است.
- تكرار پذيري خوب است.
- مقاوم در برابر گردوغبار و آلودگي.
- عدم نياز به منبع تغذيه.

www.ir-micro.com

معایب

- يك نويز الكتريكي قوي توليد مي كند.
- پاسخ كند دارد
- هيسترزيس بالا دارد. با افزايش زمان استفاده اين پديده افزايش مي يابد.

منابع

.www.honeywell.com-1

.www.bimba.com-2

www.ir-micro.com

انکودرهای مغناطیسی

انکودرهای مغناطیسی 67

ویژگیهای عمومی..... 69

مقایسه انکودرهای نوری و مغناطیسی..... 70

کاربرد..... 71

نمونه..... 71

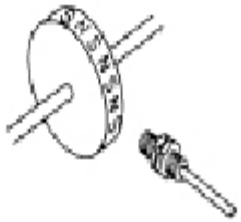
مراجع..... 71

www.ir-micro.com

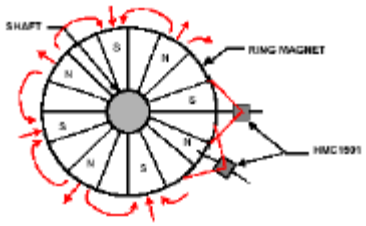
انکودرهاي مغناطيسي

انکودرهاي مغناطيسي توسط اثرهال و اثر مگنتورزيستو (MR) و رلوکتانس متغيير عمل مي کنند. آنچه در انواع انکودرهاي مغناطيسي مشترک است، اين است که در همگي آنها يا يک آهنرباي حلقه‌اي بر يک شفت قرار گرفته است و يا چرخ دنده به جاي آن داريم که از جنس مواد فرومغناطيسي مي‌باشد. اما تفاوت در انکودرهاي مغناطيسي مربوط به بخش ضبط تغييرات است. (Pickup)اين بخش يا از سنسورهاي اثرهال يا سنسورهاي AMR استفاده مي‌کند و يا از رلوکتانس متغير استفاده خواهد نمود. نمايي از انکودرهاي اثرهال و سنسورهاي AMR در زير آمده است.

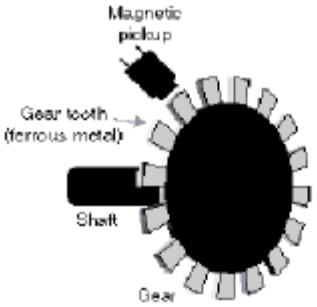
1- Hall Effect Sensors



2- AMR Sensors



3- Variable reluctance



بخش Pickup در انکودرهاي مغناطيسي رلوکتانس متغير از يك سيم پيچ که در ميدان مغناطيسي يك آهنرباي دايمي قرار گرفته است تشکيل شده است. با عبور دندانه هاي چرخ دنده از مقابل آن ضريب نفوذپذيري تغيير مي کند و درنتيجه با تغيير B باعث توليد ولتاژي در پايانه هاي سيم پيچ مي شود.انکودرهاي مغناطيسي دو نوع مطلق و افزايشي دارد. در نوع افزايشي از همان روش انکودرهاي نوري استفاده مي شود . در نوع مطلق نيز شبيه انکودرهاي نوري مطلق از کد باينري و براي افزايش ضريب اطمينان از کد گري (Gray) استفاده مي شود که در هر تغيير موقعيت تنها يك تغيير در بيت هاي آن اتفاق مي افتد. کد گري و باينري در زير نشان داده شده است :

$Base_{10}$ number	"Natural" binary	Gray code	Binary Coded Decimal (BCD)	
			tens	units
0	0000	0000	0000	0000
1	0001	0001	0000	0001
2	0010	0011	0000	0010
3	0011	0010	0000	0011
4	0100	0110	0000	0100
5	0101	0111	0000	0101
6	0110	0101	0000	0110
7	0111	0100	0000	0111
8	1000	1100	0000	1000
9	1001	1101	0000	1001
10	1010	1111	0001	0000

ويژگي هاي عمومي

انکودرهاي مغناطيسي داراي ويژگيهاي زير مي باشند :

1 - هزينه انکودرهاي مغناطيسي 10 تا 20 درصد کمتر از انکودرهاي نوري است.

2 - عمر طولاني

3 - حدود 50% اجزاي کمتري را شامل مي شوند.

4 - انعطاف پذيري ساختمان آنها باعث مي شود تا آماده سازي ماشين آلات با هزينه ناچيزي انجام شود.

5 - قابليت قرارگيري در قطعات يکپارچه

www.ir-micro.com

مقايسه انکودرهاي نوري و مغناطيسي

انکودرهاي نوري	انکودرهاي مغناطيسي
بسيار حساس به آلودگي محيطي	غير حساس به آلودگيهاي محيطي
(-25□80□C)	باز دمايي گسترده(-40□125□C)
حساس به شوک	مقاومت بهبود يافته در مقابل ضربه (الکتريکي و مکانيکي)
انکودرهاي مطلق در رنج قيمت بالاتري قرار دارند	خروجي مطلق و افزايش
قيمت بالاتر به سبب اجزايي بيشتر	کاهش هزينه
انکودرهاي نوري بطور معمول از يک پتانسيومتر براي جبران سازي تلورانس هاي موجود استفاده مي کند	عدم نياز به تنظيمات مکانيکي

کاربرد ها

فیدبك موتور، رباتیك، فیدبك پدال، موقعیت دندانه ها، موقعیت سنجي چند محوري ، موقعیت سنجي آنتن GPS

پزشكي : سنسور موقعیت اشعه ایكس، سنسور موقعیت دستگاه CATSCAN و دستگاه MRI

نمونه

ED-11

ED-12

ED-14

ED-21

ED-22

ED-36

مراجع :

1.http://zone.ni.com/devzone/devzone.nsf/webcategories

2.www.encoderdevices.com

3.www.micromo.com

4.www.globalspec.com

www.ir-micro.com

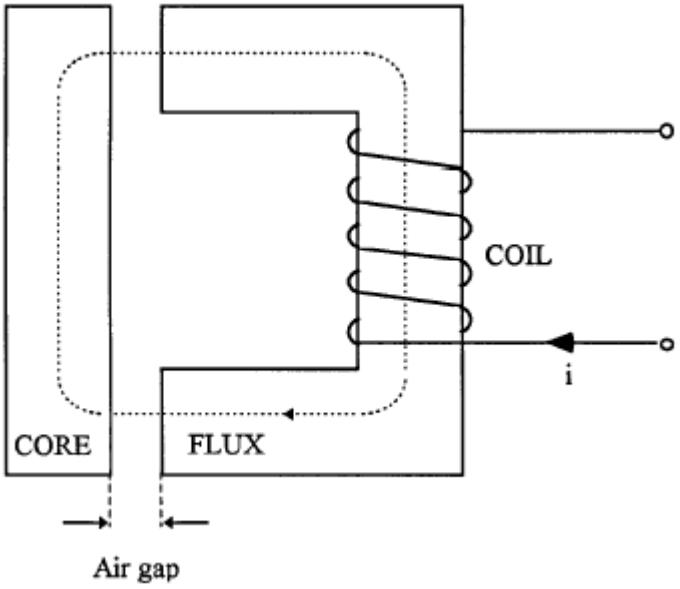
سنسورهاي القايي

Inductive sensors

سنسورهاي القايي اساسا بر مبناي مدارهاي مغناطيسي بنانهاده شده اند و به آنها سنسورهاي الكترومغناطيسي نيز مي گويند.

اين سنسورها به دو دسته تقسيم مي شوند .دسته اول مانند يك توليد كننده برق عمل مي كنند. زماني كه حركتي نسبي بين رسانا و يك ميدان مغناطيسي وجود دارد، ولتاژي در رسانا توليد مي شود و يا ميدان مغناطيسي متغير متصل به بخش ثابت، ولتاژ در رسانا توليد مي كند. دسته دوم نيازمند منبع تغذيه خارجي مي باشد و عمل مبدل، مدولاسيون سيگنال تحريك است.

اساس سنسورهاي القايي در زير آمده است:



اين شكل يك مدار مغناطيسي را نشان مي دهد كه از يك هسته مغناطيسي و سيم پيچي بر روي هسته با n دور تشكيل شده است. سيم پيچي به عنوان منبع نيروي محركه عمل مي كند و شار را در مدار مغناطيسي به حركت در مي آورد. با فرض عدم وجود فاصله هوايي

$$\text{mmf} = \text{Flux} \times \text{Reluctance} = \Phi \times \Re \quad \text{A-turns}$$

$$\Phi = ni/\Re \quad \text{weber}$$

كه در آن

تغيير كوچكي در فاصله هوايي، رلوكتانس مدار را به شدت تغيير مي دهد.

در بسياري از موارد سنسورهاي الفايي داراي اين ضعف هستند كه تنها با جريان متناوب فعال مي شوند و نمي توان آنها را توسط منابع تغذيه DC به كار انداخت.

با اين مقدمه به بيان موقعيت سنجهاي ديگري مي پردازيم كه بر مبناي خواص القايي عمل مي كنند.

با توجه به كاربرد و فراواني انواع به بررسي انواع زير مي پردازيم:

رزولور

ايندكتوسين

مگنوسين

ميكروسين

RVDTوLVDT

رزولور

Resolver

مقدمه 75

ساختمان و تئوری رزولورها..... 76

مدارات بهسازی..... 78

ویژگی ها..... 88

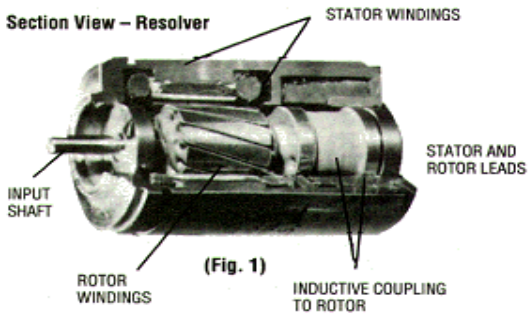
تکنولوژي رزولورها..... 89

کاربرد و نمونه ها..... 90

مراجع..... 91

www.ir-micro.com

مقدمه



(Fig. 1)

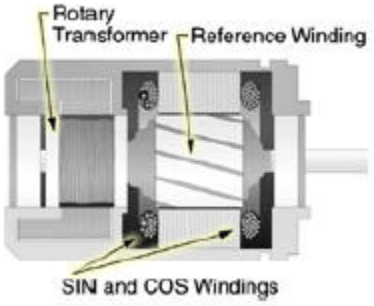
Section View – Resolver
STATOR WINDINGS
STATOR AND ROTOR LEADS
INPUT SHAFT
ROTOR WINDINGS
INDUCTIVE COUPLING TO ROTOR
(Fig. 1)

رزولورها نوعي از سينكروها هستند كه امروزه كاربرد وسيعي در صنايع مختلف دارند. اين سنسورها به علت ساختمان خاص داخلي خود درمحيطهاي صنعتي و آلوده ، به جاي انكودرهاي نوري استفاده مي شوند.

همچنين با توجه به اينكه ساخت سينكرو نسبت به رزولور مشكل تر بوده و در نتيجه گرانتر خواهد بود لذا سينكروها امروز ه بيشتر در صنايع نظامي دقيق و ويژه استفاده مي‌شوند وكاربرد رزولورها گسترده تر است.

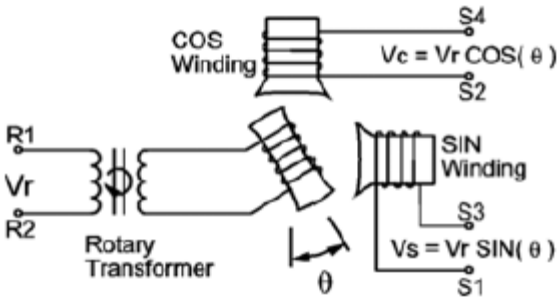
ساختمان

رزولورها نوعي از سينکروها هستند با اين تفاوت که در روتور و استاتور آنها دو سيم پيچي عمود بر هم وجود دارد. با تحريك يکي از سيم پيچي هاي روتور و يا استاتور ، به ترتيب در استاتور و يا روتور ولتاژي متناسب با سينوس زاويه ميان روتور و استاتور ايجاد مي گردد.



