www.powerengineeringblogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

فهرست

عنوان	صفحه

مقدمه	5
مفهوم کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی	5
زمان پاسخ‌گویی Scan Time	6
قطعات ورودی	6
قطعات خروجی	7
نقش کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی PLC در اتوماسیون صنعتی	7
مقایسه تابلوهای کنترل معمولی با تابلوهای کنترلی مبتنی بر PLC	7
سخت افزار PLC با	9
PLC10اصول و نحوه طراحی یک سیستم کنترلی با استفاده از یک	
LVDT	14
رزولور	19
مگنتواستریکتیو	28

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

مگنتو رزیستیو 34

سینکرو 57

سنسورها 74

یک نمونه سنسور موقعیت زاویه ای مطلق 94

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

مقدمه

امروزه در بین کشورهای صنعتی ، رقابت فشرده و شدیدی در ارائه راهکارهایی برای کنترل بهتر فرآیندهای تولید ، وجود دارد که مدیران و مسئولان صنایع در این کشورها را بر آن داشته است تا تجهیزاتی مورد استفاده قرار دهند که سرعت و دقت عمل بالایی داشته باشند. بیشتر این تجهیزات شامل سیستم‌های استوار بر کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی (Programmable Logic Controller)هستند. در بعضی موارد که لازم باشد می‌توان PLC ها را با هم شبکه کرده و با یک کامپیوتر مرکزی مدیریت نمود تا بتوان کار کنترل سیستم‌های بسیار پیچیده را نیز با سرعت و دقت بسیار بالا و بدون نقص انجام داد .

قابلیت‌هایی از قبیل توانایی خواندن انواع ورودی‌ها) دیجیتال ، آنالوگ ، فرکانس بالا...) ، توانایی انتقال فرمان به سیستم‌ها و قطعات خروجی (نظیر مانیتورهای صنعتی ، موتور، شیربرقی ، ...) و همچنین امکانات اتصال به شبکه ، ابعاد بسیار کوچک ، سرعت پاسخگویی بسیار بالا، ایمنی ، دقت و انعطاف پذیری زیاد این سیستم‌ها باعث شده که بتوان کنترل سیستم‌ها را در محدوده وسیعی انجام داد .

مفهوم کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی PLC

در سیستم‌های اتوماسیون وظیفه اصلی کنترل بر عهده PLC است که با گرفتن اطلاعات از طریق ترمینالهای ورودی، وضعیت ماشین را حس کرده و نسبت به آن پاسخ مناسبی برای ماشین فراهم می‌کند. امکان تعریف مدهای مختلف برای ترمینالهای ورودی/خروجی یکPLC ، این امکان را فراهم کرده تا بتوان PLC را مستقیما به المانهای دیگر وصل کرد. علاوه بر این PLC شامل یک واحد پردازشگر مرکزی (CPU)نیز هست، که برنامه کنترلی مورد نظر را اجرا می‌کند. این کنترلر آنقدر قدرتمند است که می‌تواند هزارها I/O را در مدهای مختلف آنالوگ یا دیجیتال و همچنین هزارها تایمر/ کانتر را کنترل نماید. همین امر باعث شده بتوان هر سیستمی، از سیستم کنترل ماشین‌هایی با چند I/O که کار ساده‌ای مثل تکرار یک سیکل کاری کوچک انجام می‌دهند گرفته تا سیستم‌های

بسیار پیچیده تعیین موقعیت و مکان‌یابی را کنترل نمود. این سیستم می‌تواند بدون نیاز به سیم‌بندی و قطعات جانبی و فقط از طریق نوشتن چند خط برنامه تا صدها تایمر را در آن واحد کنترل و استفاده نماید .

زمان پاسخ‌گویی Scan Time

این زمان بستگی به سرعت پردازش CPU مدل انتخاب شده PLC و طول برنامه کاربر دارد. از یک میکروثانیه تا ده میلی ثانیه می‌باشد. مثلا در مواقعی که I / O از سیستم اصلی دور باشد، چون مجبور به نقل و انتقال سیگنالها به سیستم دورتری هستیم در نتیجه زمان اسکن زیاد می‌شود. همچنین مانیتور کردن برنامه کنترلی اغلب به زمان اسکن می‌افزاید چرا که CPU کنترلر مجبور است وضعیت کنتاکتها، رله‌ها ، تایمرها و... را روی CRT یا هر وسیله نمایشگر دیگری بفرستد .

قطعات ورودی

هوشمند بودن سیستم اتوماسیون بیشتر مربوط به توانایی PLC در خواندن سیگنالهای ارسالی از انواع ورودی‌ها، دستی، اتوماتیک و حس‌گرهای خودکار می‌باشد. قطعات ورودی نظیر شستی‌های استارت/ استوپ ، سوییچ‌ها، میکروسوییچ‌ها، سنسورهای فتوالکتریک، proximity، level sensor، ترموکوپل، PT100و PLC ...از این سنسورها برای انجام عملیاتی نظیر تشخیص قطعه روی نوار نقاله حامل قطعات، تشخیص رنگ، تشخیص سطح مایعات داخل مخزن، آگاهی داشتن از مکانیزم حرکت و موقعیت جسم، تست کردن فشار مخازن و بسیاری موارد دیگر، استفاده می‌کند. سیگنالهای ورودی یا دیجیتال هستند و یا آنالوگ، که در هر صورت ورودی‌های PLC را توان در مدهای مختلف تنظیم و مورد استفاده قرار داد .

قطعات خروجی

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

همانطوری که می‌دانید یک سیستم اتوماسیون شده بدون داشتن قابلیت اتصال به قطعات خروجی از قبیل سیم‌پیچ، موتور، اینورتر، شیربرقی ، هیتر و ... کامل نخواهد بود. قطعت خروجی نحوه عملکرد سیستم را نشان می‌دهند و مستقیما تحت تاثیر اجرای برنامه کنترلی سیستم هستند در خروجی‌های PLC نیز مدهای مختلفی برای اعمال سیگنال به المانهای خروجی وجود دارد .

نقش کنترلرهای قابل برنامه‌ریزی (PLC) در اتوماسیون صنعتی

در یک سیستم اتوماسیون، PLC بعنوان قلب سیستم کنترلی عمل می‌کند. هنگام اجرای یک برنامه کنترلی که در حافظه آن ذخیره شده است، PLC همواره وضعیت سیستم را بررسی می‌کند. این کار را با گرفتن فیدبک از قطعات ورودی و سنسورها انجام می‌دهد .سپس این اطلاعات را به برنامه کنترلی خود منتقل می‌کند و نسبت به آن در مورد نحوه عملکرد ماشین تصمیم‌گیری می‌کند و در نهایت فرمانهای لازم را به قطعات و دستگاههای مربوطه ارسال می‌کند .

مقایسه تابلوهای کنترل معمولی با تابلوهای کنترلی مبتنی برPLC

امروزه تابلوهای کنترل معمولی (رله‌ای) خیلی کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. چرا که معایب زیادی دارند. از آنجا که این نوع تابلوها با رله‌های الکترومکانیکی کنترل می‌شوند، وزن بیشتری پیدا می‌کنند، سیم‌کشی تابلو کار بسیار زیادی می‌طلبد و سیستم را بسیار پیچیده می‌کند. در نتیجه عیب‌یابی و رفع مشکل آن بسیار پرزحمت بوده و برای اعمال تغییرات لازم در هر سال و یا بروز کردن سیستم بایستی ماشین را بمدت طولانی متوقف نمود که این امر مقرون به صرفه نخواهد بود. ضمنا توان مصرفی این تابلوها بسیار زیاد است .

با بوجود آمدنPLC ، مفهوم کنترل و طراحی سیستم‌های کنترلی بطور بسیار چشمگیری پیشرفت کرده است و استفاده از این کنترلرها مزایای بسیار زیادی دارد. که به برخی از این موارد در زیر اشاره کرده‌ایم. که با مطالعه آن می‌توان به وجه تمایز PLC با سایر سیستم‌های کنترلی پی برد :

www.powerengineeringblogfa.com

- سیم بندی سیستم‌های جدید در مقایسه با سیستم‌های کنترل رله‌ای تا 80٪ کاهش می‌یابد .
- از آنجاییکه PLC توان بسیار کمی مصرف می‌کند، توان مصرفی بشدت کاهش پیدا خواهد کرد .
- توابع عیب یاب داخلی سیستم PLC ، تشخیص و عیب‌یابی سیستم را بسیار سریع و راحت می‌کند .
- برعکس سیستم‌های قدیمی در سیستم‌های کنترلی جدید اگر نیاز به تغییر در نحوه کنترل یا ترتیب مراحل آن داشته باشیم، بدون نیاز به تغییر سیم‌بندی و تنها با نوشتن چند خط برنامه این کار را انجام می‌دهیم. در نتیجه وقت و هزینه بسیار بسیار اندکی صرف انجام اینکار خواهد شد .
- در مقایسه با تابلوهای قدیمی در سیستم‌های مبتنی بر PLC نیاز به قطعات کمکی از قبیل رله ، کانتر، تایمر، مبدل‌های A/D و D/A و... بسیار کمتر شده است. همین امر نیز باعث شده در سیستم‌های جدید از سیم‌بندی، پیچیدگی و وزن تابلوها به نحو چشمگیری کاسته شود .
- از آنجاییکه سرعت عملکرد و پاسخ‌دهی PLC در حدود میکروثانیه و نهایتا میلی ثانیه است، لذا زمان لازم برای انجام هر سیکل کاری ماشین بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته و این امر باعث افزایش میزان تولید و بالا رفتن بازدهی دستگاه می‌شود .
- ضریب اطمینان و درجه حفاظت این سیستم‌ها بسیار بالا تر از ماشین‌های رله‌ای است .
- وقتی توابع کنترل پیچیده‌تر و تعداد I/O ها خیلی زیاد باشد، جایگزین کردن PLC بسیار کم هزینه‌تر و راحت‌تر خواهد بود .

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سخت افزار PLC ها

ساختار یک سیستم PLC تقریبا شبیه ساختار یک کامپیوتر است.به عبارتی به PLCها اصطلاحا کامپیوترهای صنعتی گفته می شود.

اجزای تشکیل دهنده یک سیستم PLC

1. منبع تغذیه یا Supply Power :

- خروجی آن معمولا 5 ولت یا 24 ولت DC است.در صورت قطع برق از یک باطری پشتیبان استفاده می شود.

2. واحد پردازش مرکزی یا CPU که قلب PLC است.وظیفه CPU دریافت اطلاعات از ورودی پردازش این اطلاعات مطابق برنامه و صدور فرمانها به قسمت خروجی است.
3. حافظه یا Memory:

- در PLCها دو نوع حافظه وجود دارد.
- الف-موقت یا RAM که محل نگهداری شمارنده ها تایمرها و فلگ ها و همچنین برنامه های کاربر است.
- ب-حافظه دائم یا ROM یا EPROM که برای ذخیره دائمی برنامه کاربر است.

4. واحد ورودی یا INPUT که جهت دریافت اطلاعات یا پروسه کنترلی می باشد و در دو نوع وجود دارد:

- ورودیهای آنالوگ مانند سنسورهای دما
- ورودیهای دیجیتال مانند میکروئیچها

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

5. **واحد خردجی یا OUTPUT که محل صدور فرمانهای PLC به پروسه تحت کنترل می باشد.**

- **خروجیها هم در دو نوع آنالوگ و دیجیتال می باشند.**

6. **ماژول ارتباط پردازنده یا CP:**

- **ظیفه این قسمت ارتباط بین CPU اصلی با CPU های جانبی است.همچنین PLC از طریق این ماژول میتواند با کامپیوترهای شخصی و پرینتر ارتباط برقرار کند.**

7. **ماژول I M**

- **در صورتیکه در پروسه کنترلی مان نیاز به اضافه کردن ورودی و خروجی داشتیم از این ماژول استفاده می کنیم.**

اصول و نحوه طراحی یک سیستم کنترلی با استفاده از یکPLC

مفهوم کنترل کردن یک پروسه، کاری بسیار ساده و آسان است و انجام اصولی موارد زیر را می‌طلبد :

- **مشخص کردن ترتیب کار ماشین**

عملیات سیستم کنترلی توسط المانهای ورودی تعیین می‌شود، بسته به شرایط موجود یک

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سیگنال به PLC فرستاده می‌شود. در پاسخ، کنترلر بر طبق برنامه کنترلی که در حافظه خود دارد سیگنالی به ترمینالهای خروجی، که کار دستگاه را کنترل می‌کنند، می‌فرستد و به این ترتیب عمل کنترلی خواسته شده، انجام می‌شود. قبل از نوشتن برنامه باید فلوچارت ترتیب و توالی عملیات را رسم کنید .

- انتخاب مدل PLC

با بررسی سیکل کاری پروسه‌ای که می‌خواهیم کنترل کنیم، مشخص کردن تعداد و نوع Input/Outputهای سیستم و با توجه به دقت مورد نیاز، PLCمناسب را انتخاب می‌کنیم. در مورد انتخاب یک PLC بایستی مشخصه‌های زیر را تعیین کنیم :

- § تعداد ورودی‌ها
- § تعداد خروجی‌ها
- § نوع ورودی و خروجی‌های دستگاه
- § تعداد رجیسترها و بیت‌های کمکی
- § تعداد تایمرها و شمارنده‌های مورد نیاز
- § اندازه حافظه
- § سرعت اجرای برنامه و پاسخ‌دهی دستگاه Scan Time

برخی از شرکت‌های مشهور سازنده PLC عبارتند از:

ALAM BRADLEY ،OMRON ، TELEMECANIQUE ، MITSUBISHI ، LG ، SIEMENSو ...

- اختصاص دادن آدرسهایی از حافظه PLC به ترمینالهای ورودی و خروجی : سومین قدم این است که تمامی قطعات کمکی که به PLC وصل می‌شوند باید مشخص شوند.

بعد از گرفتن لیست از این قطعات، به هر کدام از آنها آدرسی از حافظه PLC I/O اختصاص داده می‌شود. در حین سیم‌بندی مدار هم باید دقت کرد که این قطعات به ترمینالهای مشخص شده وصل شوند. مشخص کردن آدرس‌های ورودی خروجی باید قبل نوشتن برنامه انجام شود. چرا که این آدرس‌ها به کنتاکتهایی که در برنامه نردبانی استفاده خواهد شد، معنی می‌دهد .