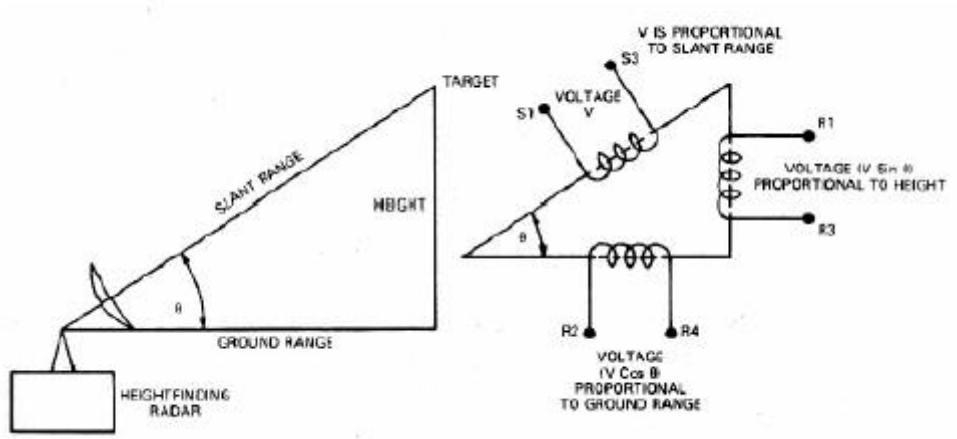
مثلاً اگر سيم پيچي روتور تحريك شود خواهيم داشت

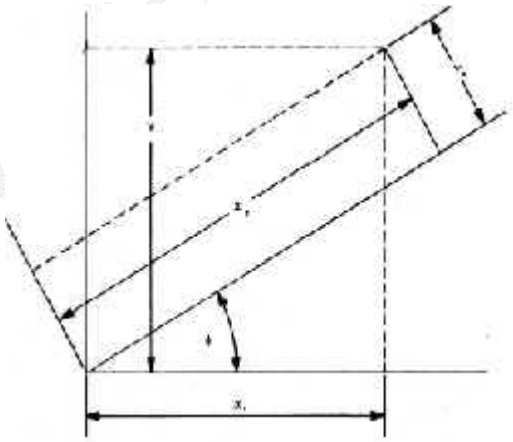
$$Vc = Vr\cos\theta$$
$$Vs = Vr\sin\theta$$



علت نامگذاري اين سنسورها نيز بر همين مبنا است . زيرا اين ماشين ها ولتاژ مرجع را به دو مولفه عمود بر هم و تجزيه مي نمايند که اگر در روتور رزولورها ا ز يك سيم پيچي استفاده شود ، اين تجزيه تنها در يك جهت صورت مي گيرد و درصورت استفاده از دو سيم پيچی در دو جهت تجزيه ولتاژخواهيم داشت.

علاوه بر تعيين موقعيت زاويه اي توسط رزولورها مي توان از آنها در جهت عکس استفاده نمود يعني با اعمال مولفه هاي ولتاژ به استاتور اين ماشين ها ، مي توان ولتاژ مرجع همراه با زاويه آن را بدست آورد. همچنين از رزولورها جهت تغيير مختصات از يك دستگاه به دستگاه مختصات ديگر استفاده مي شود ، مثلا با استفاده از مدار زير مي توان با انتقال دستگاه مختصات ارتفاع رادار را تعيين نمود :





$$V_{R1-R3} = X_1 \cos\phi + Y_1 \sin\phi = X_2$$
$$V_{R4-R2} = Y_1 \cos\phi - X_1 \sin\phi = Y_2$$

از رزولورها جهت تغيير مختصات سه بعدي نيز استفاده مي شود که در اين صورت روابط به صورت زير در خواهند آمد:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos C & \sin C \\ 0 & -\sin C & \cos C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos B & 0 & \sin B \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin B & 0 & \cos B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos A & \sin A & 0 \\ -\sin A & \cos A & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} N \\ E \\ G \end{bmatrix}$$

مدارات بهسازی

براي استخراج زاويه ، ازيك مبدل RCD (Resolver to Digital Converter) استفاده مي نمائيم.

انواع روشهاي RDC يا RTD

روش Tracking

روشهاي DSP

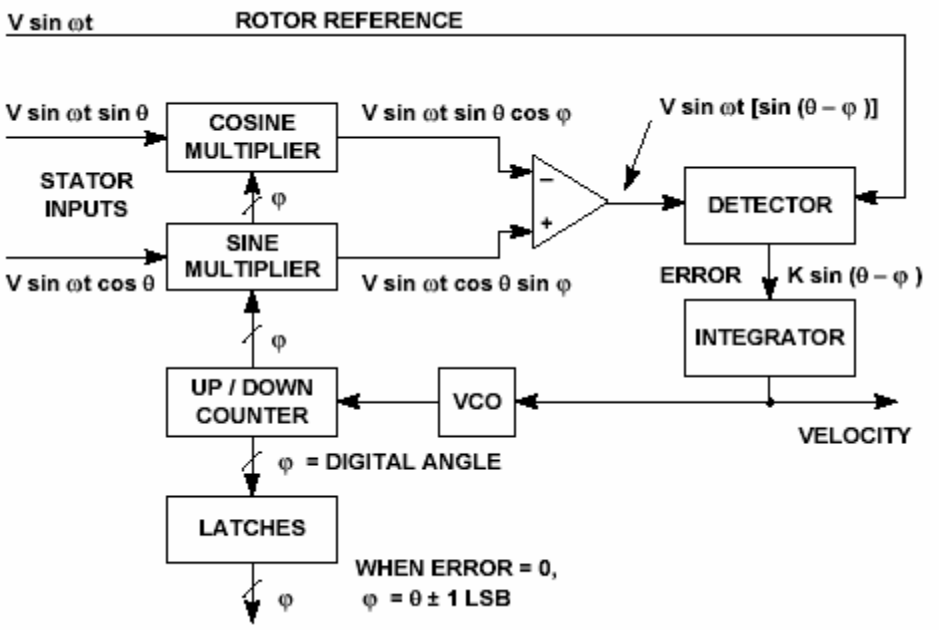
- روش Under Sampling

- روش Over Sampling

نمونه صنعتي

TMS320F240

روش Tracking



همانطور که مشاهده مي شود اين مبدل از اجزاي زير تشکيل شده است .

1 - ضرب کننده سينوس و کسينوس

2 - مقايسه کننده (تقويت کننده تفاضلي)

3 - آشکار ساز يا دمدولاتور

4 - انتگرالگير

5 - نوسان ساز

6 - شمارنده

7 - لچ (LATCH)

مي توان اين سيستم را به صورت يك سيستم حلقه بسته در نظر گرفت كه ورودي اين سيستم زاويه يا همان زاويه روتور و خروجي آن مقدار نشان دهنده Latch مي باشد. با توجه به اين كه در اين سيستم خطاي حالت مانگار صفر خواهد بود (به واسطه وجود انتگرالگير)

هايتاً مقدار نشان داده شده توسط Latch يعني Φ، با مقدار ورودي يعني ، برابر خواهد شد.

اين سيستم داراي دو حلقه انتگرالگير مي باشد. يكي از انتگرالگيرها ، شمارنده مي باشد كه پالس توليد شده توسط نوسان ساز را مي شمارد و ديگري يك انتگرالگير است كه از خروجي آشكار ساز انتگرال مي گيرد.

در اين روش با داشتن يك سرعت ثابت ، خروجي ديجيتالي ، ورودي رادنبال خواهد نمود بدون آنكه نيازي به مدار خارجي جبرانساز پسفاز ، ميان خروجي ديجيتال و شفت رزولور باشد.

يكي ديگر از مزاياي RDC هاي دنبال كننده آن است مي توان از طريق آنها سرعت شفت را نيز اندازه گيري نمود در واقع ولتاژ خروجي انتگرالگير، مقداري متناسب با سرعت شفت خواهد داشت بدين ترتيب در مواردي كه نيازمند استفاده از اطلاعا ت سرعت مي باشيم مي توان از اين سيستم جهت اندازه گيري توام سرعت و موقعيت استفاده نمود بدون آنكه نيازي به استفاده از تاكومتر داشته باشيم.

از آنجائيكه در اين مبدل از دو حلقه انتگرالي استفاده شده است ، اين سيستم در مقابل نويز ايمني بالايي دارد (تضعيف نويز / 12 dB) زيرا نويزهاي القائي معمولاً داراي قسمتهاي مثبت و منفي برابري

هستند، وجود انتگرالگير باعث مي شو دکه نويز بطور کلي حذف گردد. مقاوم بودن اين سيستم در مقابل نويز سبب مي گردد که ديگر نگران افت ولتاژ درمسافت هاي طولاني نبوده لذا مي توان مبدل را با فاصله زيادي نسبت به رزولورها قرار داده و پردازش اطلاعات را در فاصله دورتري نسبت به سنسور انجام دهيم.

ضمناً حذف نويز در تمام فرکانسها صورت مي گيرد و لذا مي توان اثر نويزرا حذف نمود.

AD2S90

يکي از نمونه مدارات مجتمع RDC هاي دنبال کننده AD2S90 مي باشد. که جدول آن در زير آمده است .

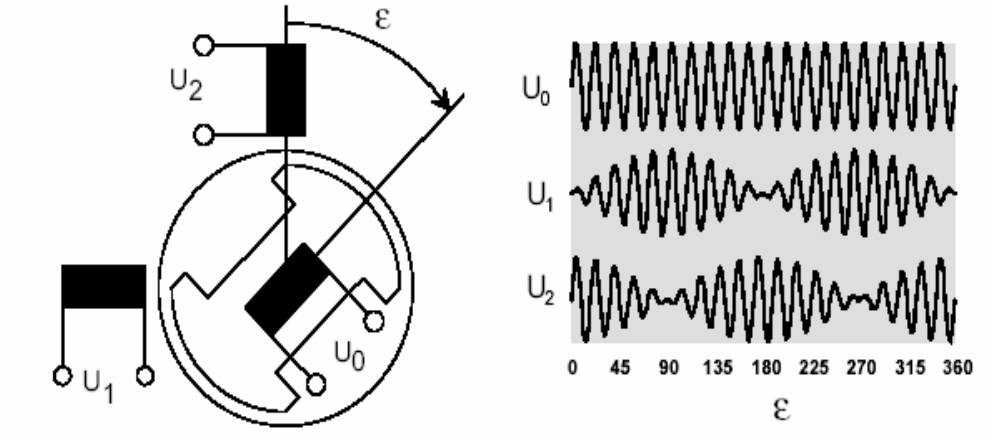
اين سيستم داراي شمارنده دوازده بيتي بوده رزولوشن آن برابربا 0.08 درجه مي باشد.

AD2S90 RESOLVER-TO-DIGITAL CONVERTER

- 12-Bit Resolution (1 LSB = 0.08° = 5.3 arc min)
- Inputs: 2V RMS ± 10%, 3kHz to 20kHz
- Angular Accuracy: 10.6 arc min ± 1 LSB
- Maximum Tracking Rate: 375 revolutions per second
- Maximum VCO Clock Rate: 1.536MHz
- Settling Time:
  - 1° Step: 7ms
  - 179° Step: 20ms
- Differential Inputs
- Serial Output Interface
- ± 5V Supplies, 50mW Power Dissipation
- 20 Pin PLCC

www.ir-micro.com

2- روش DSP



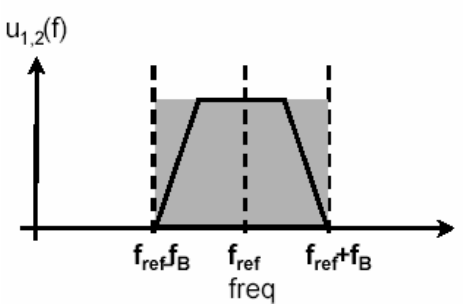
هنگامي که روتور مي چرخد ، دامنه سيگنال ورودي و خروجي بصورت زير مي باشد :

$$u_0(t) = \hat{u}_0 \cdot \sin\omega_{ref}t$$

$$u_1(\varepsilon, t) = \hat{u}_0 \cdot k \cdot \sin\varepsilon \cdot \sin\omega_{ref}t$$
$$u_2(\varepsilon, t) = \hat{u}_0 \cdot k \cdot \cos\varepsilon \cdot \sin\omega_{ref}t$$

که در اين رابطه K ، نسبت تبديل ترانسفورماتور رزولور مي باشد.