- برنامه‌نویسی و ذخیره آن در حافظه PLC:

بعد از تجزیه تحلیل مدار و انتخاب PLC حال نوبت به برنامه‌نویسی آن می‌رسد. برنامه با توجه به ترتیب عملیات که در قدم اول مشخص شده، نوشته می‌شود. زبان برنامه‌نویسی آن که بصورت اعداد و حروف است از یک استاندارد مشخصی تبعیت می‌کند. روشهای نمایش برنامه در تمامPLC ها مشترک می‌باشد و به سه صورت زیر است :

- § دیاگرام نردبانی LADDER DIAGRAM
- § سیستم کنترل فلوچارت CONTROL SYSTEM FLOWCHART
- § لیست بیانی MNEMONIC CODE) STATEMENT LIST)

برای نوشتن برنامه درPLC می‌توان از برنامه‌ریز دستی programmer console و یا PC استفاده کرد. هر کدام از سازنده‌های PLC نرم‌افزاری برای محصول خود ارائه کرده‌اند که اغلب هر سه روش برنامه‌نویسی، LADDER، CSF، STLرا پشتیبانی می‌کند و می‌توان براحتی PLC را به کامپیوتر وصل کرد. از طریق پورتRS232-C ، می‌توان برنامه نوشته شده را به حافظه PLC فرستاده و در آنجا ذخیره نمود. در نوشتن برنامه کنترلی می‌توان از دستورات منطقی، محاسباتی و انتقال داده استفاده نمود. دستورات منطقی مثلNOT ،XOR ، OR، ANDو... دستورات محاسباتی مانند انواع جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، دستورات مثلثاتی، توان، لگاریتم، تبدیل کدها، محاسبات مربوط به اعداد اعشاری، دستورات مقایسه و....

معمولا در مواقعی که بخواهیم در کار ماشین وقفه‌ای ایجاد کنیم یا در بین فرآیندها فاصله قایل

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

شویم و یا زمان لازم برای انجام یک یا چند فرآیند در نظر گرفته شود از تایمرهای داخلی PLC در مدهای مختلف تاخیر در وصل، تاخیر در قطع، تایمر حافظه‌دار، مولد پالس و... استفاده می‌کنیم. برای شمارش پالس‌های ورودی، شمارش سیکل‌های کاری و یا کاربردهایی از قبیل شمارش تعداد قطعاتی که از جلوی سنسوری رد شده‌اند و... از کانترهای داخلی خود PLC استفاده می‌کنیم. این کانترها را در هر دو حالت بالا شمار و پایین شمار می‌توان بکار برد. تعداد تایمر/ کانتر از 256تا برای مدل‌های پایین PLC تا چند هزار عدد برای مدل‌های بالاتر می‌باشد که دسترسی به آنها تنها با نوشتن چند خط برنامه و بصورت نرم‌افزاری امکان‌پذیر بوده و هیچ نیازی به قطعات خارجی و سیم‌بندی اضافی و حجیم کردن تابلو کنترل ندارند .

- **تست نهایی و اجرای برنامه کنترلی:**

قبل از آنکه شستی استارت زده شود، بی‌خطر بودن سیستم کاملا تست خواهد شد و از درست وصل شدن قطعات خروجی به ترمینالهای PLC بر طبق آدرس‌های اختصاص داده شده اطمینان حاصل می‌شود. بعد از تایید نهایی می‌توان عملیات کنترلی را آغاز نمود. برای اجرای برنامه بایستی PLC را به مد اجرا RUN برده و کلید استارت را فشار دهیم . بعد از مشاهده عملکرد ممکن است سیستم نیاز به اشکال‌زدایی داشته باشد تا در صورت لزوم عملکرد سیستم بهتر شود. در این صورت هم فقط برنامه PLC است که تغییر خواهد کرد

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

موقعیت سنجهای مغناطیسی

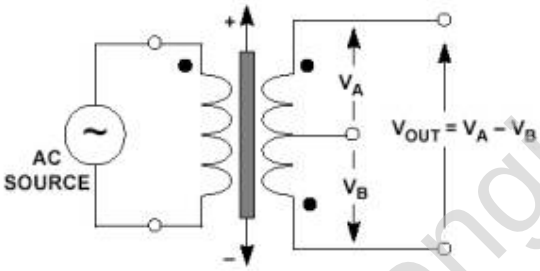
LVDT

(Linear Variable Transformer)

معرفی و تاریخچه

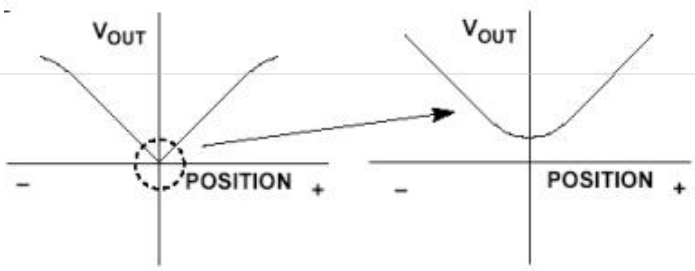
در زمان جنگ جهانی دوم، ترانسفورماتورهای متغیر خطی یاLVDT ها به عنوان یک سنسور در کنترل صنعتی شناخته شدند و در سیستمهای نظامی و جنگ افزارها از آنها استفاده فراوانی شد.

LVDT ها امروزه به علت دارا بودن دقت و قابلیت اطمینان بالا کاربرد وسیعی در صنایع مختلف از جمله ماشین افزارها، روباتیک و سیستمهای نظامی دارند.



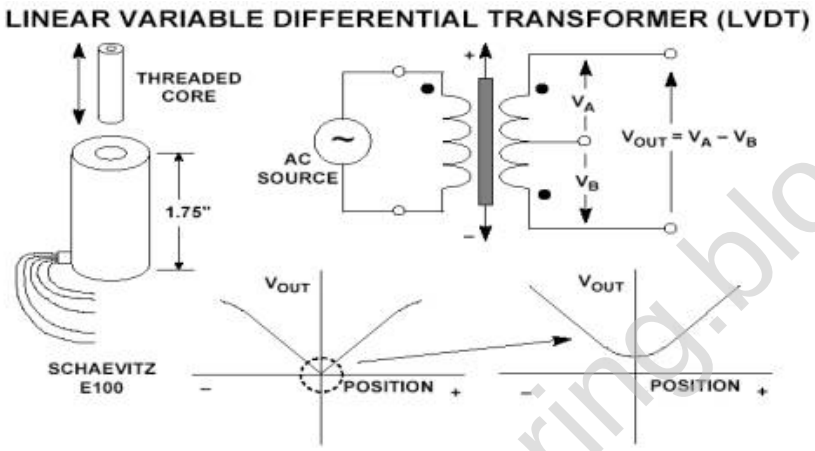
ایده اصلی

LVDT از یک ترانسفورماتور و یک هسته مغناطیسی تشکیل شده است. هسته مغناطیسی میان سیم پیچی های اولیه و ثانویه ترانسفورماتور قراردارد. جابجایی هسته که توسط یک واسط غیر مغناطیسی به جسم متحرک متصل است، باعث تغییر در شار گذرنده و در نتیجه ایجاد ولتاژ دو سیم پیچ ثانویه شده و ولتاژ خروجی که تفاضل این دو ولتاژ می باشد نیز طبیعتاً تغییر می کند. در این حالت ولتاژ (rms) خروجی به طور خطی با موقعیت هسته فرومغناطیسی نسبت به ترانسفورماتور تغییر می کند.



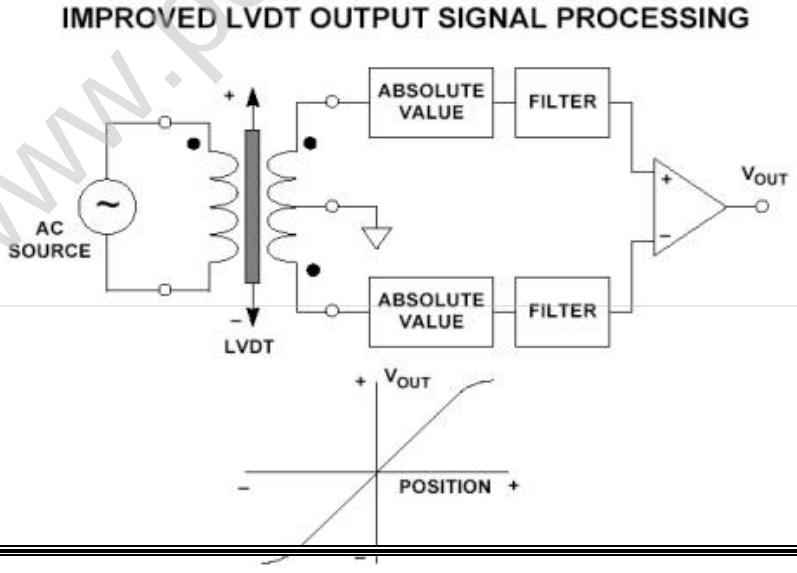
که نمودار سمت چپ مربوط به یک LVDT ایده آل و نمودار سمت راست خروجی یک LVDT واقعی را نشان می دهد .(LVDT را با منبع تغذیه DC نیز می توان بکار برد.)

مدارات بهسازی



نمودار سمت چپ حالت ایده آل یک LVDT را نشان می دهد ، در حالیکه در عمل بعلت وجود اندوکتانس نشتی و تزویج ناقص سیم پیچی ها در نقطه صفر) هنگامی که هسته در وسط سیم پیچی ثانویه قرار دارد) ولتاژ خروجی صفر نخواهد بود و به اصطلاح Offset خواهیم داشت (نمودار سمت راست) . ضمنا مقدار ولتاژ خروجی تنها با فاصله هسته مغناطیسی از مبداء متناسب بوده و از روی آن ما قادر به تشخیص علامت موقعیت (در سمت راست محور مکان واقعیم یا سمت چپ) نخواهیم بود.

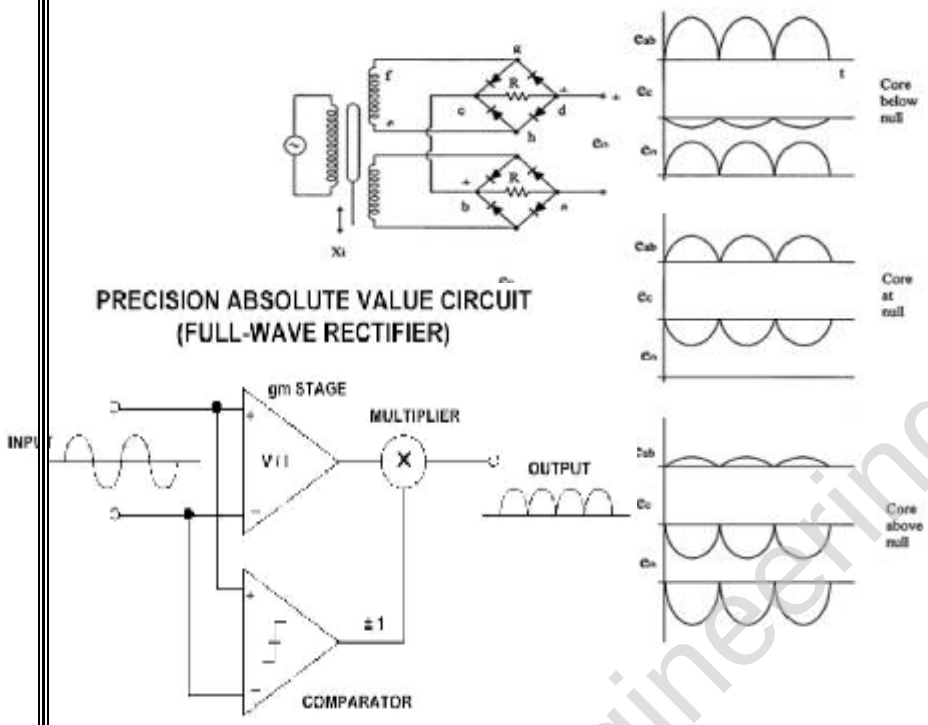
برای رفع این مشکلات از مدار بهسازی زیر استفاده می کنیم.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

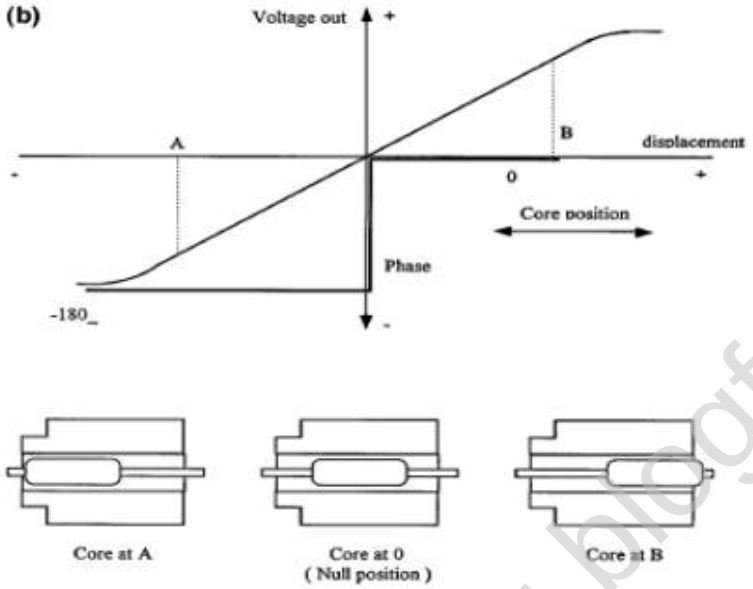
همانطور که دیده می شود در این مدار ، قدر مطلق ولتاژهای ثانویه در نظر گرفته می شود. برای اینکار می توان ا زیکسو ساز دیودی و خازنی (شکل1)و یا از روش دقیقتری که در شکل2 نشان داده شده است، استفاده نمود.



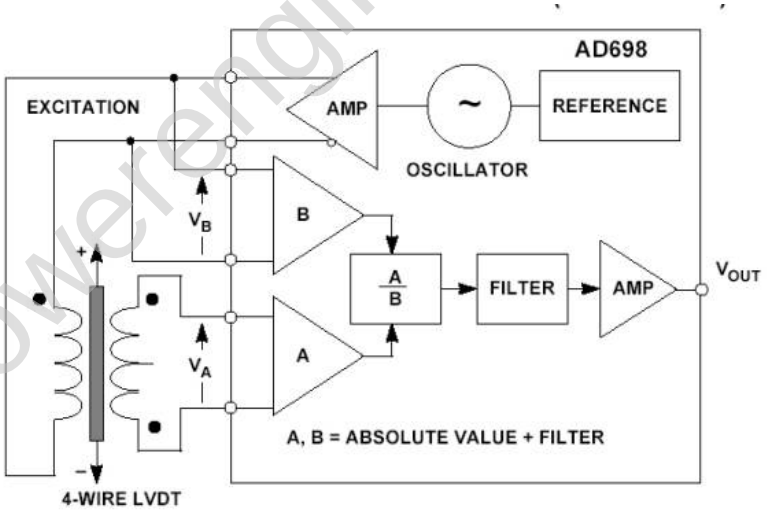
در این روش ولتاژ ثانویه وارد یک مبدل ولتاژ به جریان شده و در عین حال با استفاده از یک مقایسه کننده علامت آن تشخیص داده می شود. با توجه به جهت ولتاژ ، سیگنال خروجی مبدل **V/I** در عدد 1 + یا 1 - ضرب خواهد شد تا مقدار قدر مطلق ولتاژ بدست آید.