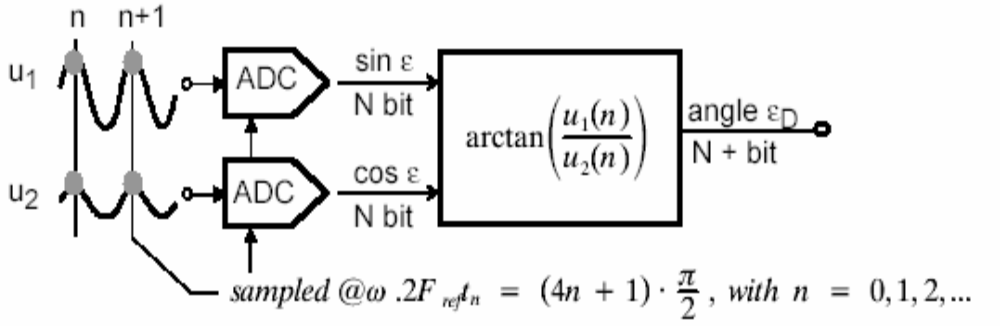
طيف فرکانسي دامنه سيگنالهاي خروجي بصورت زير مي باشد.



$$f_B = \frac{1}{2\pi} \cdot \left|\frac{d\varepsilon}{dt}\right|_{MAX}$$

همانطور که دیده مي شود . سیگنالهاي و $\cos\varepsilon$ با سیگنال مرجع $\sin\omega t$ مدوله مي شود، لذا باید به طریقي سیگنالهاي خروجي را دمدوله کرد تا بتوان از روي آنها اطلاعات مربوط به زاویه را بدست آورد.

Under Sampling روش·

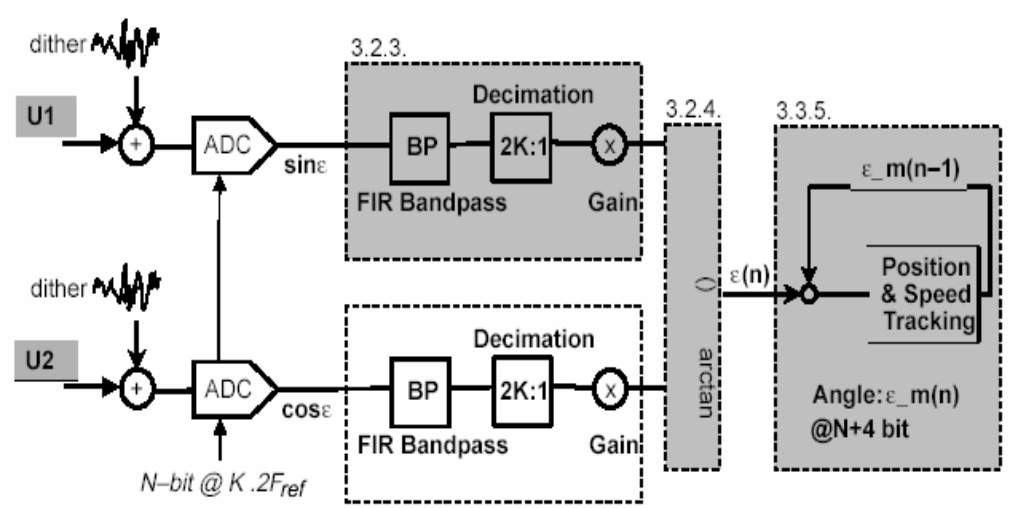


در اين روش از سيگنالهاي V1 و V2 خروجي با فركانس سيگنال مرجع نمونه برداري مي شود و با اين كار V1 و V2 دمدوله مي شوند . بدين ترتيب مقادير U1(n) و U2(n) همان مقادير $\sin\varepsilon$ و $\cos\varepsilon$ خواهند بود. مقادير نمونه برداري شده توسط يك مبدل A/D ، وارد يك پردازشگر شده و توسط اين پردازشگر مقدار $tg^{-1}\frac{\sin\varepsilon}{\cos\varepsilon}$ محاسبه و با توجه به علامت سيگنال U2 عمليات زير صورت مي گيرد.

$$\varepsilon(n) = \begin{cases} \arctan\left(\frac{u_1(n)}{u_2(n)}\right), & \text{if } u_2(n) \geq 0 \\ \pi + \arctan\left(\frac{u_2(n)}{u_1(n)}\right), & \text{if } u_2(n) < 0 \end{cases}$$

براي اينكه سيستم از دقت كافي برخوردار باشد، بايد سيگنال هاي U1 و U2بطور كاملا براي اينكه سيستم از دقت كافي برخوردار باشد، بايد سيگنال هاي U1 و U2بطور كاملاً همزمان نمونه برداري شوند و يا اينكه همواره نزديكترين مقدار آنها به مقدار ماكزيمم شان در نظر گرفته شود. براي ADC با N بيت ، دقت زاويه بدست آمده N+1 بيت خواهد بود. بعنوان نمونه در سيستم TMS320F 240 ، كه داراي ADC هاي 10 بيتي مي باشد دقت زاويه اندازه گيري 10 دقيقه مي باشد.

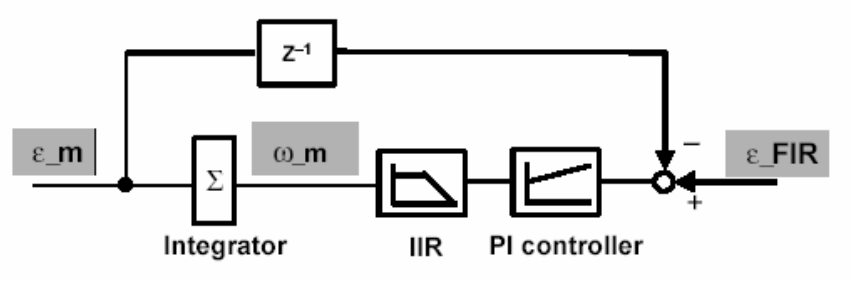
روش Over Sampling



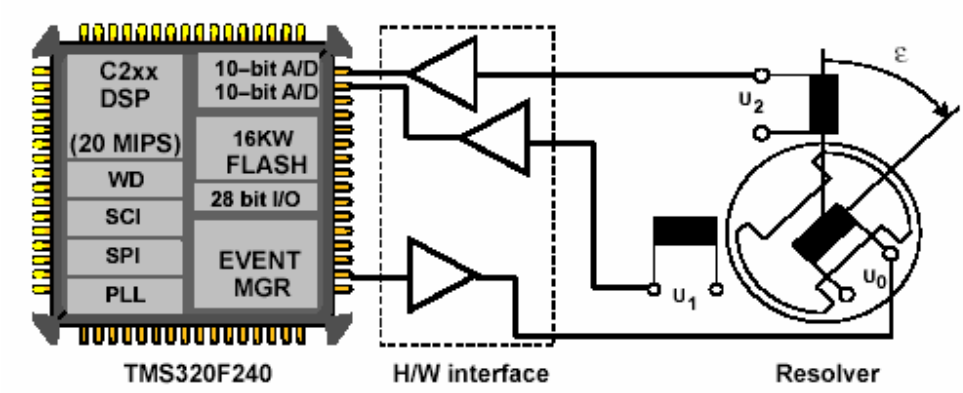
راي داشتن دقت بالاتر و حذف نويز بيشتر نسبت به روش Over Sampling از اين روش استفاده مي شود. در اين روش از سيگنالهاي V1 و V2 با فركانس بيشتر از فركانس مرجع نمونه برداري مي نمائيم. طبق شكل اين فركانس 2K برابر فركانس مرجع در نظر گرفته شده است . پس از آن اين سيگنال ها ا زيك FIR ميان گذر عبور داده مي شوند و سپس يك تقسيم فركانس1: 2K صورت مي گيرد و در واقع تنها مقادير 2K ام نمونه برداري شده در نظر گرفته مي شود و بدين ترتيب $\sin\varepsilon$ و بدست خواهد آمد و پس از آن مقدار $tg^{-1}\frac{\sin\varepsilon}{\cos\varepsilon}$ محاسبه مي گردد.

براي بهبود در رزولوشن، از يك حلقه فيديك سرعت و موقعيت مطابق شكل استفاده مي شود.

كه مقدار افزايش رزولوشن با اين روش بستگي به پهناي باند سيستم حلقه بسته دارد. مزيت كه مقدار افزايش رزولوشن با اين روش بستگي به پهناي باند سيستم حلقه بسته دارد. مزيت ديگر اين حلقه ، جبران كردن دسته تاخيرات ناشي از فيلتر FIR ميان گذر مي باشد. بدين ترتيب با استفاد ه از اين روش مي توان بدون نياز داشتن پس فاز سرعت ، رزولوشن را افزايش داد.



TMS320F240



اين كنترل كننده داراي 2 مبدل 10 بيتي مي باش دكه بطور همزمان از سيگنالهاي U1و U2 نمونه برداري مي كنند. همچنين اين سيستم توسط يك كانال PWM قادر به ساخت ولتاژ سينوسي مرجع مي باشد. بطور كلي مي توان ويژگيهاي اين سيستم ر ا بصورت زير خلاصه نمود :

1 - قابليت توليد سيگنال مرجع سينوسي (Event Manager)

2 - نمونه برداري همزمان از سيگنالهاي V1 و V2 و با همان فركانس سيگنال مرجع (EventManager ADC)

3 - استفاده از الگوريتم بهبود يافته جهت تعيين زاويه (CPU)

4 - رزولوشن بيش از 14 بيت

ويژگيهاي رزولورها

از جمله قابليت هاي بالاي آن مي توان به رزولوشن بسيار بالا ، دقت خوب ، مقاوم در مقابل نويز ، قابليت اطمينان بالا مخصوصاً در محيطهاي صنعتي و آلوده مقاوم بودن در مقابل درجه حرارت و کوچکي آنها اشاره نمود.

ضمناً رزولورها موقعيت مطلق را اندازه گيري مي نمايند در نتيجه با قطع برق اطلاعات آنها از بين نخواهد رفت .

همچنين نوع بدون جاروبك رزولورها وجود داردکه در اين نوع ، روتور آنها يك ترانسفور در اين نوع سيم پيچي روتور در واقع سيم پيچي ثانويه ترانسفورماتور بوده و ولتاژ آن توسط سيم پيچ اوليه ،و بدون تماس الکتريکي تامين مي گردد. لذا در اين نوع مشکلات جاروبك را نخواهيم داشت.

اکثر رزولورها با ولتاژ مرجع 2 تا 40 ولت (RMS) و در فرکانس 400 هرتز تا 10 کيلو هرتز کار مي کنند ، و دقت آنها از 5 arcmin تا 5/. arcmin مي باشد. (هر دقيقه اکثر رزولورها با ولتاژ مرجع 2 تا 40 ولت (RMS) و در فرکانس 400 هرتز تا 10 کيلو هرتز کار مي کنند ، و دقت آنها از 5 arcmin تا 5/. arcmin مي باشد. (هر دقيقه 0167 / 0 درجه مي باشد.)

همچنين رزولور در مقايسه با انکودر نوري نسبت به نويز بسيار مقاوم تر است.

تكنولوژي رزولورها

رزولورهاي بدون جاروبك

در اين نوع سيم پيچي روتور در واقع سيم پيچي ثانويه ترانسفورماتور بوده و توسط سيم پيچ اوليه و بدون تماس الكتريكي ولتاژ در آن القا مي شود. لذا در اين نوع مشكلات جاروبك را نخواهيم داشت.

Rotasyn

در نوع پيشرفته رزولورها ، روتور سيم پيچي ندارد. در اين رزولورها ، سيم پيچي اوليه و ثانويه هر دو در استاتور واقعند. روتور از جنس حالت جامد (Solid State) بوده و ولتاژ آن از طريق القاي مغناطيسي ترانسفورماتور واقع در استاتور تامين مي گردد.

Duracoder

اين رزولور كه ساخت شركت AMCI مي باشد، از نظر قيمت همانند انكودرهاي نوري، از رزولورهاي ديگر ارزانتر بوده و همچنين قابليت كار در محيطهاي صنعتي و آلوده را دارد.

کاربرد رزولورها و برخي نمونه ها

مقايسه سينکروها و رزولورها از نظر کاربردي :

همانطور که اشاره شد سينکرو و رزولور عملکرد مشابهي داشته، لذا کاربرد يکساني در صنعت دارند اما با توجه به اينکه سينکرو در ساختمان خود داراي سه استاتور با زاويه 120 درجه نسبت به يکديگر مي باشد ساخت آن نسبت به رزولور مشکل تر خواهد بود و در نتيجه گرانتر خواهد بود . ضمنا به علت مشکل بودن تبديل ولتاژسه فاز به موقعيت در سينکروها، اين مبدلها امروزه بيشتر در صنايع نظامي دقيق و ويژه استفاده مي‌شوند، در حاليکه رزولورها کاربرد وسيعي در صنايع مختلف از جمله ماشين افزارها ، سيستمهاي نظامي، روباتيک و... دارند.

برخي از توليد کنندگان سينکرو و ورزولور به قرار زير است:

TABLE 6.27 List of Resolver and Synchro Suppliers

Company	Location	Phone number	Types of resolvers
API Harowe	West Chester, PA	(800) 566-5274	Brushless frameless, housed, & heavy-duty units
Admotec, Inc.	Norwich, VT	(802) 649-5800	Rotasyn solid rotor resolvers
Neotech, Inc.	Hatfield, PA	(215) 822-5520	Housed brush & brushless units
Vernitron Corp.	San Diego, CA	(800) 777-3393	Brushless, segment, brushed, & housed units
Servo Systems	Montville, NJ	(973) 335-1007	Brushed & brushless units
American Electronics	Fullerton, CA	(714) 871-3020	Housed units
Computer Conversions	East Northport, NY	(516) 261-3300	Explosion proof & specialty units
Poltron Corp.	Gaithersburg, MD	(301) 208-6597	Resolvers
Tamagawa Trading Co.	Tokyo, Japan	011-81-37-383-175	Brushless frameless & housed units
MPC Products	Skokie, IL	(800) 323-4302	Housed resolvers
Transicoil, Inc.	Trooper, PA	(800) 323-7115	Housed brushless & brushed resolvers
Litton Poly-Scientific	Blacksburg, VA	(800) 336-2112	Brushed and brushless resolvers
Kearfott Guidance & Navigation Corp.	Wayne, NJ	(973) 785-6000	Brushed & brushless resolvers
Novatronics, Inc.	Stratford, Ontario, Canada	(519) 271-3880	Resolvers
Muirhead Vactric	Lake Zurich, IL	(847) 726-0270	Resolvers

مراجع

از جمله شرکتهاي شناخته شده سازنده رزولورها مي توان به شرکت هاي honeywell و Admotec و Amci اشاره نمود.

www.controlsciences.com

www.motionvillage.com

پايگاه اطلاع رساني Instrument Texas

www.pentlandsys.com

ایندااکتوسین

Inductosyn

معرفی و تاریخچه.....93

انواع.....93

مشخصات.....96

کاربرد 96

www.ir-micro.com

معرفي و تاريخچه

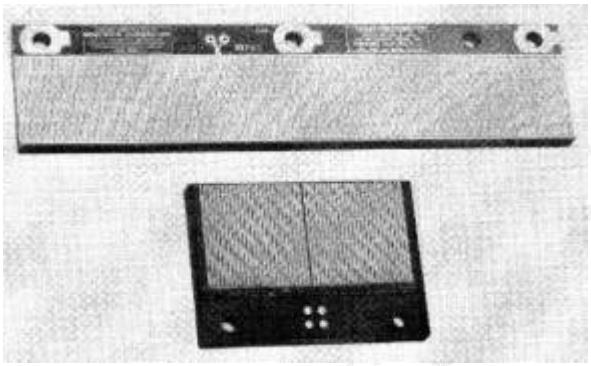
ايناداكتوسينهاي خطي اولين بارتوسط شركت Farrand Controls ساخته شدند و امروزه به عنوان يكي از دقيق ترين مبدل هاي خطي در صنايع كنترلي شمارشي و ماشين افزارها جهت كنترل واندازه گيري مختصات بكار مي روند. اساس كار ايناداكتوسينها كاملا مشابه رزولورها مي باشد. اما مزيت آن بر رزولورها اندازه گيري خطي علاوه بر موقعيت سنجي زاويه اي مي باشد .

انواع ايناداكتوسينها

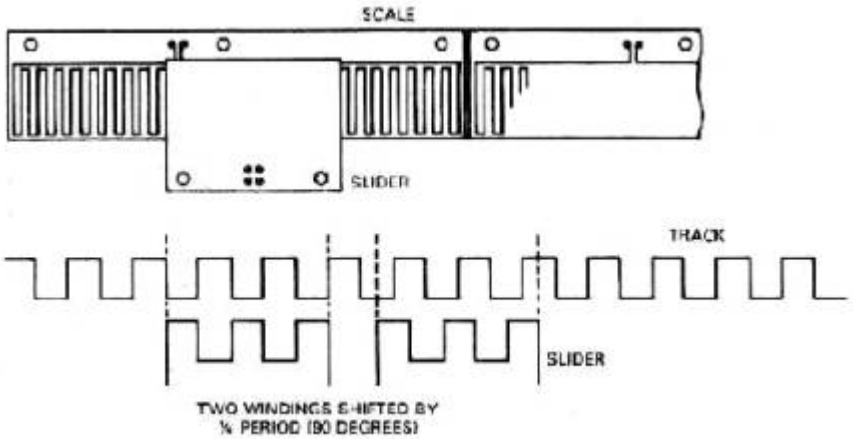
ايناداكتوسينهای خطی.....94

ايناداكتوسينهاي زاويه اي.....95

اينداکتوسين خطي



شکل زير شماي کلي از آن را نشان مي دهد:



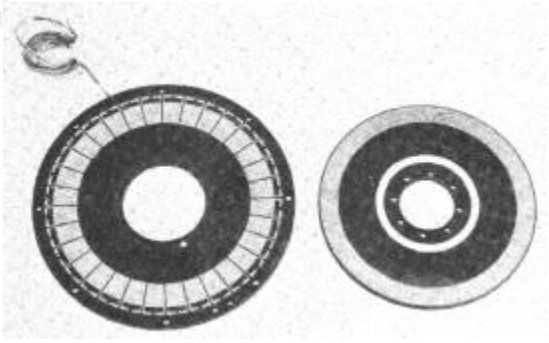
اين سيستم داراي دو بخش Scale (ثابت) و Slider (متحرک) مي باشد . در اين سنسور دو سيم پيچي بر روي بخش متحرک نصب شده که بخش Slider خود به جسم متحرک متصل است . با حرکت

جسم ، Slider جابجا شده و از آنجاییکه بخش Slider بصورت دندانه دندانه مطابق شکل است ، و با توجه به موقعیت قرار گیري سیم پیچي هاي Slider که یکي از آنها کاملا روي فضاي خالي شیار باشد و در مورد سیم پیچي دیگر، تنها نیمي از آن روي دندانه قرار دارد بدین ترتیب اگر دوره پیچ هاي اسلایدر را Sو جابجایي نسبي Slider را X در نظر بگیریم ، ولتاژ دو سیم پیچي به شکل زیر است.

$$V.\sin \omega t.\sin 2\pi X/S$$

$$V.\sin \omega t.\cos 2\pi X/S$$

اینداکتوسین زاویه اي



جهت اندازه گيري موقعيت زاويه اي مي توان ازScale و Slider ها بصورت دايروي استفاده و نمود. در اين صورت زاويه ميان هر دندانه با دندانه ديگر به 360 قسمت مساوي تقسيم مي شود.

ه اين ترتيب اگر N دندانه داشته باشيم مي توان يك دور را به $\frac{N}{2}\times 360$ قسمت تقسيم نمود.

اين سيستم دقت بالائي دارد، بطوريكه توسط يك مبدل 12 بيتي ، رزولوشن آن كمتر از 0.9 آرك ثانيه مي باشد.

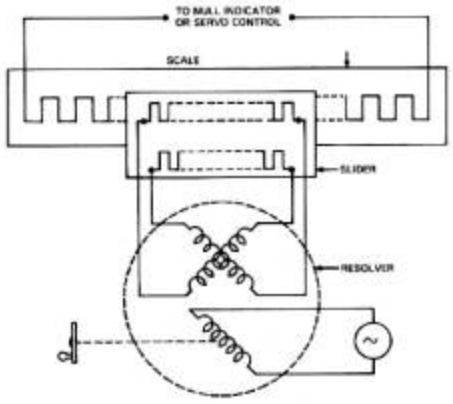
$$V \sin \omega t \sin N\theta/2$$
$$\text{and } V \sin \omega t \cos N\theta/2$$

مشخصات كلي

ا توجه به فاصله معمول بين شيارها كه 0.2 inch مي باشد، با استفاده از يك مبدل RDC ، با 12 بيت خروجي مي توان رزولوشن 25 ميكرو اينچ داشت . ضمنا توسط يك مبدل 12 بيتي ، رزولوشن اينداكتوسينهاي زاويه اي كمتر از 0.9 آرك ثانيه مي باشد. يكي از معايب Inductosyn ها براي داشتن دقت بالا در اين سيستم از ترانسفورماتور كاهنده 100:1 استفاده مي شود. لذا ولتاژ خروجي اين سيستم ها پائين بوده و نياز به يك طبقه تقويت كننده خواهيم داشت.

کاربرد اينداکتوسينها

اينداکتوسينها مشابه رزولورها وسينکروها مي توانند به صورت گروهي يعني به صورت فرستنده – گيرنده به کنترل موقعيت بپردازند. البته با توجه به اينکه فاصله دندانه ها از يکديگر بسيار کم مي باشد، امکان اشتباه وسردر گم شدن اينداکتوسينها وجود دارد. براي رفع اين مشکل، يك رزولور را به سيم پيچي هاي اسلايدر آن مطابق شکل، متصل مي نمايند.بدين ترتيب با جابجايي Slider به اندازه (يك دور ازدندانه هاي اسلايدر) رزولور يك دور کامل خواهد زد وبدين ترتيب جابجايي محسوس تر است.



علاوه بر اين، اينداکتوسينها در ماشين افزارها و صنايع کنترلي شمارشي به کار مي روند.

مگنسين

Magnesyn

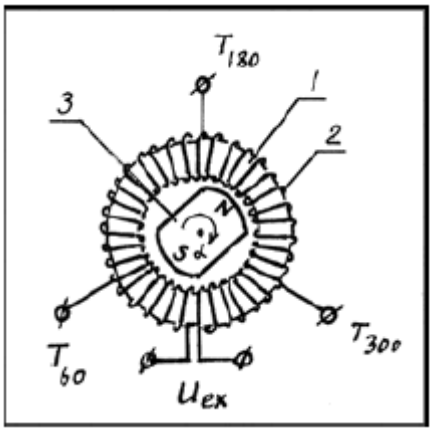
Magnesynنيز يک مبدل القايي است. استاتور آن يک سيم پيچي چنبره اي است که بر يک هسته با ضريب نفوذ پذيري بزرگ، قرار گرفته است. سيم پيچي از 3 محل در زواياي60 ، 180 ، 300 درجه از ابتداي سيم پيچي به سه ترمينال متصل شده است.

Magnesyn. or = angular displacement,

Tgo, 7'igoi 7300, = taps,

L/gx =excitation voltage,

1 = core, 2 = coil, 3 = permanent magnet.