در این روش ولتاژ ثانویه وارد یک مبدل ولتاژ به جریان شده و در عین حال با استفاده از یک مقایسه کننده علامت آن تشخیص داده می شود. با توجه به جهت ولتاژ ، سیگنال خروجی 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 یک فیلتر می شود تا مقدار **DC** آنها حاصل گردد و در آخر نیز توسط یک تفریق گر ، ولتاژ نهائی حاصل می شو دکه همانطور که در شکل دیده می شود ولتاژ خروجی نسبت به موقعیت، خطی می باشد.(شکل **b**)

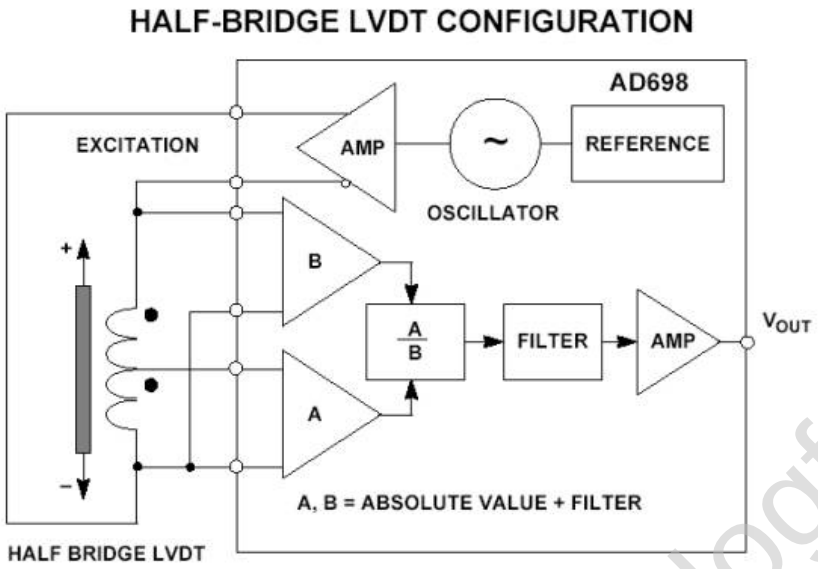


مدارات بهسازی دیگری نیز جهت بدست آوردن موقعیت با استفاد ه از VDTL وجود دار دکه نمونه هایی از آن در زیر آمده است.



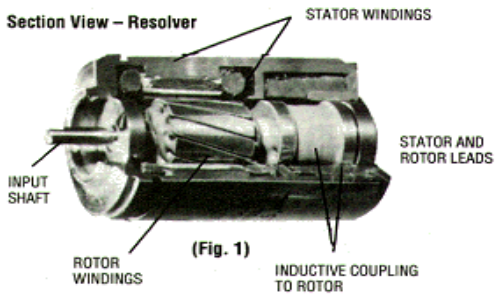
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com



موقعیت سنجهای مغناطیسی

رزولور (Resolver)



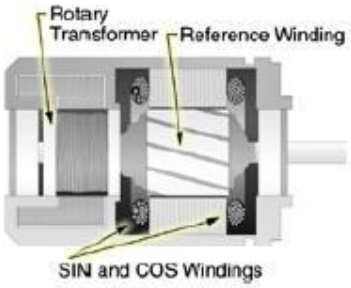
مقدمه

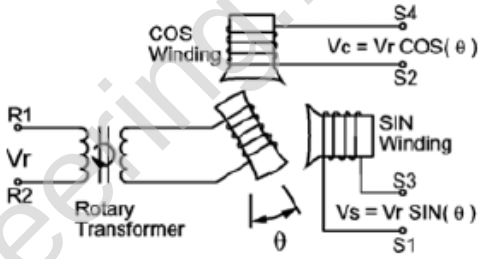
رزولورها نوعی از سینکروها هستند که امروزه کاربرد وسیعی در صنایع مختلف دارند. این سنسورها به علت ساختمان خاص داخلی خود درمحیطهای صنعتی و آلوده ، به جای انکودرهای نوری استفاده می شوند.

همچنین با توجه به اینکه ساخت سینکرو نسبت به رزولور مشکل تر بوده و در نتیجه گرانتر خواهد بود لذا سینکروها امروز ه بیشتر در صنایع نظامی دقیق و ویژه استفاده می‌شوند وکاربرد رزولورها گسترده تر است.

ساختمان وتئوری

رزولورها نوعی از سینکروها هستند با این تفاوت که در روتور و استاتور آنها دو سیم پیچی عمود بر هم وجود دارد. با تحریک یکی از سیم پیچی های روتور و یا استاتور ، به ترتیب در استاتور و یا روتور ولتاژی متناسب با سینوس زاویه میان روتور و استاتور ایجاد می گردد.





مثلاً اگر سیم پیچی روتور تحریک شود خواهیم داشت:

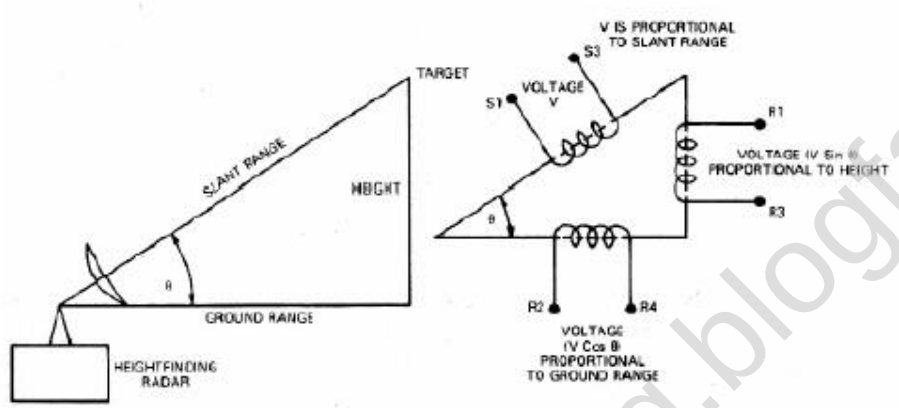
$$Vc = Vr\cos\theta$$
$$Vs = Vr\sin\theta$$

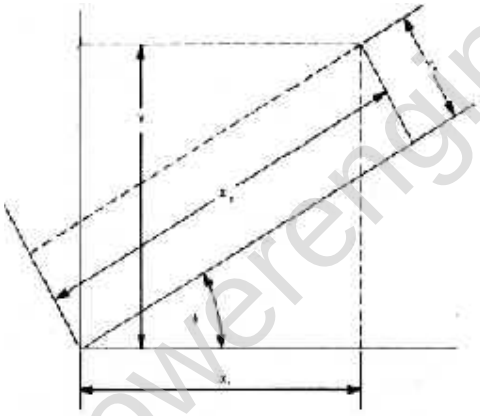
علت نامگذاری این سنسورها نیز بر همین مبنا است . زیرا این ماشین ها ولتاژ مرجع را به دو مولفه عمود بر هم تجزیه می نمایند. اگر در روتور رزولورها ا ز یک سیم پیچی استفاده شود ، این تجزیه تنها در یک جهت صورت می گیرد ولی درصورت استفاده از دو سیم پیچی در دو جهت تجزیه ولتاژخواهیم داشت.

علاوه بر تعیین موقعیت زاویه ای توسط رزولورها می توان از آنها در جهت عکس استفاده نمود، یعنی با اعمال مولفه های ولتاژ به استاتور این ماشین ها ، می توان ولتاژ مرجع همراه با زاویه آن را بدست آورد.

www.powerengineering.blogfa.com

همچنین از رزولورها جهت تغییر مختصات از یک دستگاه به دستگاه مختصات دیگر استفاده می شود ، مثلا با استفاده از مدار زیر می توان با انتقال دستگاه مختصات ارتفاع رادار را تعیین 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 تغییر مختصات سه بعدی نیز استفاده می شود که در این صورت روابط به صورت زیر در خواهند آمد:

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

www.powerengineeringblogfa.com

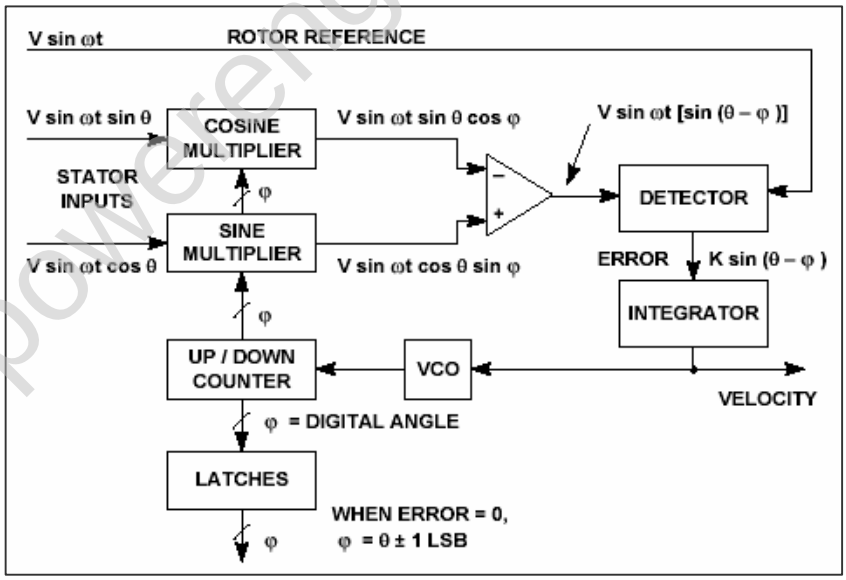
مدارات بهسازی

برای استخراج زاویه ، ازیک مبدل RCD (**Resolver to Digital Converter**) استفاده می نمائیم.

انواع روش های RDC یا RTD

- روش Tracking
- روش های DSP
  - روش Under Sampling
  - روش Over Sampling

روش Tracking



همانطور که مشاهده می شود این مبدل از اجزای زیر تشکیل شده است :

www.powerengineering.blogfa.com

1 - ضرب کننده سینوس و کسینوس

2 - مقایسه کننده (تقویت کننده تفاضلی)

3 - آشکار ساز یا دمدولاتور

4 - انتگرالگیر

5 - نوسان ساز

6 - شمارنده

7 - لچ (**LATCH**)

می توان این سیستم را به صورت یک سیستم حلقه بسته در نظر گرفت که ورودی این سیستم زاویه یا همان زاویه روتور و خروجی آن مقدار نشان دهنده **Latch** می باشد. با توجه به این که در این سیستم خطای حالت مانگار صفر خواهد بود (به واسطه وجود انتگرالگیر) نهایتاً مقدار نشان داده شده توسط **Latch** یعنی Φ، با مقدار ورودی برابر خواهد شد.

این سیستم دارای دو حلقه انتگرالگیر می باشد. یکی از انتگرالگیرها ، شمارنده می باشد که پالس تولید شده توسط نوسان ساز را می شمارد و دیگری یک انتگرالگیر است که از خروجی آشکار ساز انتگرال می گیرد.

در این روش با داشتن یک سرعت ثابت ، خروجی دیجیتالی ، ورودی رادنبال خواهد نمود بدون آنکه نیازی به مدار خارجی جبران ساز پسفاز ، میان خروجی دیجیتال و شفت رزولور باشد.

یکی دیگر از مزایای **RDC** های دنبال کننده آن است که می توان از طریق آنها سرعت شفت را نیز اندازه گیری نمود. در واقع ولتاژ خروجی انتگرالگیر، مقداری متناسب با سرعت شفت خواهد داشت بدین ترتیب در مواردی که نیازمند استفاده از اطلاعات سرعت می باشیم می توان از این سیستم جهت اندازه گیری توام سرعت و موقعیت استفاده نمود بدون آنکه نیازی به استفاده از تاکومتر داشته باشیم.

www.powerengineering.blogfa.com

از آنجائیکه در این مبدل از دو حلقه انتگرالی استفاده شده است ، این سیستم در مقابل نویز ایمنی بالایی دارد (تضعیف نویز / dB 12) زیرا نویزهای القائی معمولاً دارای قسمتهای مثبت و منفی برابری هستند، وجود انتگرالگیر باعث می شو دکه نویز بطور کلی حذف گردد.

مقاوم بودن این سیستم در مقابل نویز سبب می گردد که دیگر نگران افت ولتاژ درمسافت های طولانی نبوده لذا می توان مبدل را با فاصله زیادی نسبت به رزولورها قرار داده و پردازش اطلاعات را در فاصله دورتری نسبت به سنسور انجام دهیم.

ضمناً حذف نویز در تمام فرکانسها صورت می گیرد و لذا می توان اثر نویزرا حذف نمود.

AD2S90

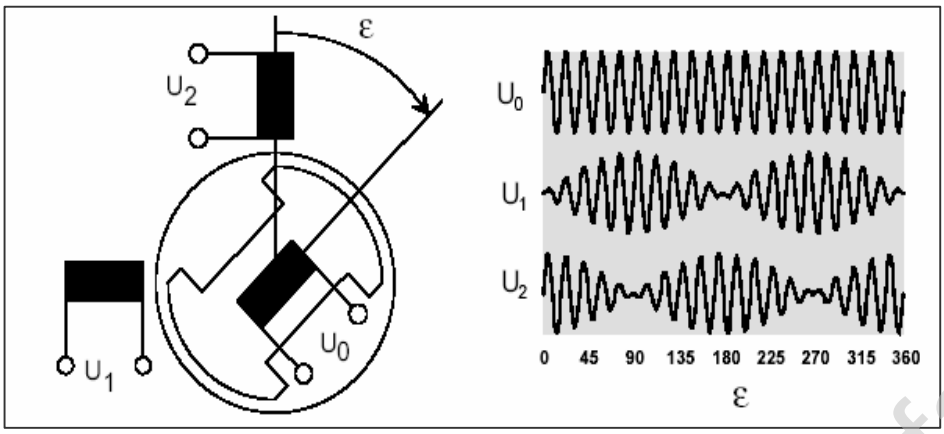
یکی از نمونه مدارات مجتمع RDC های دنبال کننده AD2S90 می باشد. که جدول آن در زیر آمده است .این سیستم دارای شمارنده دوازده بیتی بوده رزولوشن آن برابربا 0.08 درجه می باشد.