روتور يک آهنرباي دايمي است که درون استاتور مي چرخد و بخش هاي مختلف هسته استاتور را اشباع مي کند. استاتور با يک منبع AC تحريک مي شود. واکنش مابين ميدان مغناطيسي حاصل از سيم پيچي که ميداني AC است و ميدان مغناطيسي حاصل از آهنرباي دايمي در سيم پيچي ولتاژي را القا مي کند که فرکانس دو برابر با فرکانس منبع تغذيه دارد. اين ولتاژ از اتصالات60 و 300 درجه دريافت مي شود و متناسب است با کسينوس زاويه حاصل از انحراف ما بين محور اتصال درجه120 و محور آهنربا مي باشد.

مرجع

www.zone.ni.com

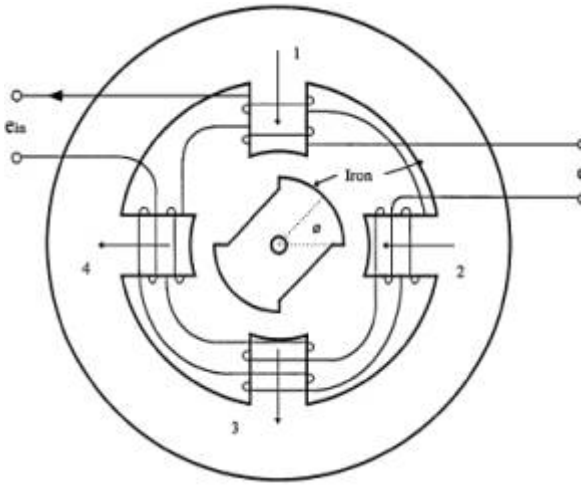
www.ir-micro.com

ميكروسين

Microsyn

معرفي

ميكروسينها كه نمونه اي از مبدلهاي رلوكتانس متغير مي‌باشند، شامل يك روتور فرومغناطيس و استاتوري با چهار سيم پيچي در ساختمان داخلي خود هستند. (شكل 1) سيم پيچي هاي استاتور با زاويه 90 درجه نسبت به يكديگر قرار دارند. بنابراين اگر موقعيت روتور مطابق شكل باشد، به علت برابر بودن فاصله هوايي روتور نسبت به هريك از سيم پيچي هاي استاتور، ولتاژ القايي در سيم پيچي هاي1و3 با ولتاژ القايي در سيم پيچي هاي2و4 برابر خواهد شد. بدين ترتيب ولتاژ خروجي برابر با صفر خواهد شد. باچرخش روتور در جهت ساعتگرد، به علت تغيير در فاصله هوايي، رولوكتانس هاي سيم‌پيچي هاي2و4 افزايش و رلوكتانسهاي سيم پيچي هاي1و3 كاهش مي يابد.



همچنين اگر روتور در جهت پاد ساعتگرد بچرخد، رلوکتانسهاي 1و3 افزايش و رلوکتانسهاي 2و4 کاهش مي يابند که البته 180 درجه با حالت قبل اختلاف فاز دارند. بدين ترتيب ولتاژ خروجي داراي اندازهاي متناسب با زاويه روتور نسبت به حالت مرجع (شکل1) بوده و علامت آن بستگي به جهت چرخش روتور خواهد داشت که حالتي مشابه با LVDT ها دارد

مدارات بهسازي

چون ميکروسين داراي ولتاژ خروجي مشابه با ولتاژ خروجي LVDT مي باشد، براي استخراج زاويه از ولتاژ خروجي، ميتوان ازمدارات بهسازي مربوط به LVDT ها(دمدولاتورهاي زاويه)استفاده نمود.

ويژگيها

- حساسيت 5 volt/deg
- رزولوشن 0.01 درجه
- ميزان غير خطي بودن از 0.05% تا 0.1% در رنج کامل
- نداشتن سيم پيچي در روتور خود

گشتاور عکس العمل ناچيز در آرميچر

کاربرد

ميکروسينها با داشتن حساسيت بالا قادر به تشخيص جابجاييهاي بسيار کوچك بوده واز اين رو در زمينه ژيروسکوپ کاربرد وسيعي دارند.

LVDT

(Linear Variable Transformer)

معرفي و تاريخچه.....102

ايده اصلي 102

مدارات بهسازي 103

RVDT 109

ويژگيهاي كلي.....111

كاربرد.....112

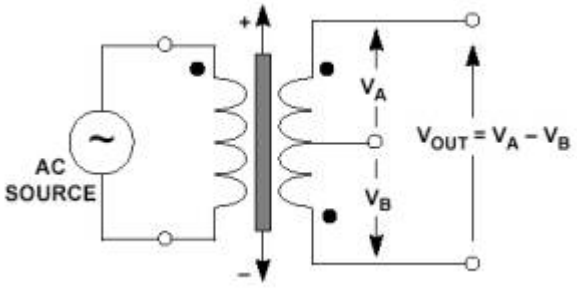
www.ir-micro.com

معرفي و تاريخچه

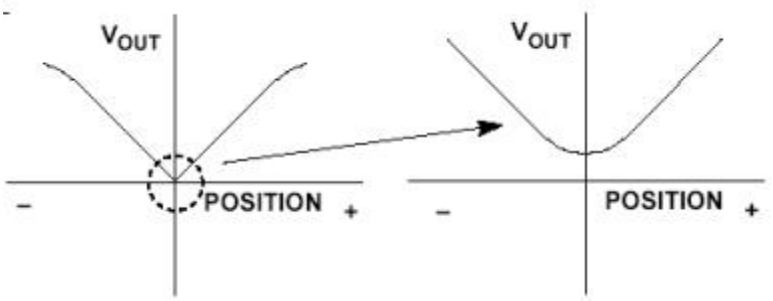
در زمان جنگ جهاني دوم، ترانسفورماتورهاي متغير خطي ياLVDT ها به عنوان يك سنسور در كنترل صنعتي شناخته شدند و در سيستمهاي نظامي و جنگ افزارها از آنها استفاده فراواني شد.

LVDT ها امروزه به علت دارا بودن دقت و قابليت اطمينان بالا كاربرد وسيعي در صنايع مختلف از جمله ماشين افزارها، روباتيك و سيستمهاي نظامي دارند. از آنجاييكه LVDT و RVDT پروژه جداگانه اي بوده است، آنچه در اين پروژه آمده است مختصر است ولي سعي شده است بخش مرجع آن كامل باشد.

ايده اصلي



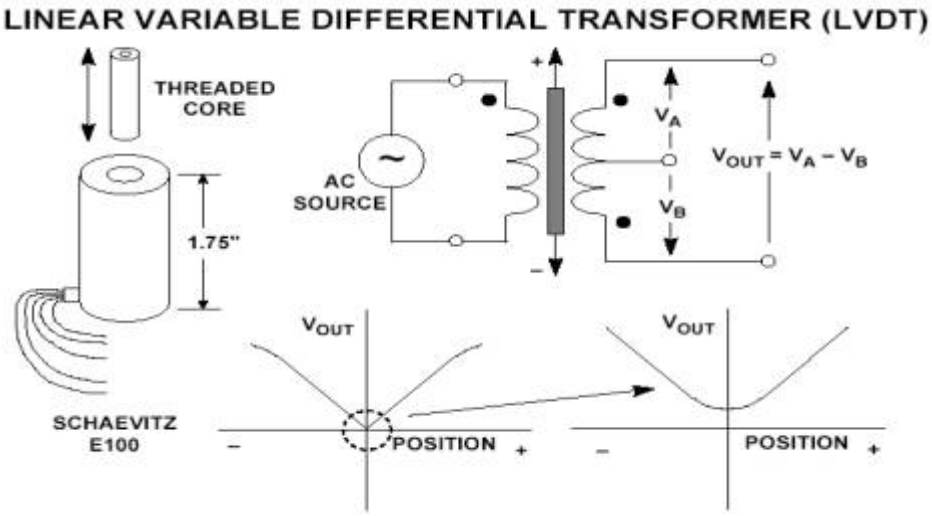
LVDT از يك ترانسفورماتور و يك هسته مغناطيسي تشكيل شده است. هسته مغناطيسي ميان سيم پيچي هاي اوليه و ثانويه ترانسفورماتور قراردارد. جابجايي هسته كه توسط يك واسط غير مغناطيسي به جسم متحرك متصل است، باعث تغيير در شار گذرنده و در نتيجه ولتاژ دو سيم پيچي ثانويه شده و ولتاژ خروجي كه تفاضل اين دو ولتاژ مي باشد نيز طبيعتاً تغيير مي كند. در اين حالت ولتاژ (rms) خروجي به طور خطي با موقعيت هسته فرومغناطيسي نسبت به ترانسفورماتور تغيير مي كند.



که نمودار سمت چپ مربوط به يك LVDT ايده آل و نمودار سمت راست خروجي يك LVDT واقعي را نشان مي دهد .

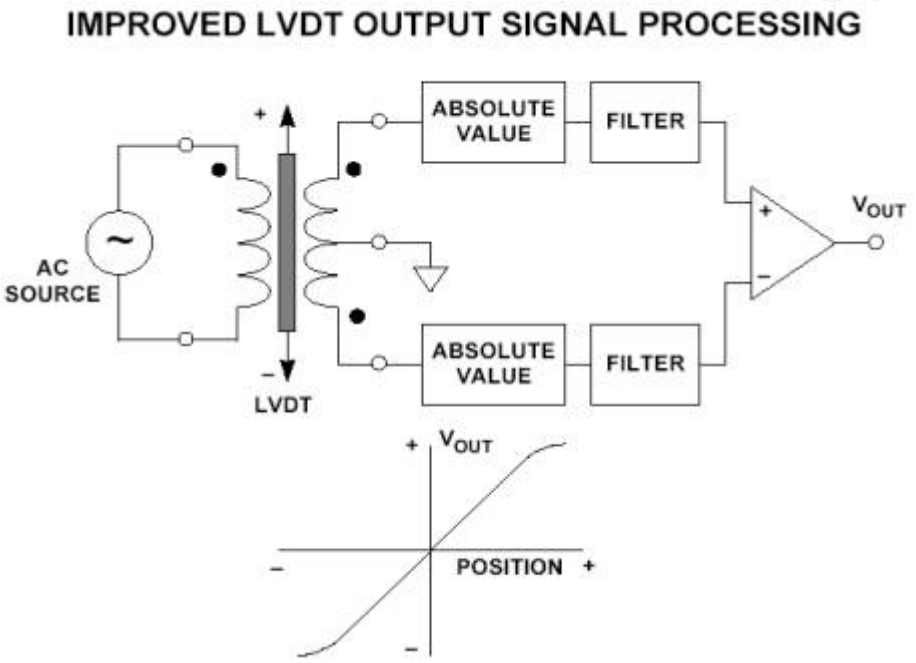
LVDTرا مي توان با منبع تغذيه DC نيز به کار برد.

مدارات بهسازي



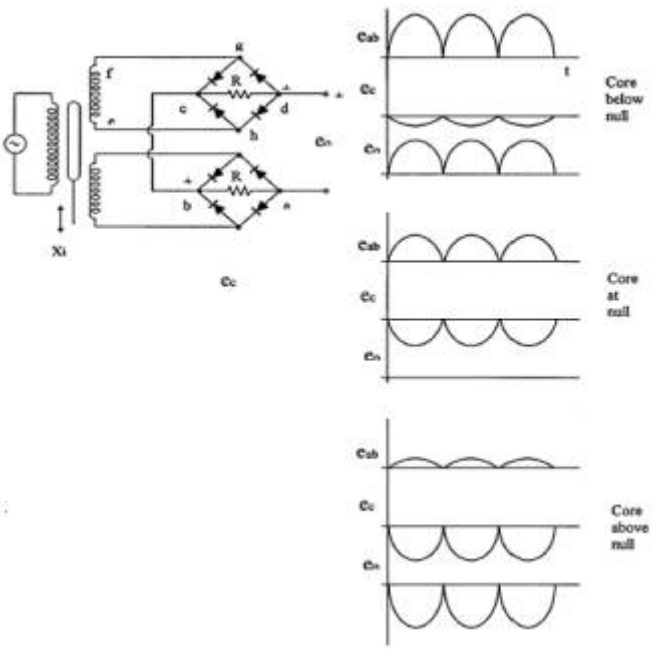
نمودار سمت چپ حالت ايده آل يك LVDT را نشان مي دهد ، در حاليکه در عمل بعلت وجود اندوکتانس نشتي و تزويج ناقص سيم پيچي ها در نقطه صفر) هنگامي که هسته در وسط سيم پيچي

ثانويه قرار دارد) ولتاژ خروجي صفر نخواهد بود و به اصطلاح Offset خواهيم داشت (نمودار سمت راست) . ضمنا مقدار ولتاژ خروجي تنها با فاصله هسته مغناطيسي از مبداء متناسب بوده و از روي آن ما قادر به تشخيص علامت موقعيت (در سمت راست محور مکان واقعيم يا سمت چپ) نخواهيم بود. براي رفع اين مشکلات از مدار بهسازي زير استفاده مي کنيم.

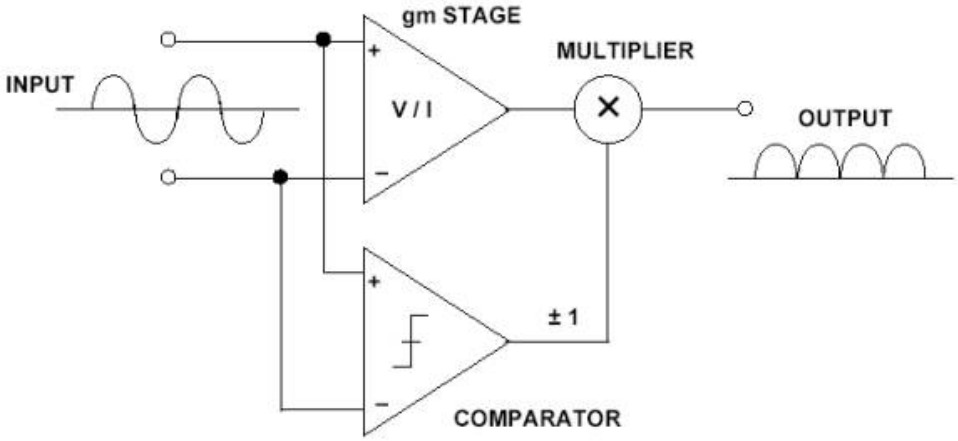


همانطور که ديده مي شود در اين مدار ، قدر مطلق ولتاژهاي ثانويه در نظر گرفته مي شود. براي

اينکار مي توان ا زيکسو ساز ديودي و خازني (شکل1)و يا از روش دقيقتري که در شکل2 نشان داده شده است، استفاده نمود.

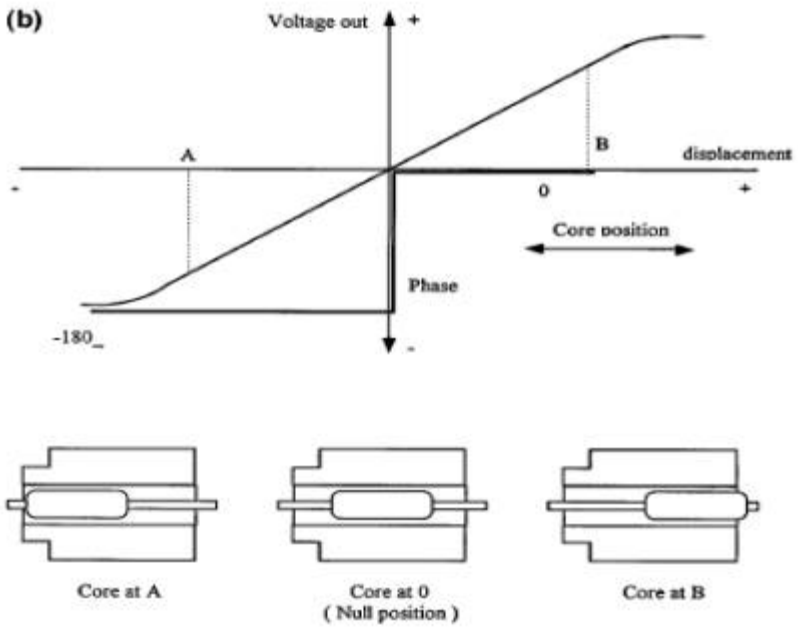


PRECISION ABSOLUTE VALUE CIRCUIT
(FULL-WAVE RECTIFIER)

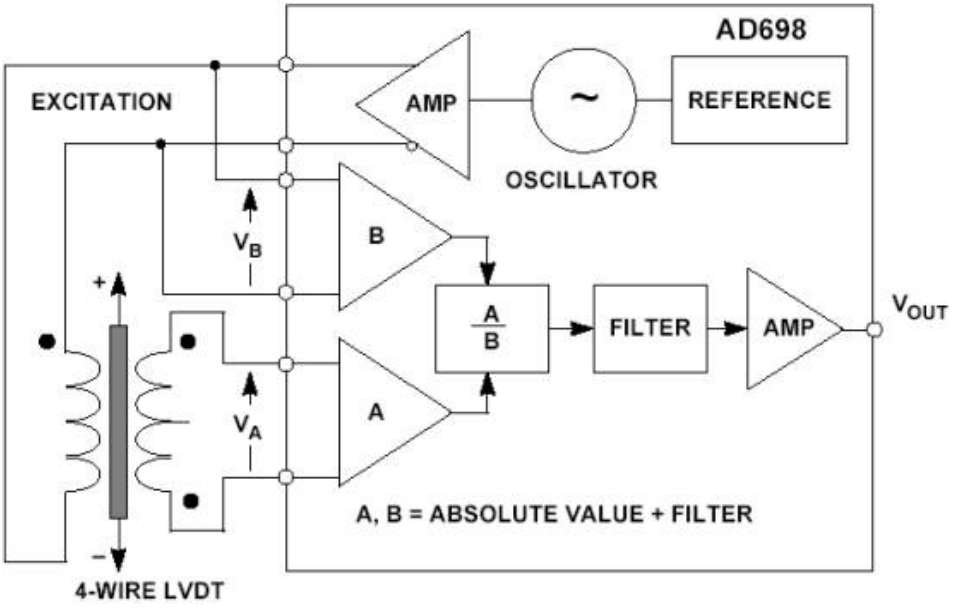


در اين روش ولتاژ ثانويه وارد يك مبدل ولتاژ به جريان شده و در عين حال با استفاده از يك مقايسه کننده علامت آن تشخيص داده مي شود. با توجه به جهت ولتاژ ، سيگنال خروجي مبدل V/I در عدد 1

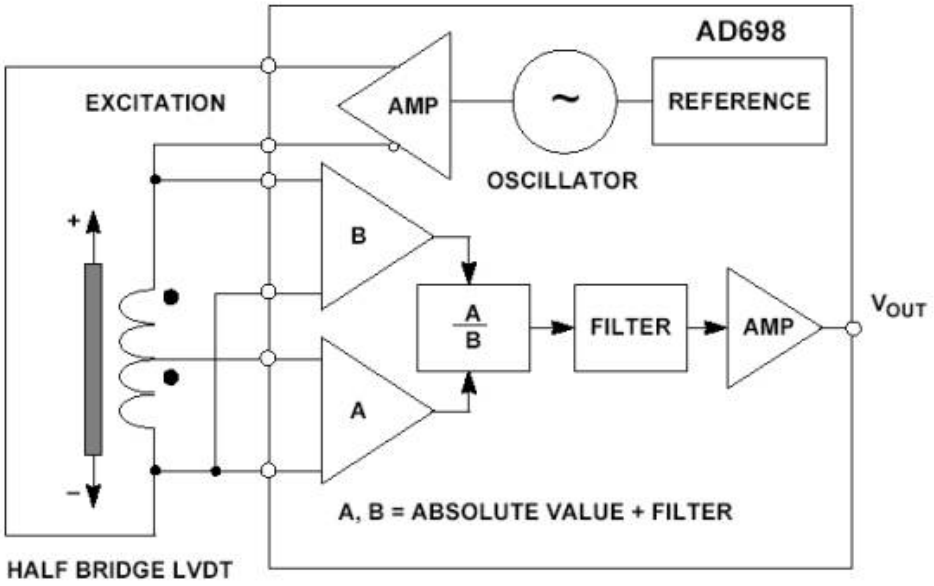
+ یا 1 - ضرب خواهد شد تا مقدار قدر مطلق ولتاژ بدست آید. پس از بدست آوردن قدر مطلق ولتاژها ، هر کدام از آنها وارد يك فيلتر مي شود تا مقدار DC آنها حاصل گردد و در آخر نيز توسط يك تفريق گر ، ولتاژ نهائي حاصل مي شو دكه همانطور كه در شكل ديده مي شود ولتاژ خروجي نسبت به موقعيت، خطي مي باشد.(شكل b)



مدارات بهسازي ديگري نيز جهت بدست آوردن موقعيت با استفاد ه از VDTL وجود دار دكه نمونه هايي از آن در زير آمده است



HALF-BRIDGE LVDT CONFIGURATION



RVDT

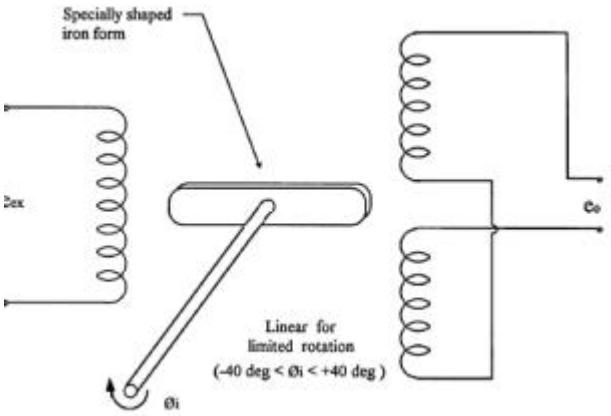
معرفي.....110

مشخصات كلي RVDT.....110

www.ir-micro.com

معرفی

RVDT ها يا همان ترانسفورماتورهاي متغير زاويه اي ، مشابه LVDT ها هستند، بااين تفاوت که در آنها سيم پيچي هاي ترانسفورماتور بر روي استاتور و شفت به عنوان هسته مغناطيسي عمل مي نمايد .و بدين ترتيب موقعيت زاويه اي اندازه گيري مي شود البته رنج خطي بودن RVDT محدود و ±40 درچه مي باشد.



مشخصات کلي RVDT

- **چون اندازه گيري موقعيت پيوسته است رزولوشن آن بينهايت مي باشد**
- **اندازه گيري موقعيت مطلق**
- **حساسيت برابر 2 تا 3 ميلي ولت در هر درجه**
- **ولتاژ ورودي 3Vrms با فرکانس 400Hz و.20kHz**
- **رنج اندازه گيري :±40 درجه**

LVDT

(Linear Variable Transformer)

ويژگيهاي کلي

- **ميزان غيرخطي بودن: کمتر از** 0.5% **در مقياس کامل**
- **به علت اندازه گيري پيوسته موقعيت، رزولوشن آن بينهايت مي باشد**
- **اندازه گيري موقعيت مطلق**
- **رنج اندازه گيري100 ميکرومتر تا2.5 سانتي متر**
- **حساسيت: 2تا 3 ميلي ولت در هر 0.001 اينچ**
- **فرکانس ولتاژ ورودي :** 10KHz - 50 Hz
- **ولتاژ ورودي : 1 تا 24 ولت** (rms)

www.ir-micro.com

کاربرد

- **سيستمهاي خودکار هواپيما**
- **اژدرها و تسليحات نظامي**
- **ماشين افزارهاي مدرن**
- **سيستمهاي کامپيوتري**
- **روباتيک**

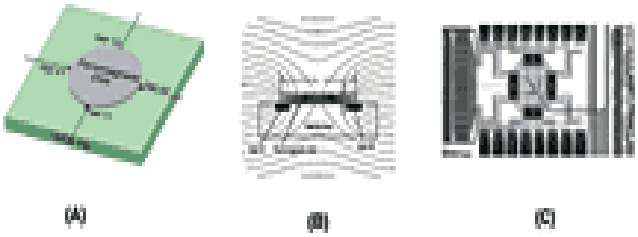
بررسي يك نمونه سنسور موقعيت زاويه اي مطلق

با توجه به شباهت موقعيت سنجي زاويه اي مطلق در تمام ايده ها سعي شد تا با ارائه يك نمونه صنعتي

، روش کلي اين موقعيت سنجي توضيح داده شود. اين سنسور بر مبناي تکنولوژي CMOS عمل مي کند. کاربرد اصلي اين سنسور کنترل ميکروموتورها مي باشد. اين سنسور بر اساس اثرهال عمل مي کند.