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: 376 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

روش DSP

www.powerengineering.blogfa.com



هنگامی که روتور می چرخد ، دامنه سیگنال ورودی و خروجی بصورت

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

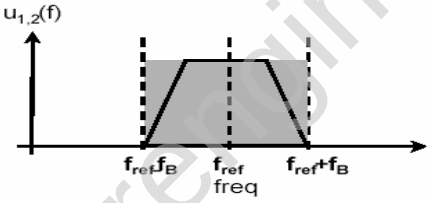
زیر می باشد :

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

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

که در این رابطه K ، نسبت تبدیل ترانسفورماتور

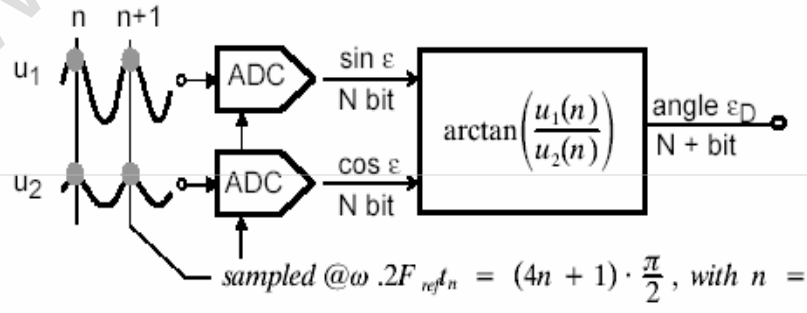
رزولور می باشد. طیف فرکانسی دامنه سیگنالهای خروجی بصورت زیر می باشد.



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

همانطور که دیده می شود . سیگنالها و $\cos\varepsilon$ با سیگنال مرجع $\sin\omega t$ مدوله می شود، لذا باید به طریقی سیگنالهای خروجی را دمدوله کرد تا بتوان از روی آنها اطلاعات مربوط به زاویه را بدست آورد.

روش Under Sampling



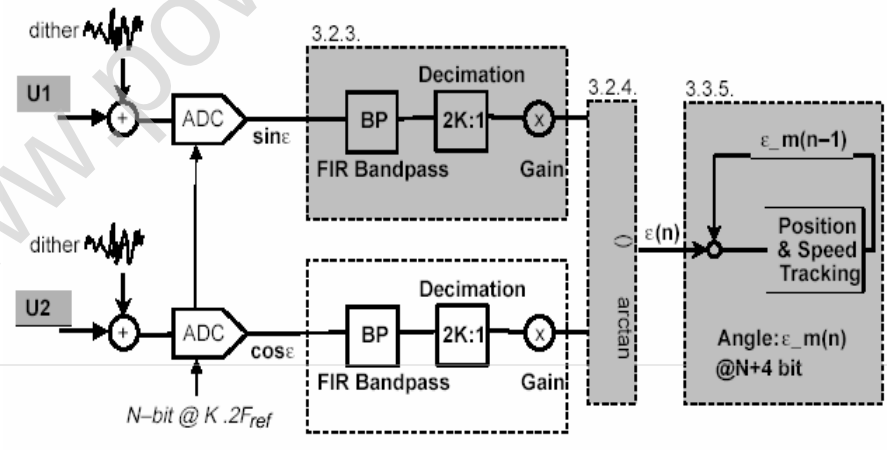
www.powerengineering.blogfa.com

در این روش از سیگنالهای V1 و V2 خروجی با فرکانس سیگنال مرجع نمونه برداری می شود و با این کار V1 و V2 دمدوله می شوند . بدین ترتیب مقادیر U1(n) و U2(n) همان مقادیر $\sin\varepsilon$ و $\cos\varepsilon$ خواهند بود. مقادیر نمونه برداری شده توسط یک مبدل A/D ، وارد $tg^{-1}\frac{\sin\varepsilon}{\cos\varepsilon}$ شگر شده و توسط این پردازشگر مقدار محاسبه و با توجه به علامت سیگنال U2 عملیات زیر صورت می گیرد.

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

برای اینکه سیستم از دقت کافی برخوردار باشد، باید سیگنال های U1 و U2بطور کاملاً همزمان نمونه برداری شوند و یا اینکه همواره نزدیکترین مقدار آنها به مقدار ماکزیمم شان در نظر گرفته شود. برای ADC با N بیت ، دقت زاویه بدست آمده N+1 بیت خواهد بود. بعنوان نمونه در سیستم TMS320F 240 ، که دارای ADC های 10 بیتی می باشد دقت زاویه اندازه گیری 10 دقیقه می باشد.

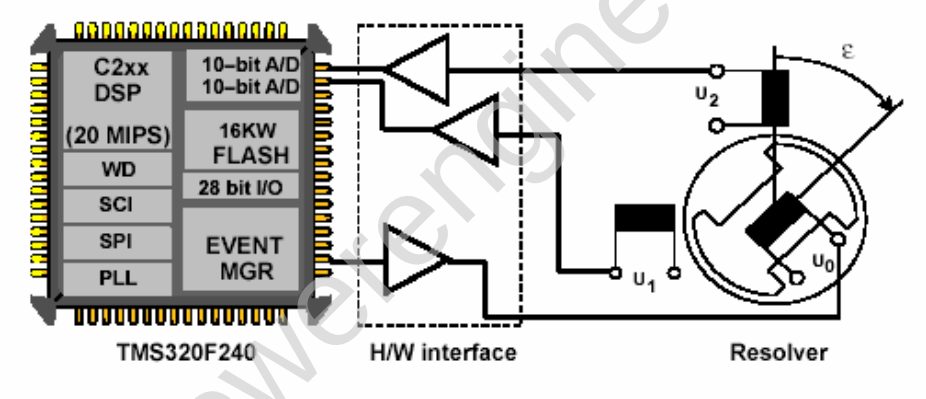
روش Over Sampling

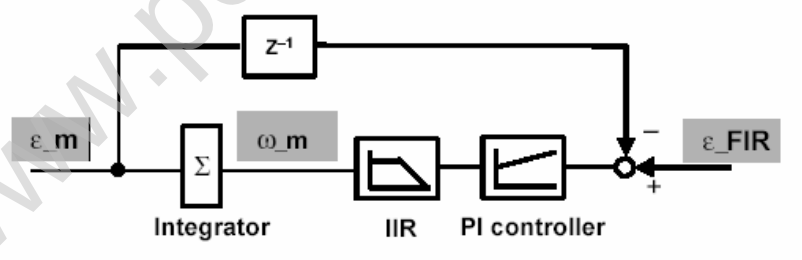


برای داشتن دقت بالاتر و حذف نویز بیشتر نسبت به روش **Over Sampling** از این روش استفاده می شود. در این روش از سیگنالهای **V1** و **V2** با فرکانس بیشتر از فرکانس مرجع نمونه برداری می نمائیم. طبق شکل این فرکانس **2K** برابر فرکانس مرجع در نظر گرفته شده است . پس از آن این سیگنال ها ا زیک **FIR** میان گذر عبور داده می شوند و $tg^{-1}\frac{\sin\varepsilon}{\cos\varepsilon}$ سپس یک تقسیم فرکانس**1: 2K** صورت می گیرد و در واقع تنها مقادیر **2K** ام نمونه برداری شده در نظر گرفته می شود و بدین ترتیب $\sin\varepsilon$ و بدست خواهد آمد و پس از آن مقدار محاسبه می گردد.

برای بهبود در رزولوشن، از یک حلقه فیدبک سرعت و موقعیت مطابق شکل استفاده می شود.

مقدار افزایش رزولوشن با این روش بستگی به پهنای باند سیستم حلقه بسته دارد. مزیت دیگر این حلقه ، جبران کردن دسته تاخیرات ناشی از فیلتر **FIR** میان گذر می باشد. بدین ترتیب با استفاد ه از این روش می توان بدون نیاز داشتن پس فاز سرعت ، رزولوشن را افزایش داد.





TMS320F240

این کنترل کننده دارای 2 مبدل 10 بیتی می باشدکه بطور همزمان از سیگنالهای **U1**و **U2** نمونه برداری می کنند. همچنین این سیستم توسط یک کانال **PWM** قادر به ساخت ولتاژ سینوسی مرجع می باشد.

www.powerengineering.blogfa.com

بطور کلی می توان ویژگیهای این سیستم ر ا بصورت زیر خلاصه نمود :

1 - قابلیت تولید سیگنال مرجع سینوسی (Event Manager)

2 - نمونه برداری همزمان از سیگنالهای V1 و V2 و با همان فرکانس سیگنال مرجع (EventManager ADC)

3 - استفاده از الگوریتم بهبود یافته جهت تعیین زاویه (CPU)

4 - رزولوشن بیش از 14 بیت

سنسورهای مگنتواستریکتیو

sensors Magnetostrictive

معرفی

تئوری

مشخصات کلی و مقایسه

کاربرد و انواع

www.powerengineering.blogfa.com

معـــــــــــرفی

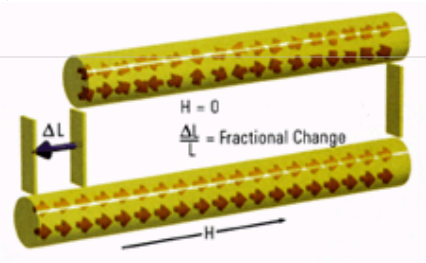
تکنولوژی سنسورهای مگنتواستریکتیو از حدود سال 1970 میلادی توسط شرکت **MTS TEMPOSONIC** بدست آمده است. هم اکنون نیز تقریبا بخش عمده سنسورهای تولیدی با این تکنولوژی را این شرکت تهیه می کند.

سنسورهای مگنتو استریکتیو غیر تماسی و مطلق هستند. غیر تماسی بودن آنها باعث عمر طولانی و عدم فرسودگی زود هنگام آنها می شود. وقتی یک سنسور تماسی مانند پتانسیومتر را بررسی کنیم متوجه می شویم که با حرکت لغزنده بر عنصر مقاومتی، لغزش های کوچکی رخ میدهد که عامل ایجاد نویز، هیسترزیس و عمر محدود آن می باشد. بنابراین با گذشت زمان و فرسوده شدن پتانسیومتر نسبت سیگنال به نویز کاهش می یابد و نیز می تواند نقاط مرده ای بر عنصر مقاومتی تولید شود، که تعویض عنصر سنسور را قطعی می کند.

سنسورهای مگنتواستریکتیو در دو مسیر متفاوت رشد کرده اند یکی بسوی سنسورهای هوشمند توانا در اندازه های کوچکی دومی بسوی سنسورهای ارزان قیمت طراحی شده جهت کاربردهای ویژه در صنایع

تئـــــــــــوری

Magnetostriction یک خاصیت مواد فرو مغناطیسی مانند آهن، نیکل و کبالت می باشد. وقتی این مواد در یک میدان مغناطیسی قرار می گیرند تغییر شکل و یا تغییر اندازه می دهند.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

مواد مغناطیسی دارای مجموعه هایی با نام **Domain** می باشند که به تنهایی همانند یک آهنربای دائمی عمل می کنند و شامل تعداد زیادی اتم می باشند.

وقتی یک ماده فرو مغناطیسی، در میدان مغناطیسی قرار نگرفته باشد و به اصطلاح آهنربا نشده باشد، این حفره ها بطور دلخواه قرار گرفته اند. ولی در اثر حضور میدان مغناطیسی، حوزه ها منظم گشته و در یک جهت قرار می گیرند. بدین ترتیب خاصیت مغناطیسی حوزه ها تقویت شده و ماده از خود خواص مغناطیسی نشان میدهد. این ویژگی با خواص آلیاژ، شدت میدان مغناطیسی و شرایط گرم[1] و سرد کردن[2] در حین قالب گیری و ذوب کردن متناسب می باشد.

وقتی اسپین های الکترون بر اثر میدان مغناطیسی تغییر جهت دهند، برهم کنش بین اسپین الکترون و اوربیت منجر می شود تا انرژی الکترون تغییر کند. در نهایت ماده کش می آید تا الکترون ها در آخرین سطح انرژی به سطح انرژی کمتری رسیده و درحالت آرامش قرار گیرند.(پایداری)

مواد می توانند دارای خاصیت های

- **Positive Magnetostriction (PM)**
- **Negetive Magnetostriction (NM)**

باشند. وقتی دارای خاصیت **PM** باشند براثر اعمال مغناطیسی اندازه آنها بزرگتر می شود. خاصیت **NM** باعث کوچکتر شدن ماده در حضور میدان مغناطیسی می شود. مگنتو استریکتیو در عناصر پایه و آلیاژهای ساده تغییر اندازه های کوچکی را باعث می شود.

عکس اثر مگنتواستریکتیو، اثر ویلاری می باشد.(**Villary Effect**) یعنی با اعمال فشار بریک ماده مگنتواستریکتیو خصوصیات مغناطیسی آن مانند نفوذپذیری مغناطیسی آن تغییر می کند.

www.powerengineering.blogfa.com

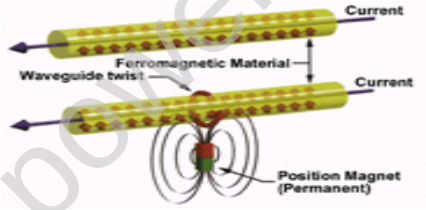
www.powerengineeringblogfa.com

وقتی یک میدان مغناطیسی محوری بر یک سیم مگنتو استریکتیو که جریانی از آن می گذرد اعمال می شود، در میدان مغناطیسی اعوجاجی براثر برهم کنش میدان مغناطیسی (مثلاً حاصل از یک آهنربای دایمی) و میدان مغناطیسی حاصل از عبور جریان الکتریکی بوجود می آید. جریان اعمالی را یک پالس با پهنای پالس کوچک(1 تا 2 میکروثانیه) در نظر بگیریم.

در این حالت اثر پوستی کاملاً تاثیر گذار خواهد بود و باعث می گردد تا حداقل چگالی جریان از مرکز سیم عبور کند و حداکثر چگالی جریان از سطح سیم بگذرد. بنابراین شدت میدان مغناطیسی در سطح سیم بزرگتر است این امر اعوجاج سیم را افزایش می دهد. بنابراین این اعوجاج مکانیکی تبدیل به یک موج اولتراسونیک می شود و در طول سیم حرکت می کند. این موج با سرعت 340 متر بر ثانیه در سیم حرکت می کند.