چهار سنسورهال بر يک قطعه سيکيلن قرار گرفته اند. هر عنصر بخشي از ميدان مغناطيسي در صفحه سنسور را احساس مي کند. عناصر هال در چهار گوشه يک ديسک فرو مغناطيسي قرار گرفته اند و خروجيهاي X- Y را توليد مي کنند. براي هر محور وجوديک عنصر هال کافي است ولي با قراردادن 2 عنصر هال در هر محور، دقت افزايش و آفست کاهش مي يابد. (از طريق

اندازه گيري ولتاژ هاي تفاضلي) خروجي عناصر هال X1 - X2 - Y1-Y2 توسط يک مدار بهسازي شامل بایاس، تقويت کننده و حذف کننده آفست و نيز پايدار سازي حرارتي پردازش مي شود.

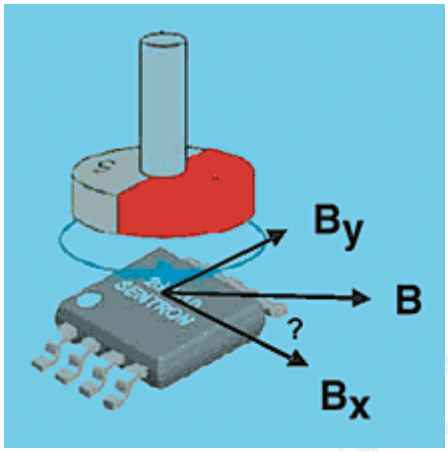


خروجي خطي بين2V تا2.5V در ميدان به شدت (200G 20mt) مي تواند به دست آيد. در صد غير خطي بودن سنسور کمتر از 0.1% است و هستيرزيس 0.03% مي باشد. (تکرار پذيري خوب)

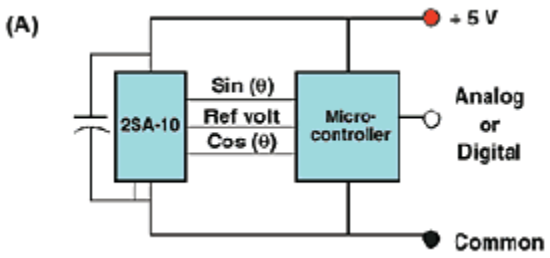
به دقت کمتر از 1 در رنج دمايي 60 تا 15 مي توانيم برسيم. در دماي پايدار دقت مي تواند بهتر0.2 مي باشد. کاربرد اين سنسور در تعيين موقعيت زاويه اي يک محور چرخنده است. در اين مورد، يک آهنرباي دائمي بر محور موتور در بالاي سنسور قرارمي دهيم. اين آهنربا يک ميدان مغناطيسي موازي با سطح سنسور توليد مي کند. اين ميدان به عنوان يک واسطه غير تماس بين جهت محور و سنسور عمل مي کند.

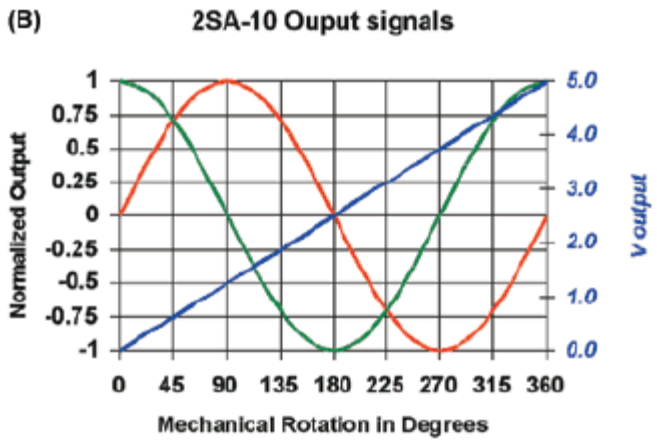
معمولا قطر آهنربا1.5mm و ابعاد سنسور2 بعدي mm 1* 3 است.

يک آهنرباي حلقه اي که بر شفت قرارگرفته است و بر بالاي سنسور مي چرخد، نشان مي دهد.



وقتي شفت مي چرخد سنسور بردار مغناطيسي را احساس مي کند و سيگنال هاي vy وvx را توليد مي کند. اين دو سيگنال سينوسي هستند و باهم 90 اختلاف فاز دارند. زاويه چرخش، با محاسبه آرک تانژانت تقسيم vyبر vx توسط يک ميکروکنترلر 8 بيتي بدست مي آيد.





این روابط بر کار ما حاکم هستند:

$$V_x = S_x \times B \times \cos\theta$$
$$V_x = S_x \times B \times \sin\theta$$

با فرض اینکه ضریب حساسیت سنسور هاي اثر هال با هم برابر است يعني sx =sy = s خواهيم داشت : $\theta = \arctan (V_y/V_x) = V_{out}$

تابع معکوس تانژانت تابعي متناوب است که هر 180 تکرار مي شود و بازاي زواياي 180 و90 و نيز بازاي vx = 0 بي نهايت مي گردد.با اين پيش زمينه حالات زير اتفاق مي افتد :

$(V_x > 0, V_y > 0), \theta = \arctan (V_y/V_x)$

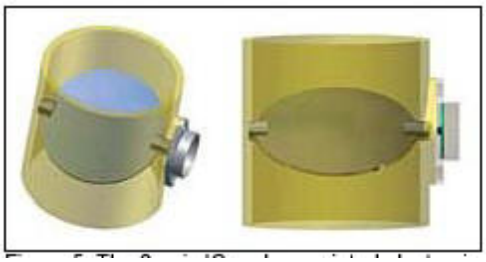
$(V_x = 0, V_y > 0), \theta = 90°$

$(V_x < 0), \theta = 180° + \arctan (V_y/V_x)$

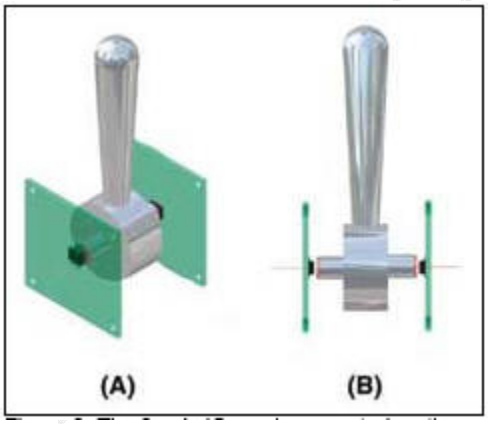
$(V_x = 0, Vy < 0), \theta = 270°$

$(V_x > 0, V_y < 0), \theta = 360° + \arctan (V_y/V_x)$

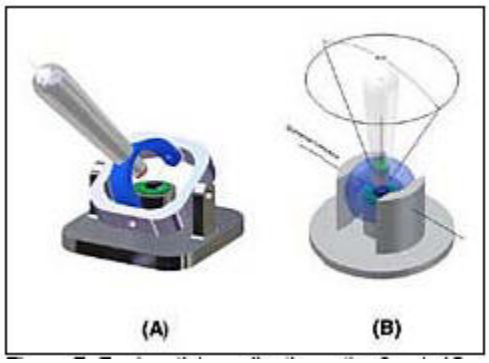
يکي از کاربردهاي اين سنسور در موقعيت سنجي شير مي باشد. که آهنربا بر شفت داخلي قرار گرفته است و سنسور در بيرون بر يک بدنه غير فرو مغناطيسي قرار گرفته است.



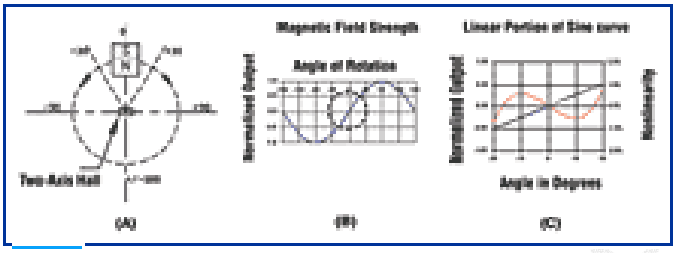
از ديگر کاربردها مي توان Single – Anis joystick نام برد.

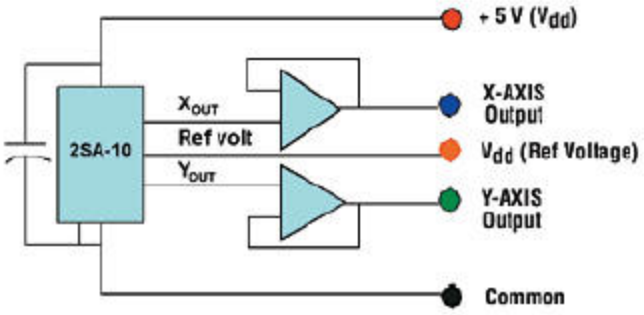


در يک 2 – Axis joystick ، يک سنسور 2 بعدي را در مرکز کره اي که دسته در آن تغيير موقعيت مي دهد قرار مي دهند و آهنربا را نيز بر انتهاي دسته قرار مي دهند.

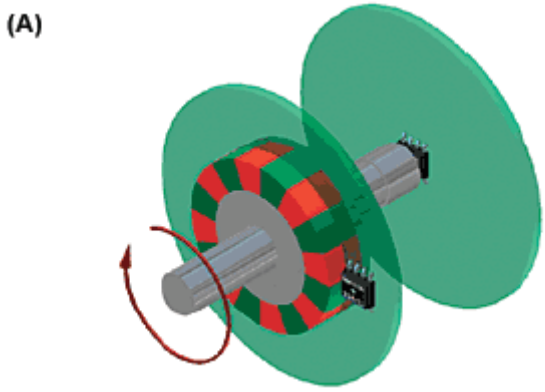


در اين حالت سيگنال هاي خروجي vy و vx متناسب با بردار ميدان مغناطيسي مي باشد. همانطور که شکل زير نشان مي دهد در صد غير خطي سينوسي خروجي در يک باز 60 در اطراف نقطه صفر کمتر از 1% مي باشد.



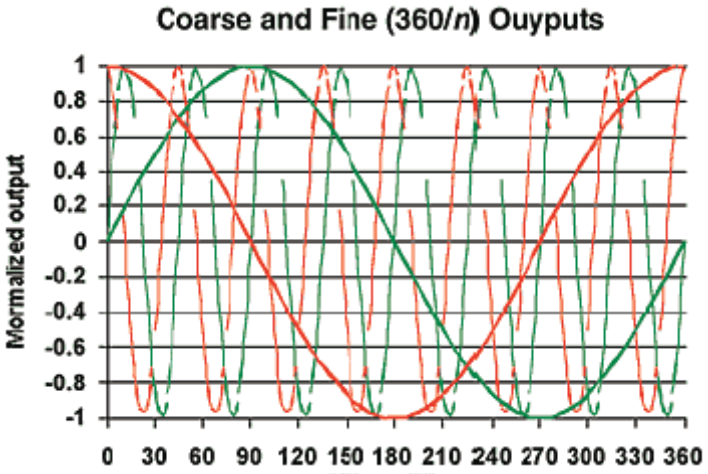


برا ي افزايش رزولوشن موقعيت چرخشي از 2 IC و نيز 2 آهنربا استفاده مي کنند.