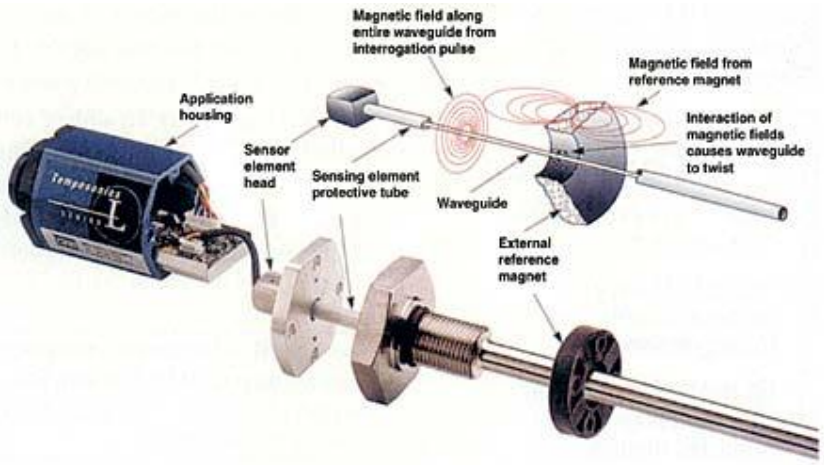
به این پدیده اثر وایدمن (Weidemann Effect)می گویند.

بنابراین عبور جریان پالسی با عرض پالس کوچک از یک سیم مگنتو استریکتیو در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی باعث اعوجاجی در میدان مغناطیسی آهنربا شده و این اعوجاج بوسیله امواج اولتراسونیک تغییر شکل سیم را سبب می شود.



نحوه عملکرد موقعیت سنج

این موقعیت سنج دارای یک آهنربا است که به قسمت متحرک دستگاه وصل می شود. سیمی نیز که بوسیله پوششی محافظت می شود به بخش ثابت دستگاه متصل است.



موقعیت سنج بدین ترتیب عمل می کند که با جاری شدن پالس جریان در سیم، شمارنده ای شروع به شمارش می کند. پالس جریان در محلی که آهنربای متصل به جسم قرار دارد یک موج اولتراسونیک تولید می کند. (اثرو ایدمن) این موج در طول سیم عبور می کند تا بوسیله یک محرک **(pick-up)** دریافت شود و در این هنگام به سبب ولتاژ تولید شده در بخش محرک **(pick-up)** تایمر متوقف می شود. زمان سپری شده توسط تایمر نشاندهنده موقعیت آهنربا می باشد. از آنجاییکه موج صوتی در جهت مخالف نیز می تواند حرکت کند، برای جلوگیری از برگشت موج از یک دامپر **(Damper)** استفاده می کنیم تا انرژی آنرا جذب کند.

بخش محرک یا **(pick-up)** از اثر ویلاری استفاده می کند. این بخش از یک آهنربا تشکیل شده است. ماده مگنتواستریکتیو کوچکی به قسمت انتهایی سیم متصل گشته است و بوسیله این آهنرا مگنتیزه می شود. این ماده مگنتواستریکتیو در درون سیم پیچ کوچکی قرار گرفته است. وقتی موج صوتی به آن می رسد برمبنای اثر ویلاری، ضریب نفوذپذیری مغناطیسی آن تغییر می کند. به سبب تغییر میدان در سیم پیچی، ولتاژی در پایانه های آن ایجاد می گردد.(اثر فارادی) این ولتاژ باعث خاموش شدن تایمر می گردد.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

مشخصات کلی و مقایسه

سنسورهای موقعیت مگنتواستریکتیو خطی از ابعاد 10mm تا 20m ساخته می شوند.

درصد غیر خطی بودن این سنسورها کمتر از 0.02% است. رزولوشن آنها نیز در حدود یک میکرومتر می باشد.

سنسورهای بلندتر از نظر هزینه بسیار مطلوب می باشند، چون تنها سیم و بخش بدنه آن بلند تر خواهد شد و سایر قسمت ها تغییر چندانی نخواهد کرد. سیم مگنتواستریکتیو برای موقعیت سنجی خطی بطور مستقیم قرار می گیرد و برای حرکت های چرخشی یا زاویه ای یا منحنی الخط می تواند شکل مناسبی را به خود بگیرد. البته هنوز کاربرد چرخشی این نوع سنسورها فراگیر نشده است.

در مقایسه با LVDT ها که برای اندازه گیری 1mm با درصد غیر خطی 0.1% و اندازه گیری 25mm با درصد غیر خطی 1% تا 0.2% به کار می روند، خروجی بهتری دارند. در عین حال تولید LVDT برای اندازه گیری تغییرات بیشتر 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

www.powerengineeringblogfa.com

سنسورهای مگنتورزیستیو

Magnetoresistive sensors

معرفی و تاریخچه

تئوری

آشنایی باGMR

آشنایی باCMR

مقایسه

کاربرد

انواع و نمونه ها

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

معرفی و تاریخچه

ویلیام تامپسون و بعداً لورد کلوین، برای اولین بار اثر مگنتور زیستیو در سال 1856 در مواد فرومغناطیسی مشاهده نمودند. این کشف تا حدود 100 سال بعد که تکنولوژی ساخت فیلم های نازک بدست آمد بدون استفاده باقی ماند.

همانطور که از نام آن برمی آید ، با تغییر میدان مغناطیسی مقاومت الکتریکی این مواد تغییر می کند.

در بیشتر مواد مغناطیسی، زمانی که یک میدان مغناطیسی اعمال می شود و(H) عمود بر جهت جریان باشد مقاومت الکتریکی کاهش می یابد. کاهش مقاومت در ازای افزایش چگالی شار مغناطیسی(B) است و تا زمانی که ماده به اشباع برود ادامه می یابد. وقتی میدان مغناطیسی موازی جهت جریان الکتریکی است با افزایش شدت میدان مغناطیسی مقاومت افزایش می یابد. به این پدیده مگنتورزیستیو(MR) می گویند.

این پدیده نتیجه دو عمل است:

1- کاهش سرعت حاملهای مقدم به سبب مجبور شدن حاملها به حرکت از یک طرف.

2- کاهش مقطع عرضی مؤثر هادی به سبب حرکت گروهی حاملها در یک طرف.

در حقیقت:

Resistivity = Voltage / (Carrier density * Carrier velocity)

www.powerengineering.blogfa.com

برمبنای اندازه تغییرات مقاومت الکتریکی در ازای تغییر میدان مغناطیسی به سه دسته تقسیم می شوند :

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

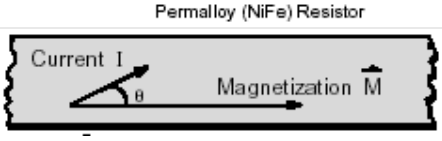
پرکاربرد ترین دسته سنسورهای MR ، دسته AMR می باشد که پهنای باند بین 1 - 5 مگاهرتز دارند و عکس العمل آنها بسیار سریع است.

کاربرد های MRسنسورهای در هدهای خواندن نوارهای صوتی، سرعت چرخ اتومبیل و میل لنگ، در ناوبری، شناسایی وسیله نقلیه (Vehicle Deteetion) وسنسورهای جریان و ... می باشد.

تـــــئـــــــوری

با توجه به کاربرد وسیع AMR ها در صنعت به بیان اساس و تئوری این دسته می‌پردازیم. سنسورهای AMR می توانند میدانهای استاتیک را از نظر قدرت و جهت میدان احساس کنند. این سنسورها از فیلم نازک پرمالوی قرار گرفته بر یک ویفرسیلیکن تشکیل می شود.پرمالوی آلیاژی است از آهن و نیکل.

در طول ساختن AMR یک میدان مغناطیسی قوی برآن اعمال می کنند که موجب جهت گیری حوزه ها و تشکیل بردار مغناطیسی شوندگی در پرمالوی می شود. بردار مغناطیسی شوندگی موازی با طول AMR قرار می گیرد.

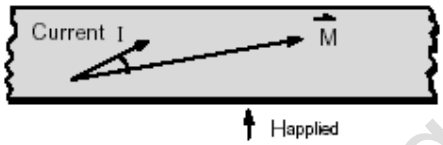


www.powerengineering.blogfa.com

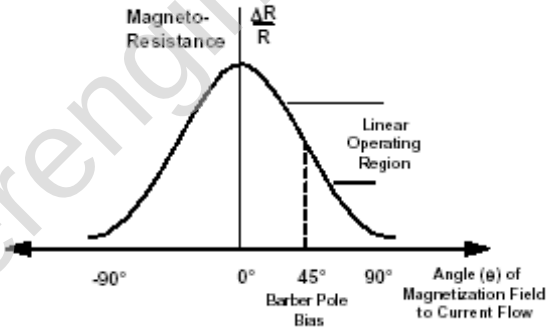
www.powerengineeringblogfa.com

اگر جریانی از **AMR** با زوایه 45درجه نسبت به طول قطعه عبور نماید، زوایه ای(q) بین بردار مغناطیسی شوندگی و جریان پدید می آید مقاومت **AMR** زمانی که جریان موازی بردار مغناطیسی شوندگی باشد بیشترین مقدار را خواهد داشت.

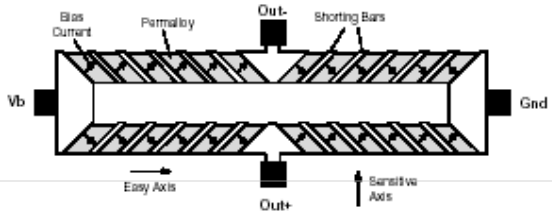
زمانی که یک میدان مغناطیسی خارجی بر **AMR** عمل کند بردار مغناطیسی شوندگی می چر خد و q تغییر می کند. این امر باعث تغییر مقاومت و در نهایت باعث تغییر ولتاژ خروجی در مدار پل می شود.



شکل زیر تغییرات مقاومت را به ازای تغییر زوایه q نشان میدهد. محدوده خطی پیرامون زوایه 45° است.



روش تولید جریان با زوایه **Barber Pole Biasing**، 45° نامیده می شود.



www.powerengineeringblogfa.com

در این روش برمبنای شکل بالا در AMR و در عرض آن از مانعهای کوتاهی (Shorting Bar) با مقاومت کم استفاده می شود. از آنجائیکه این مانعها با زوایه 45° قرار گرفته اند و نیز جریان مسیر با حداقل مقاومت را طی می کند، جریان با زوایه 45° از طول AMR عبور می کند. شکل نشان داده شده AMRچهار را در مدار پل نشان می دهد.حساسیت این سنسورها در محدوده میلی ولت به ازای اعمال یک اورستد میدان و یک ولت تغذیه مدار پل می باشد.

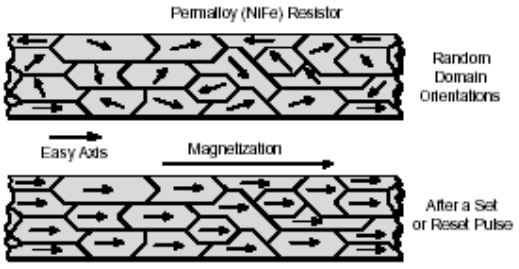
3 کاربرد عملی برای افزایش حساسیت سنسور های مگنتورزیستیو وجود دارد:

1- سنسور و میدان مغناطیسی باید در یک میدان مغناطیسی باشند.

2- فاصله هوایی بین سنسور و میدان مغناطیسی به حداقل ممکن برسد تا سطح گوسی بر سنسور افزایش یابد.

3- شدت میدان مغناطیسی افزایش یابد.

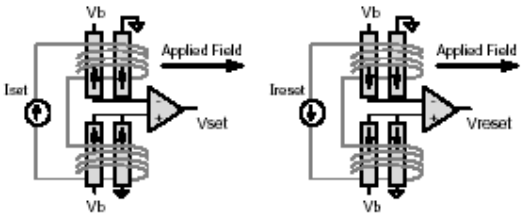
نکته مهم در مورد AMR سنسور این است که در صورت قرار گیری در یک میدان مغناطیسی آشفته بردار مغناطیسی شوندگی (هم سویی حوزه‌های مغناطیسی) از بین مورد.



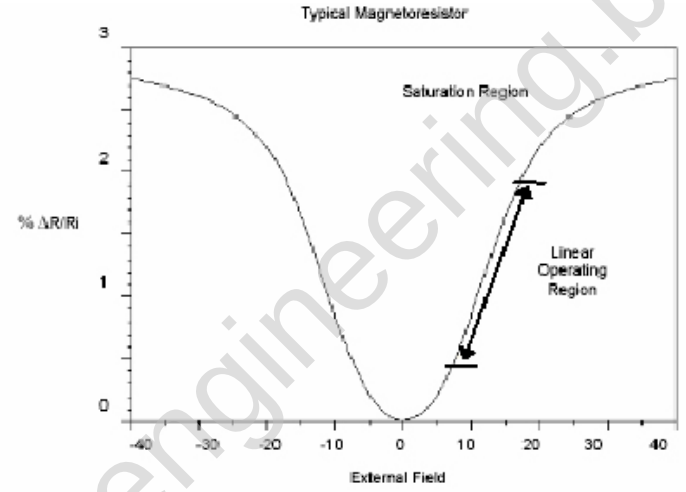
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

جهت بازسازی این بردار از یک میدان مغناطیسی قوی استفاده می کنیم. کافی است تا **AMR** درحدود 10 نانو ثانیه تحت این میدان قرار گیرد.



شکل زیر در صد تغییرات **dR/R** شکل زیر یک ماده مگنتورزیستیو را در حضور یک میدان خارجی نشان می دهد.



طبق این شکل میدان مثبت یا منفی تاثیر یکسانی در تغییر مقاومت ماده دارد. در عین حال یک منطقه خطی در این شکل دیده می شود. توجه داشته باشید که این خاصیت دارای منطقه اشباع می باشد. (تقریبا 80 گاوس)

مواد فرو مغناطیسی دارای جزء مغناطیسی در واحد حجم می باشند که کمیتی برداری است که برای هر نقطه تعریف می شود. چرخش این بردار مغناطیس شوندگی از راستای جریان الکتریکی در حضور یک میدان مغناطیسی خارجی منجر به تغییر در مقاومت می شود. برای کاربرد حساس به جهت، لایه مورد نظر را در منطقه خطی قرار می دهیم سپس با تغییر جهت میدان خارجی باعث تغییر جهت بردار

مغناطیس شوندگی نسبت به جریان شویم و یا جهت جریان را نسبت به جهت بردار مغناطیس شوندگی تغییر دهیم. شکل زیر یک لایه نازک، طولانی از پرمالوی را که جریان از آن می گذرد نشان می دهد. وقتی میدان خارجی بر این ماده اعمال شود مقاومت با ضریب **Sin** (زاویه بین بردار جریان **I** بردار مغناطیس کنندگی **M** است.) تغییر می کند.

GMR

در سال 1988 پدیده دیگری مشاهده شد که در آن تغییر مقاومت براثر میدان مغناطیسی بیش از 70% بود در مقایسه با تغییر مقاومت کوچک **AMR** ها، این پدیده را **GMR** نامیده اند.

ساختار های چند لایه از مواد عجیب (گاهاً تا10 لایه) منجر به تولید دسته ای دیگر از مواد مگنتور زیستیو شده است که خاصیت **MR** بزرگتری از خود نشان می دهند و تحت میدان های بزرگتری به اشباع می روند. به این دسته از **MR** ها **Giant Magnetoresistive (GMR)** می گویند.

مقاومت 2 لایه نازک از مواد فرو مغناطیسی که بوسیله یک لایه از مواد غیر مغناطیسی ازهم جدا شده اند، بر مبنای موازی بودن یا ناموازی بودن بردارهای مغناطیس شوندگی تغییر می کند.

یکی از لایه های مغناطیسی به سختی مغناطیسی می شود و همانند یک آهنربای دائمی نیز باقی می ماند. لایه مغناطیسی دیگر به راحتی مغناطیسی می شود.

وقتی این لایه ها دارای بردارهای مغناطیس شوندگی موازی هم باشند، دارای پراکندگی کمی در فاصله میان لایه می باشند و در نهایت مقاومت **GMR** در کمترین مقدار قرار دارد.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

در حالت بردارهای غیر موازی، پراکندگی در بیشترین مقدار آن است و درنتیجه دارای بیشترین مقدار مقاومت می باشد.

زمانی که بردار مغناطیس شوندگی لایه دوم (Soft) براثر تغییر جهت میدان مقاومت متناسب با زوایه بین بردارهای مغناطیس شوندگی تغییر می کند. بنابراین سنسور می تواند زمانی که یک آهنربای دایمی در بالای سنسور قرار گیرد جهت اندازه گیری تغییر زوایه یک شفت به کار آید.

رزولوشن با این طرح تنها بر مبنای هیسترزین موجود برای حرکت های ساعتگرد و پاد ساعتگرد به 2 درجه محدود می شود. بوسیله 2 سنسور که عمود برهم قرار گیرند موقعیت مطلق را میتوان بدست آورد.

حساسیت این نوع سنسور ها با توجه به میدان مغناطیسی خارجی تعیین می شود، چرا که میدان خارجی باید به حدی قوی باشد تا لایه نرم را مغناطیسه کند ولی نباید به حدی باشد که بر بردار مغناطیس شوندگی لایه سخت تاثیر بگذارد. این میدان در بازه G200 - G50 می باشد. ضخامت این لایه به حد نانومتر می باشد.

کاربردهای GMR

1 - سنسورهای مجاورتی

2 - سنسورهای موقعیت

www.powerengineering.blogfa.com

CMR

این مواد از GMR هم پیشی گرفته اند و زمانی که در یک میدان بزرگ و شرایط دمایی نیتروژن مایع (درحدود 190$^{\circ}C$) قرار گرفته باشد، تغییرات مقاومتی در حدود 10^3 تا 10^8% ایجاد می کند. به تازگی درتحقیقات توانسته اند تا GMR را نیز دردمای معمولی استفاده کنند. کاربرد چندانی در صنعت نداشته و تنها در آزمایشگاه ها استفاده می شود.

مقایسه

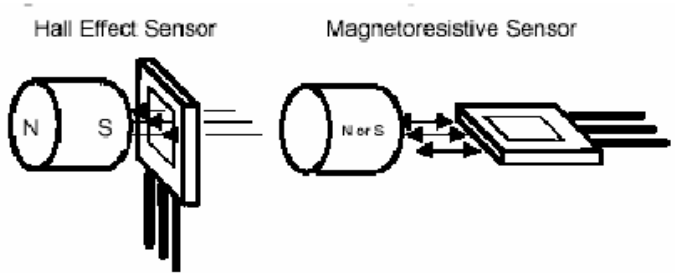
حال به مقایسه ای میان اثرهال در سیلیکن و نیز اثر مگنتور زیستیو در پرمالوی می پردازیم.

هر دو تکنولوژی قابل مجتمع شدن در یک چیپ می باشند. هر دو برای میدان مغناطیسی تغییر ناپذیر با زمان ایجاد می شوند و پاسخ سریع دارند.

- بار بیشتر نسبت به اثرهال حساس است و حساسیت آن مطابق با ضخامت و پهنای انتخابی فیلم است.
- سنسورهای MR وقتی با آهنربای حلقه ای (جهت شمارش) بکار می روند، روزولوشن سنسور 2 برابر می شود. که این خاصیت در اثرهال موجود نمی باشد.
- سنسورهای اثرهال دارای خاصیت خطی بیشتری هستند و دارای منطقه اشباع نیز(حتی تحت میدان مغناطیسی بزرگ) نمی باشند.

www.powerengineering.blogfa.com

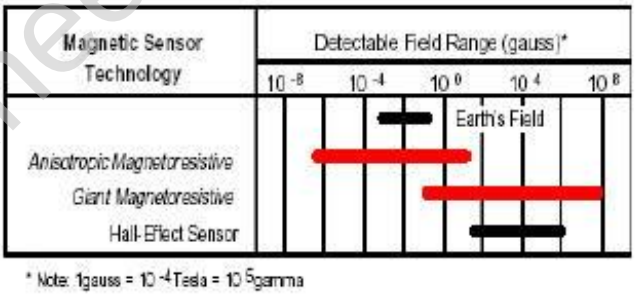
سنسورهای اثرهال به میدان های عمود بر خود و سنسورهای MR به میدان های موازی با خود پاسخ می دهند.



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 زیر میدان کاری چند تکنولوژی ای که تا کنون مطالعه کرده ایم را نشان می دهد.



همانطور که ملاحظه می شود میدان کاری AMR کوچکتر از میدان لازم برای GMR و هال می باشد.

انواع و نمونه ها

AMRها توسط شرکت های فیلیپس Philips , Hlplanar , Honeywell تولید می شوند. در ادامه از شرکت Honeywell برخی از تولیدات در زمینه های جهت یابی، کنترل ترافیک، GPS و موقعیت سنجی خطی و زاویه ای آمده است.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

کـــــــاربـــــرد ها

این سنسور ها برای پیدا کردن اشیاء مغناطیسی در هواپیماها، قطار واتومبیل ها که میدان مغناطیسی زمین را به هم می زنند به کار می روند.

از کاربردهای دیگر آنها در قطب نمای مغناطیسی، سنسورهای زوایه ای و چرخشی موقعیت، ردیابی و هدایت مته در زیر زمین می تواند یادکرد.

برخلاف دیگر سنسورهای AMR سنسور موقعیت AMR باید توسط میدان خارجی به حالت اشباع در آید یعنی با افزایش بزرگی میدان تغییری در مقدار مقاومت AMR پدید نیاید و تنها عاملی از موقعیت میدان بر مبنای زاویه حاصل بین بردارمغناطیس کنندگی و جریان باشد. بنابراین این سنسورهای موقعیت سنجی درناحیه اشباع عمل می کنند.

برخلاف سنسورهای اثرهال که نیاز به میدان مغناطیسی درحد کیلوگارس نیاز دارند، AMR به این شدت میدان مغناطیسی نیازی ندارد. با استفاده از چند سنسور خاصیت براحتی افزایش می یابد .برای توضیح کاربرد ها ، از دو سنسور صنعتی شرکت Honeywell با نامهای HMC1501 و HMC1512 می کنیم .

سنسورهای HMC1501 و HMC1512 به ترتیب دارای مقاومت 5 و 2.1 کیلواهم در مدار پل می باشند .ضریب حساسیت آنها بین 1.8 to 2.1 millivolts per degree می باشد. (در ناحیه خطی عملکرد) ولتاژ خروجی تقریباً

±120mv می باشد .پهنای باند درحدود 5MHZ می باشد.

دسته ازموقعیت سنجهای AMR هستند که دارای یک پل وتستون برای موقعیت سنجی ±45° می باشند خروجی مدار پل به شرح زیر است:

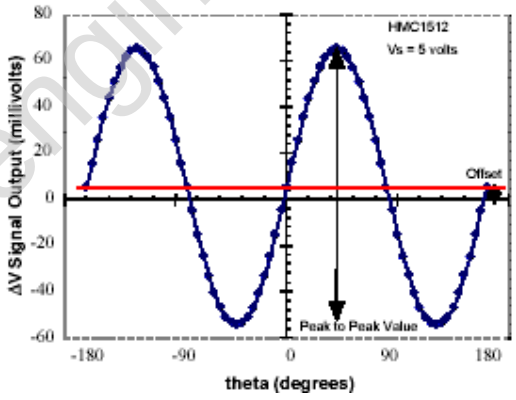
$\Delta V = -Vs\ S \sin(2\theta)$ where:

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

دسته ای دیگر از موقعیت سنجهای **AMR** است که دارای دو پل وتستون برای رنج $\pm 90°$ می باشد. که خروجی هر یک از مدارهای پل بصورت $\Delta V_A = Vs\ S \sin(2\theta)$ و $\Delta V_B = -Vs\ S \cos(2\theta)$ می باشد . رزولوشن و رنج کاری هریک در **Data sheet** آمده است.

کاربردهای خطی

دیاگرام زیر 2 دوره متناوب از خروجی مدار پل را نشان می دهد، ناحیه خطی در بازه ای $\pm 45°$در اطراف زوایای 180-،90-،0،90،180 درجه قرار دارد. در نقاط 0 و ± 180 شیب مثبت و در بقیه شیب منفی است.

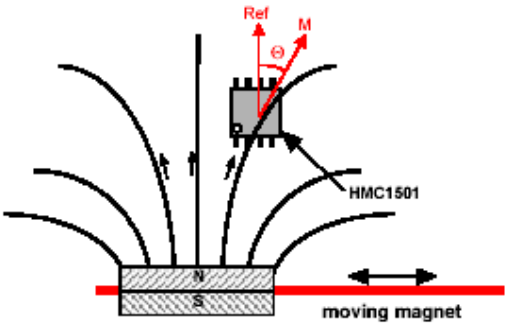


خروجی سنسورهای موقعیت **AMR** نیازمند مدار بهسازی است. چنانچه تغییرات دمایی زیاد باشد باید از جبرانساز دمایی نیز استفاده نماییم. همینطور اگر از چند مدار پل استفاده نماییم، خطای دیگری که باید آنرا بطریقی جبران نماییم تلورانس بخش به بخش در مواد است.

شکل زیر یکی از کاربردهای موقعیت سنجی خطی را نشان میدهد.

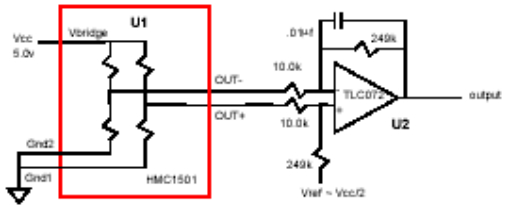
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

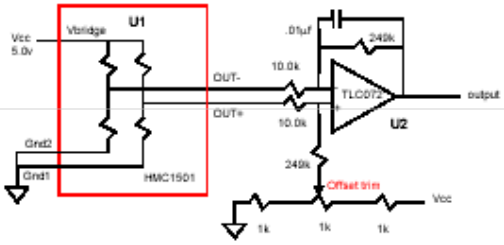


بکار گرفته شده **HMC1501** است که دارای یک مدار پل می باشد و می تواند $\pm 45^{\circ}$را در رنج تغییرات خطی تعیین کند. با فرض منبع تغذیه 5 ولت این سنسور دربازه ± 60 میلی ولت تغییرات ولتاژ خواهد داشت. شکل موج خروجی بر حسب زوایه q در زیرآمده است.

شکل زیر یک تقویت کننده ابزار دقیق را نشان می دهد. یک تقویت کننده تفاضلی وانتگرالی. گین ولتاژ این تقویت کننده تقریباً 25 ولت است. بنابراین مقدار پیک - پیک خروجی را از 120 میلی ولت به 3 ولت تغییر می دهد.

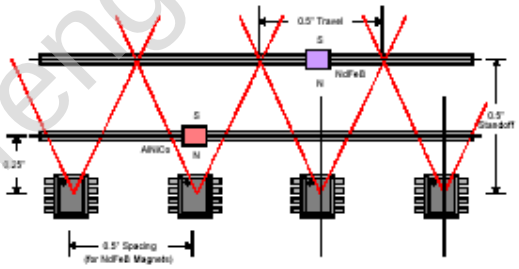


ضریب ولتاژ آفست مدار پل $\pm 7mV/V$ و با منبع تغذیه 5 ولت آفست مدار پل **35mV** خواهد بود که در نهایت با وجود تقویت کننده به **$\pm$850mv** خواهدرسید. بنابراین باید بگونه ای آفست مدار را تضعیف نمود. یک روش برای مقابله با آفست مدار تغییر زمین مدار با استفاده از یک پتانسیومتر می باشد.



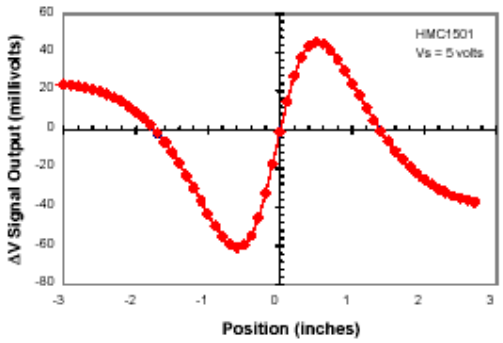
روش دیگری برای حذف خطای آفست وجود دارد و آن این است تا بوسیله آزمایش کالیبراسیون مقدار خطا را بدست آورده و از مقدار نهایی کم کنیم. این عمل با کاهش متعلقات مدار بهسازی از افزایش حجم، قیمت و تاثیر نویز جلوگیری می کند. ولی از آن جهت که طراح را مجبور می کند تا بهره تقویت کننده را جهت تعادل در آفست و ضریب حساسیت کاهش دهد چندان جالب نمی باشد. جهت افزایش رنج موقعیت سنجی از ±45° به ±90° از 2 سنسور **HMC1501** و یا یک سنسور **HMC1512** (با 2 مدار پل) استفاده می کنیم.