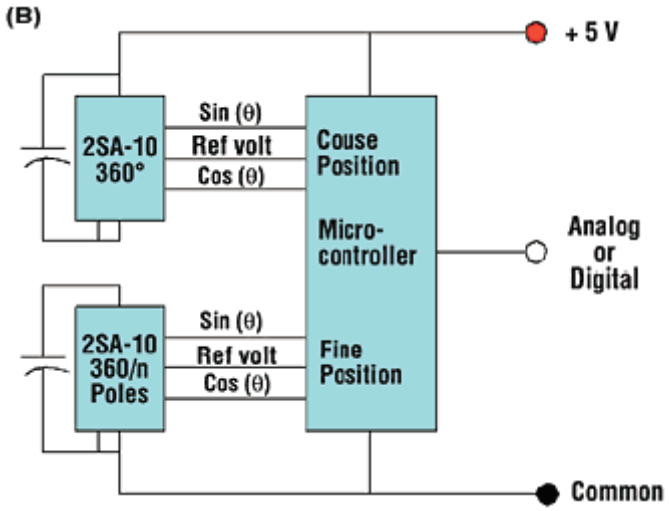


در اين حالت يک اندازه گيري غير دقيق توسط يک IC و آهنرباي دو قطبي انجام مي شود و اندازه گيري دقيق توسط يک آهنرباي حلقه اي N قطبي و IC دوم انجام مي پذيرد.

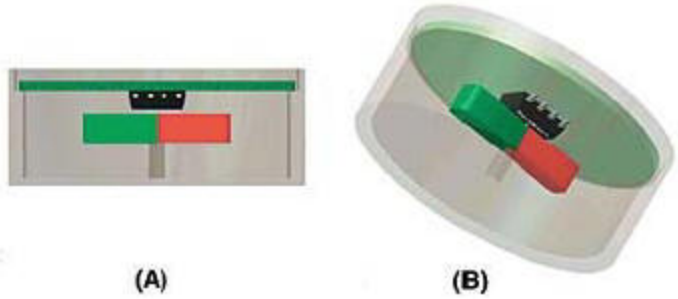
اين آهنرباي چند قطبي باعث توليد N موج سينوسي و کسينوسي در هر دور مي شود.



با فرض اينکه هر سيگنال خروجي داراي رزولوشن 0.1 باشد، رزولوشن نهايي در هر دور برابر0.0125 = 8/ 0.1 = n/ 0.1 مي شود. اطلاعات بدست آمده از اين آهنرباي چند قطبي جهت تعيين اينکه کدام قطاع از آهنرباي حلقه اي در برابر سنسور قرارگرفته است استفاده مي شود. در اين روش دقت نيز 1/n مي شود. سيگنال هاي بدست آمده دقيق و غير دقيق در نهايت توسط يک ميکروکنترولر براي توليد خروجي دقيق تر پردازش مي شوند.



کاربرد ديگري نيز در قطب نماي الکترونيکي وجود دارد.



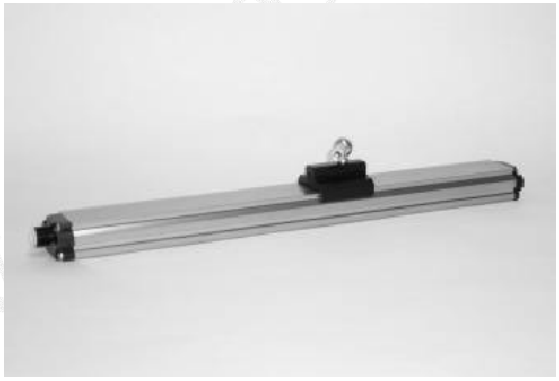
آهنربا بگونه اي در برابر IC قرار مي گيرد که براحتي و آزادانه مي تواند حرکت کند. آهنربا با توجه به جهت ميدان مغناطيسي زمين مي چرخد، ميدان مغناطيسي توليد مي کند که بسيار شديد تر از ميدان مغناطيسي زمين (در حد 600 mt) مي باشد. بنابراين IC با تاثير ميدان مغناطيسي قويتر سيگنال هاي خروجي vx وvy را توليد مي کند. در اين حالت نيز ميکرو کنترلر $V_{out} = \arctan (V_y/V_x)$ را توليد خواهد نمود.

سنسورهاي هوشمند

AMETEK®
PATRIOT SENSORS

Series 955S
Gemco Smart Brik™
Linear Displacement Transducer

اين سنسور كه ساخت شركت AMETEK مي باشد، داراي تكنولوژي Magnetostrictive بوده و بدين ترتيب يك موقعيت سنج خطي مطلق مي باشد. از خصوصيات بارز آن مي توان به مواردي چون دقت بالا، داراي صفر و زمان قابل برنامه ريزي ، تنظيم اتوماتيك و غير تماسي بودن اشاره نمود. ضمناً اين سنسورها ارزان قيمت و در اندازه كوچك موجود مي باشد.



قابليت تكرار پذيري اين سنسور 1 /0 0 درصد رنج اندازه گيري بوده و خروجي آن مي تواند صفر تا10VDC يا 4-20mA يا ±10VDC باشد. ك قابليت منحصر بفرد اين سنسور استفاد ه از LED جهت تعيين حالتهاي مختلف مي باشد. بطوريكه اگر LED سبز باشد، نشان دهنده ميدان مغناطيسي مناسب و فعال بودن برنامه است .هنگامي كه LED قرمز مي شود، ازنبود ميدان مغناطيسي و يا خارج شدن از رنج اندازه گيري و قرار گرفتن در ناحيه مرده (dead zone) ما را مطلع مي سازد.

هنگامي که LED زرد باشد، نشان دهنده اين است که ما هنوز در رنج اندازه گيري مطلوب هستيم اما ازناحيه فعال برنامه ريزي شده خارج شده ايم .

اين سنسور بصورت عمودي و يا افقي قابل نصب بوده و مغناطيس آن مي تواند يك Slider باشدکه يك مسير مشخصي را طي مي کند و يا يك مغناطيس شناور (Float magnet) که در بالاي سنسوري نصب شده باشد.کاربرد اين سنسور در سيستمهاي فيد بك پيوسته کم هزينه بوده که در اين موارد جايگزين خوبي براي سنسورهاي مجاورتي ، پتا سيومترها، محدودکننده ها مي باشد. چند نمونه از کاربردهای اين سنسور به شرح زير است. اين سنسور در دستگاههاي پرس ، چاپ ، قالب زني ، انفصال موقعيت يابي غلتك و بسياري موارد صنعتي ديگر استفاده مي شود.

جدول مشخصات سنسور

Reference Specifications	
Input Voltage	10 - 30 VDC
Current Draw	100mA Max
Output	0 to 10 VDC 10 to 0 VDC -10 to 10 VDC 10 to -10 VDC 20 to 4mA 4 to 20mA
Linearity	+/- 0.05% of Stroke
Accuracy	+/- 0.1% of Stroke
Repeatability	+/- 0.01% of full stroke
Operating Temperature	-20° to 70° C
Span Length	6" to 140"
Null Zone	3.00"
Dead Zone	1.50"
LED	Green = Power is applied and magnet is present Red = fault - dead zone or magnet lost Yellow = Out of the active programmed range
Connector	12mm micro - 4 pin (analog) Not determined on digital - 10 pin
Agency Approvals	CE Approved
Enclosure	IP 67
For Detailed Specifications Consult Users Manual	

جمع بندي

از آنجاييکه اين پروژه به زبان فارسي نوشته شد، تصميم گرفتيم تا بخشي از آنچه در طول انجام پروژه کسب نموديم، در بخش مقدمه بيان نماييم تا خواننده راحت تر با موقعيت سنجهاي مغناطيسي آشنا شود و اصول آنرا فرا گيرد. براساس نوع موقعيت اندازه گيري شده موقعيت سنج ها به دو گروه عمده موقعيت سنجهاي خطي و زاويه اي قابل تقسيم هستند. هر کدام از اين موقعيت سنجها نيز به دو گروه موقعيت سنج مطلق و موقعيت سنج افزايشي يا شمارشي تقسيم بندي مي شوند.

خروجي موقعيت سنج ها مي تواند به صورت آنالوگ يا ديجيتال باشد، اگر از مبدلهاي آنالوگ به ديجيتال استفاده شود، مي توانيم خروجي ديجيتال داشته باشيم.

براساس تقسيم بندي اشاره شده انواع موقعيت سنجهاي در زير با توجه به مشخصات و نوع آنها تقسيم بندي و بايکديگر مقايسه شده است.

نوع سنسور	نوع موقعیت سنجی	رزولوشن
اثر هال	خطی و زاویه ای	0.5 degree 1 mm
مگنتو استریکتیو	خطی مطلق	1μ m
مگنتو رزیستیو	خطی و زاویه ای	خطی 2m inch زاویه ای ۰,۰۰۷ درجه
رید سوییچ	مجاورتی	-------
سینکرو	زاویه ای مطلق	20Arc sec
رزولور	زاویه ای مطلق	0.5-5 Arc min
اینداکتوسین	خطی و زاویه ای	خطی ۲۵ میکروواینچ زاویه ای 0.9-1.5 Arc sec
میکروسین	زاویه ای مطلق	۰,۰۱ درجه
LVDT	خطی مطلق	بسیار بالا(بینهایت)
RVDT	زاویه ای مطلق	بسیار بالا(بینهایت)
انکودرهای مغناطیسی	زاویه ای افزایشی	26 Arc min

Typical Specifications	Potentiometric LRT's	Inductive LVDT/RVDT's	Magnetostrictive LDT's	Encoders
Contacting	Yes	No	No	No
Life Expectancy	Low/High	High	High	High
Output	Analog	Analog	Analog/Digital	Digital
Cost	Low	Medium	High	High
Linearity	Good	Good	Excellent	Excellent
Repeatability	Good	Good	Excellent	Excellent
Size	Small	Medium	Medium	Medium
Velocities	<50 in/sec	>50 in/sec	>50 in/sec	<3,000 RPM/>50 in/sec

Typical Specifications	Limit Switches	Inductive	Reed Switch	Hall Effect	Magnetoresistive
Contacting	Yes	No	No	No	No
Life Expectancy	Low/Medium	High	High	High	High
Cost	Low/Medium	High	Low	Medium	Medium
Response Time	Slow	Medium	Slow	Very Fast	Very Fast
Hysteresis	Medium	Small	Large	Large & Asymmetric	Small
Repeatability	Good	Excellent	Good	Good	Good

مقايسه اي بين دقت سنسور هاي زاويه اي متداول:

Type of transducer	Accuracy
Rotary Inductosyn	1.5 Arc Sec
Multipole Synchros/Resolvers	7 Arc Sec
High Accuracy Synchros/Resolvers	20 Arc Sec
Absolute Optical encoders	23 Arc Sec
Selected Synchros/Resolvers	3 Arc Min
Standard Synchros/Resolvers	7 Arc Min
Potentiometers *	7 Arc Min
Incremental Optical Encoders	11 Arc Min
Contact encoders	26 Arc Min

از لحاظ قيمت موقعيت سنجهاي مغناطيسي قيمت بالاتري نسبت به موقعيت سنجهاي نوري دارند، اما در عوض كاركرد آنها در محيط هاي صنعتي آلوده و نويزي بسيار بالاتر بوده ؛ ضمناً نسبت به تغييرات درجه حرارت در مقايسه با موقعيت سنجهاي مقاومتي

(پتانسیومترها) مقاومترند.

همچنین اکثرموقعیت سنجهای مغناطیسی موقعیت مطلق را اندازه گیری می نمایند . با وجود همه مزایای برشمرده ،موقعیت سنجهای موقعیت سنجهای مغناطیسی به علت ساختمان پیچیده و هزینه بر آنها، قیمت بالایی داشته وهمین امر کاربرد آنها را محدود نموده است . لذا کاربرد آنها درصنایع خاصی که دقت وحساسیت بالا مد نظر است مانند سیستمهای هوافضا ونظامی مشهودتر است.

www.ir-micro.com

www.ir-micro.com

www.ir-micro.com

www.ir-micro.com