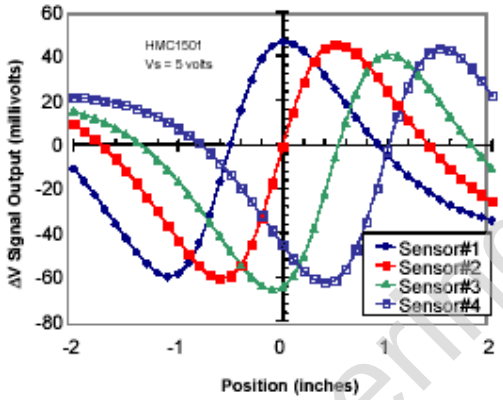
برای افزایش رنج اندازه گیری موقعیت خطی معمولاً از چند سنسور استفاده می کنیم. جهت افزایش ویژگی خطی سیستم معمولاً رنج خطی هر سنسور را کمتر از حد نامی در نظر می گیرند. به خاطر داریم که برای موقعیت سنج خطی می بایست **AMR** در ناحیه اشباع قرار گیرد. بنابراین فاصله آهنربای متحرک از مقابل سنسورها بازای میدان یک کیلو گاوسی حداکثر 0/25 اینچ خواهد بود که با افزایش فاصله به 0/5 اینچ میدان می بایست به حدود 3 کیلوگاوس افزایش یابد. همانطور که در شکل زیر



مشخص است با عبور آهنربا از مقابل سنسورها بازای 4 سنسور 4 موج بوجود خواهد آمد. بازای یک موقعیت سنج 2 اینچی نمودار تغییرات ولتاژ خروجی برحسب موقعیت برای یک سنسور و 4 سنسور رسم شده است.

www.powerengineering.blogfa.com

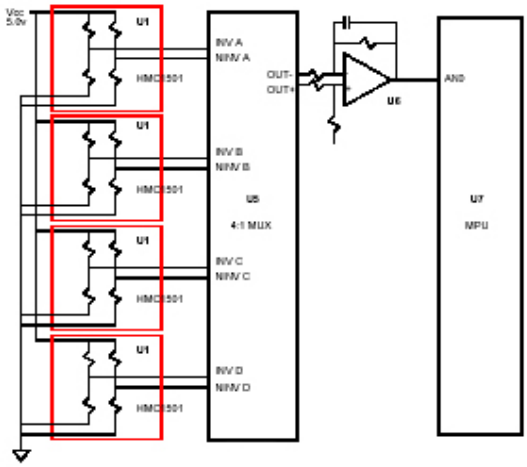




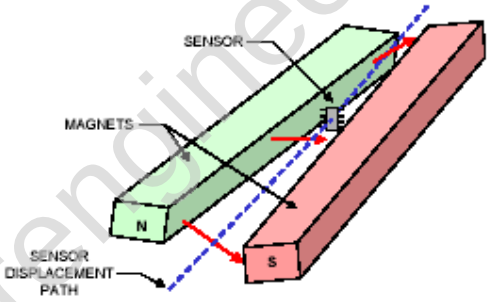
رزولوشن برای این سنسور در حدود 0/002 اینچ است و دقت در حدود 0,1% می باشد.

در ΔV حاصل از هر مدار پل سنسور، باید بدانیم که هر سنسور جهت حذف خطای آفست واندازه گیری ولتاژ پیک-پیک خروجی کالیبره شده است تا خروجی نهایی در یک رنج مشابه تنظیم گردد. پس از کالیبراسیون ولتاژ خود را تشکیل می دهد و عمل مقایسه ما بین ولتاژهای خروجی تصحیح شده انجام می شود و شیب هایی را در میان سنسورهای مجاور هم تولید می کند. درنهایت تنها از شیب های مثبت استفاده می شود (رنج خطی هر سنسور) و مقدار کوچک ΔV برشیب یا شیب های مثبت قرار داده می شود. با فرض اینکه هر سنسور به یک میکروکنترلر 8 بیتی متصل باشد، می تواند 256 نقطه را برای رنج خطی خود در نظر بگیرد. بنابراین برای کل رنج 1024 نقطه خواهیم داشت.

www.powerengineering.blogfa.com



برای افزایش رنج موقعیت سنجی خطی روش دیگری مطرح است. شکل زیر کاربرد خطی را نمایش می دهد.

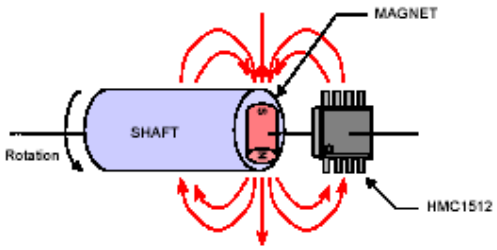


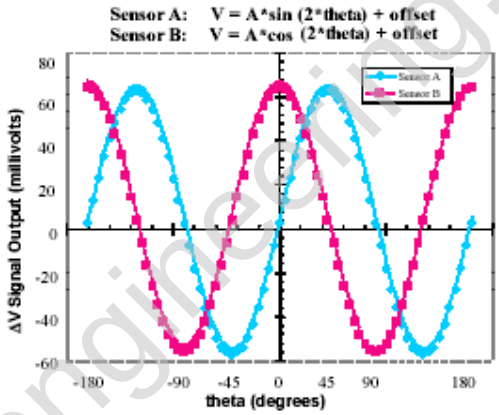
دو آهنربا را نشان می دهد که نسبت به هم در وضعیت ناموازی قرار گرفته اند و در فاصله میان آنها سنسور در طول دوآهنربا حرکت می کند. در موقعیت های نزدیک زوایه شار روبه پایین است و در فاصله های دور زاویه شار رو به بالا قرار دارد. بنابراین با یک سنسور AMR می توان موقعیت سنجی نمود. در این حالت هم آهنربا، هم سنسور می توانند نسبت به هم حرکت کنند.

www.powerengineering.blogfa.com

کاربرد های زاویه ای

شکل زیر یک آهنربای متصل به انتهای شفت را نشان می دهد که در برابر یک سنسور 12HMC15 قرار گرفته است. زمانی که شفت می چرخد دو ولتاژ سینوسی وکیسنوسی در خروجیهای سنسور قرار می گیرد.





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

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

باتوجه به ویژگی q که تابعی از معکوس تانژانت است حالت زیر رخ می دهد:

For ΔVa = 0, θ = 0°

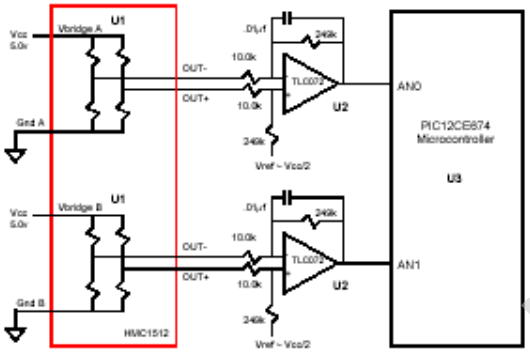
For ΔVb = 0 and ΔVa = <0, θ = -45°

For ΔVb = 0 and ΔVa = >0, θ = +45°

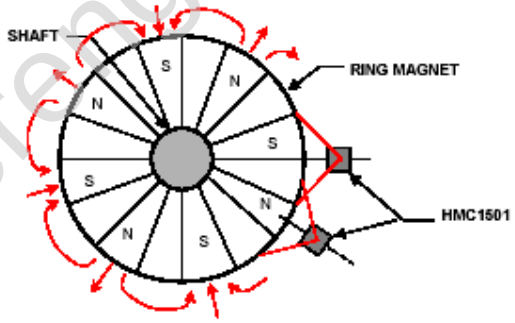
For ΔVa < 0 and ΔVb < 0, subtract 90° from θ

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

شکل زیر مدار ارتباطی با میکروکنترلر را نشان می دهد. توجه داریم که چنانچه زوایه چرخش بیشتر از $\pm 90^{\circ}$ باشد با ز هم خروجی برمبنای ورودی محدود خود تعیین می شود یعنی خروجی هیچگاه از بازه $\pm 90^{\circ}$ خارج نمی شود.



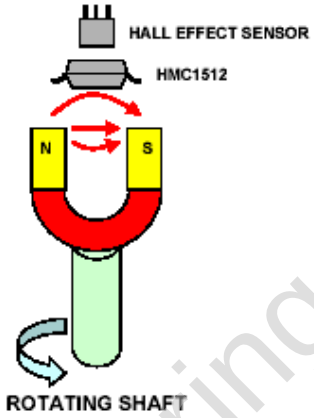
چنانچه انتهای شفت قابل استفاده یا در دسترس نباشد از یک آهنربای حلقه ای با قطب هایی که بصورت قطاع قرار گرفته اند. شکل زیر از یک آهنربا و دو سنسور **HMC1501** تشکیل شده است.



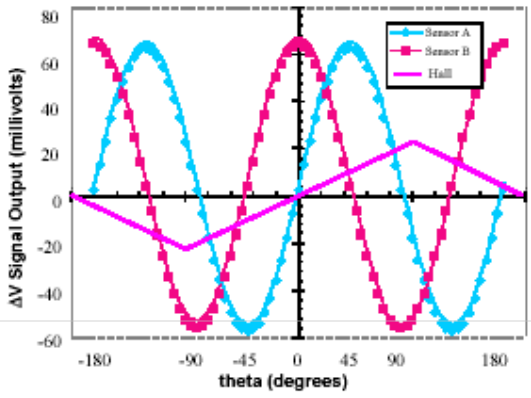
این روش نمی تواند تمام محیط شفت را در برگیرد (180°) و در عین حال باید محافظتی از میدان مغناطیسی موتور نیز در نظرگرفته شود. نکته دیگری که باید در نظر گرفت این است که تداخلی در موقعیت دو سنسور وجود دارد تا اینکه یک یا هر دو به اشباع برسند.

www.powerengineeringblogfa.com

برای ایجاد حسگر چرخشی 360 درجه از یک سنسور **HMC1512** به همراه سنسور هال استفاده می کنیم. سنسورهای هال برای موقعیت سنجی دقیق و حساس پیشنهاد نمی گردند. در این روش از آنها جهت تعیین پلا ریته که کدام نیمه از سنسور **AMR** در مقابل آهنربا می باشد، استفاده می شود.

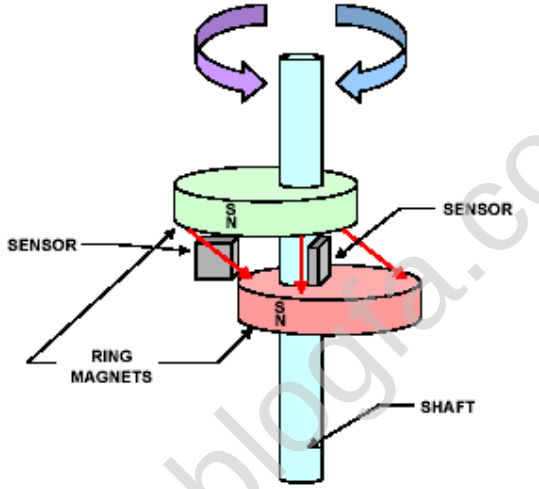


وقتی که آهنربای متصل به شفت بدور سنسورهای هال و **AMR** می چرخند، پلاریته ولتاژ سنسور اثرهال تغییر می کند. با به بکاربردن یک مدار مقایسه گر درخروجی سنسوراثرهال، موقعیت، تبدیل به 2 حالت 180 درجه می شود که با موقعیت سنجی $\pm 90^\circ$ از سنسور **AMR** یک موقعیت سنجی $\pm 180^\circ$ خواهیم داشت.



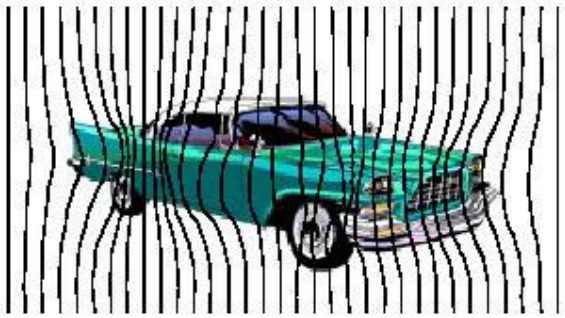
www.powerengineeringblogfa.com

برای حالت زوایه ای شکل زیر 2 آهنربای حلقه ای که به یک شفت قرار گرفته اند را نشان می دهد.



آهنربا ها بصورت غیر هم مرکز با شفت قرار گرفته اند. هر آهنربا با دیگری 180° فاصله از مرکز دارد. 2 موقعیت سنج به گونه ای قرار گرفته اند.تا 360 درجه چرخش را پوشش دهد.

آهنربا ها بصورت غیر هم مرکز با شفت قرار گرفته اند. هر آهنربا با دیگری 180° فاصله از مرکز دارد. 2 موقعیت سنج به گونه ای قرار گرفته اند.تا 360 درجه چرخش را پوشش دهد.



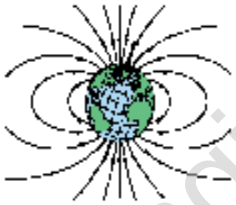
یک شی مغناطیسی آشفتگی موضعی در میدان زمین ایجاد می کند. سنسورهای **AMR** تغییرات و آشفتگی میدان زمین را احساس می کند.

www.powerengineeringblogfa.com

یک سنسور یک محوره **AMR** می تواند حضور یا عدم حضور اتومبیل را تا فاصله 15متری، وابسته به جنس، درک کند. از این ویژگی در پارکینگ ها جهت در اختیار قراردادن راننده از فضاهای کافی استفاده می شود. کاربرد دیگری در کنترل ترافیک، وجود دارد که معمولاً 3 سنسور **AMR** را در یک مسیر باریک قرار می دهند. ا ین سنسورها زمانی که وسیله نقلیه ای از بالای آنها عبور کند سیگنال هایی را ایجاد می کند.

قطب نمای الکتریکی با استفاده از AMR

میدان مغناطیسی زمین در حدود **0.5** تا **0.6** گوس می باشد و تقریباً موازی سطح زمین است و همیشه درجهت قطب جنوب می باشد. اینها اساس قطب نماها می باشند. **AMR** گزینه مناسبی برای قطب نماست، چون رنج حساسیت آن در بزرگی میدان زمین متمرکز است.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

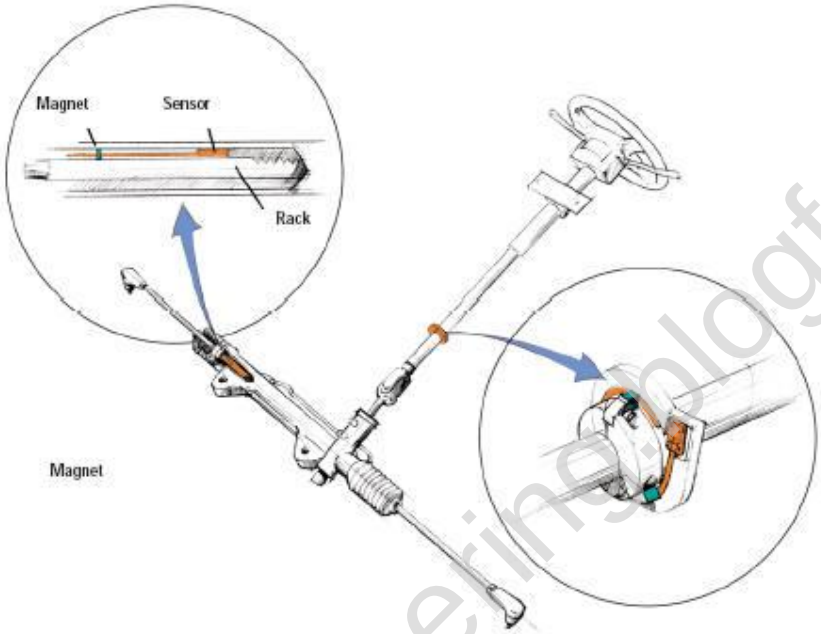
کاربرد ها و انواع

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

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

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



برخی از کاربرد های آنها این چنین است.

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.

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.

www.powerengineeringblogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سینکروها

Synchros

تاریخچه

مقدمه

ساختمان سینکروها

انواع سینکروها

سینکروهای گشتاوری

سینکروهای فرستنده

سینکروهای گیرنده

سینکروهای تفاضلی

سینکروهای کنترلی

سینکرو کنترلی فرستنده (CX)

سینکرو کنترلی تفاضلی (CDX)

سینکرو کنترلی ترانسفورمر(CT)

سینکروهای خازنی

مدارات بهسازی

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

ویژگی های عمومی

کاربرد

تاریخچه

در سال 1925 میلادی وسیله ای به نام سل سین (selsin) توسعه یافت. این وسیله شامل یک ژنراتور و یک موتور بوده که از طریق اتصالات الکتریکی به یکدیگر متصل بودند . عملکرد این سیستم بدین ترتیب است که با چرخش ژنراتور(فرستنده)، شفت موتور(گیرنده) آن نیز به طور همزمان (synchronous)در موقعیت ژنراتور قرار می گیرد. در سالهای 1943-1942 ، سینکروها جایگزین سل سینها شدند که از نظر کاربردی عمومیت بیشتری نسبت به سل سینها داشتند.

در جنگ جهانی دوم درزمینه تسلیحات نظامی از سینکرو ها استفاده گردید.

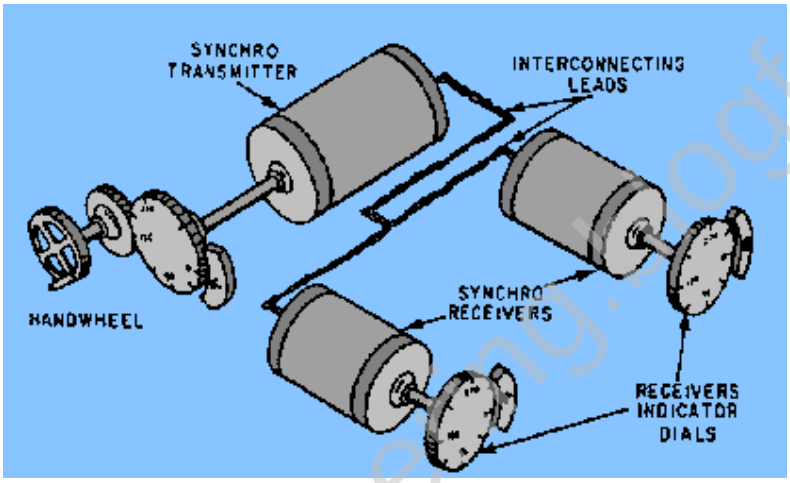
(واژه "synchro" مخفف کلمه "synchronous" به معنی همزمانی میباشد)

مقدمه

سینکروها از جمله سیستمهای موقعیت سنج الکترومغناطیسی می باشند که نقش مهمی در سیستمهای کنترلی حساس ودقیق از جمله تجهیزات دریایی و ردیابهای زیردریایی ، سیستمهای نظامی و مخابراتی وسیستمهای ناوبری دارند . ساختمان سینکروها شبیه یک موتور کوچک و عملکرد آنها مشابه ترانسفورماتور بوده، لذا می توان آنها را نوعی ترانسفورماتور چرخنده به حساب آورد.

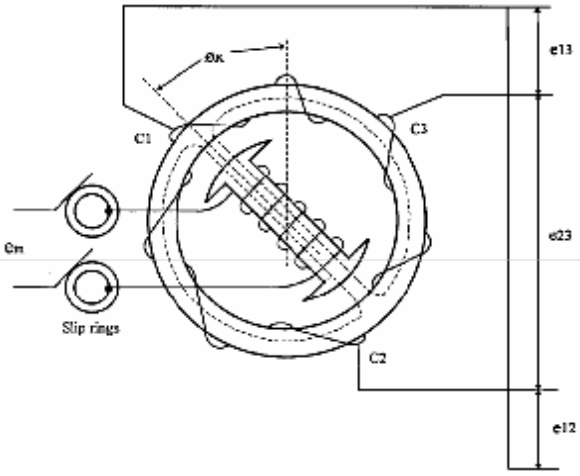
سینکروها اسا سا برای انتقال اطلاعات از پایگاههای کنترل به تجهیزات بکار می روندکه می توان به مواردی چون :پرتاب موشک، زاویه رادارها و اژدرها، هدف گیری وپرتاب گلوله اشاره نمود. سینکروها

معمولا به صورت گروهی عمل می نمایند شکل زیر تبادل اطلاعات از یک سینکرو فرستنده به دو سینکرو گیرنده را نشان می دهد. بدین ترتیب که موقعیت توسط چرخ متصل به سینکرو فرستنده به سیستم اعمال شده تا سینکرو های گیرنده در موقعیت مطلوب قرار گیرند.



ساختمان سینکروها

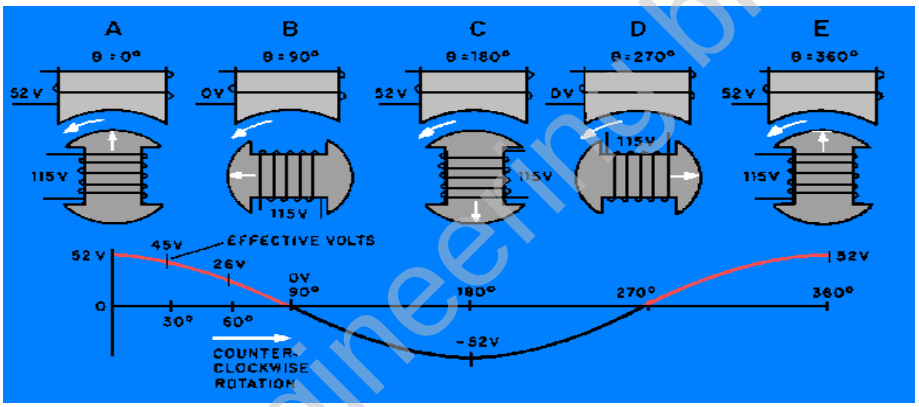
همان طور که اشاره شد، سینکروها در واقع ترانسفورماتورهای چرخنده هستند. بدین صورت که یک یا سه سیم پیچی اولیه ترانسفورماتور روی روتور این ماشینهای الکتریکی قرار دارد و برروی استاتور آنها دو یا سه سیم پیچی به عنوان سیم پیچی ثانویه موجود می باشد.



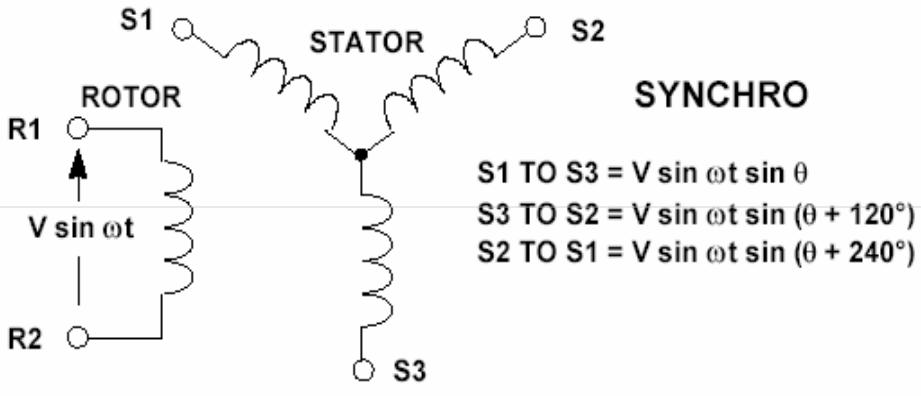
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سیم پیچی روتور به یک منبع تغذیه مرجع متصل بوده و وقتی که روتور می چرخد ، تغییر شار عبوری از سیم پیچی های ثانویه (استاتور) باعث ایجاد ولتاژ در دو سر هر کدام از آنها می گردد که این ولتاژ ایجاد شده متناسب با سینوس زاویه روتور و استاتور می باشد.(شکل زیر)



که با توجه به موقعیت قرارگرفتن سیم پیچی های استاتور ولتاژهای القایی به صورت زیر خواهد بود(شکل شماره 2)



www.powerengineeringblogfa.com

انواع سینکروها

سینکروهای گشتاوری

سینکروهای فرستنده

سینکروهای گیرنده

سینکروهای تفاضلی

سینکروهای کنترلی

سینکرو کنترلی فرستنده (CX)

سینکرو کنترلی تفاضلی (CDX)

سینکرو کنترلی ترانسفورمر(CT)

نکاتی در مورد تقسیم بندی سینکروها

بنا به نوع بار متصل به سینکروها آنها را به دو گروه عمده سینکروهای گشتاوری و سینکروهای کنترلی تقسیم بندی می کنند.

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سیستمهای گشتاوری جهت موقعیت بارهای سبک از جمله اشاره گرها ،شماره گیرها و نشانگرهای مشابه به کارمی روند و از سیستمهای کنترلی برای حرکت بارهای سنگین مانند هدایت کننده های اسلحه ، آنتنها، پرتاب کننده موشک و... استفاده می شود.

علاوه بر دسته بندی کلی، سینکروها رامی توان به هفت گروه تقسیم نمود که درجدول شماره 1 آمده است.

جدول شماره 1-Synchro Information

FUNCTIONAL CLASSIFICATION	ABBREVIATION	INPUT	OUTPUT
Torque transmitter سینکروهای گشتاوری فرستنده	TX	Mechanical input to rotor (rotor energized from AC source)	Electrical output from stator representing angular position of rotor to TDX, TDR, or TR.
Control transmitter سینکروهای کنترلی فرستنده	CX	Same as TX	Same as TX except it is supplied to CDX or CT
Torque differential transmitter سینکروهای گشتاوری	TDX	Mechanical input to rotor, electrical input to	Electric output from rotor representing algebraic

www.powerengineeringblogfa.com

sum or difference between rotor angle and angle represented by electrical input to TR, TDR, or another TDX.	stator from TX or another TDX.		تفاضلی
Same as TDX except output to CT or another CDX.	Same as TDX except electrical input is from CX or another CDX.	CDX	Control differential transmitter سینکروهای کنترلی تفاضلی فرستنده
Mechanical output from rotor. Note: Rotor has mechanical inertia damper.	Electrical input to stator from TX or TDX. (Rotor energized from AC source)	TR	Torque receiver سینکروهای گشتاوری گیرنده
Mechanical output from	Electrical input to	TDR	Torque

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

differential receiver سینکروهای گشتاوری تفاضلی		stator from TX or TDX, another electrical input to rotor from TX or TDX.	rotor representing algebraic sum or difference between angles represented by electrical inputs. Has inertia damper.
Control transformer سینکروها ی کنترلی ترانسفورمر	CT	Electric input to stator from CX or CDX, mechanical input to rotor.	Electrical output from rotor proportional to the sine of the angle between rotor position and angle represented by electrical input to stator. Called error signal.
Torque receiver	TRX	Depending on	Depending on

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سینکروهای گشتاوری گیرنده		application, same as TX.	application, same as TX or TR

که در این جدول ازکد بندی نظامی استاندارد مطابق جدول زیر استفاده شده است.

Military Standard Synchro Code

LETTER	DEFINITION
D	Differential
R	Receiver
T	Transformer
X	Transmitter

سینکروهای گشتاوری

بطور کلی می توان سینکروهای گشتاوری را به سه گروه تقسیم بندی نمود:

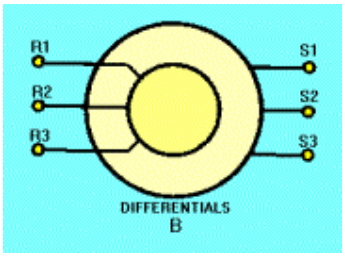
سینکروهای فرستنده

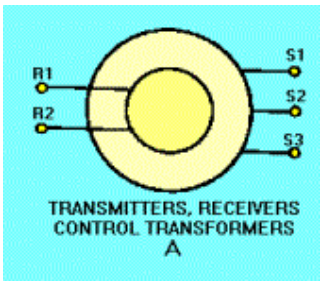
سینکروهای گیرنده

سینکروهای تفاضلی

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com



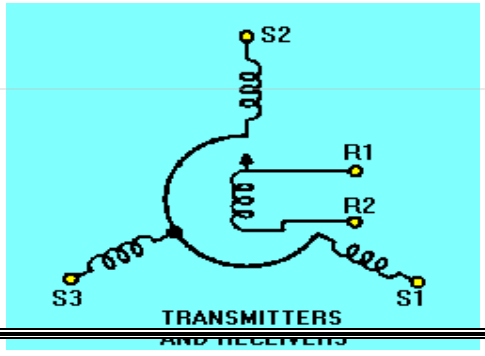


سینکروهای فرستنده و گیرنده

سینکروهای فرستنده و گیرنده دارای ساختمان مشابه یکدیگر می باشند بدین ترتیب که هر دو آنها دارای یک سیم پیچی در روتور و یک سیم پیچی سه فاز (سه سیم پیچی) در استاتور خود می باشند. اما از لحاظ عملکرد ، عکس یکدیگر عمل می نمایند. کاربرد سیستم های فرستنده - گیرنده در انتقال اطلاعات زاویه از یک نقطه به نقطه دیگر بدون استفاده از اتصالات مکانیکی می باشد ، دقت در این سیستم در حالت گشتاور 30 دقیقه و در حالت کنترلی 10 دقیقه می باشد . ضمناً می توان موقعیت روتور فرستنده را به چندین نقطه متفاوت منتقل نمود که برای اینکار از سینکروهای گیرنده بصورت موازی استفاده می شو دکه البته این امر باعث کاهش دقت شده و نیاز به منبع تغذیه با قدرت بالاتری خواهیم داشت .

سینکروهای فرستنده

در این سینکروها که نام دیگر آنها سینکرو ژنراتور ها می باشد، چرخش روتور باعث ایجاد ولتاژ در استاتور می گردد و بدین ترتیب خروجی سیستم ، سه ولتاژ متناوب متناسب با زاویه روتور و استاتور می باشدکه

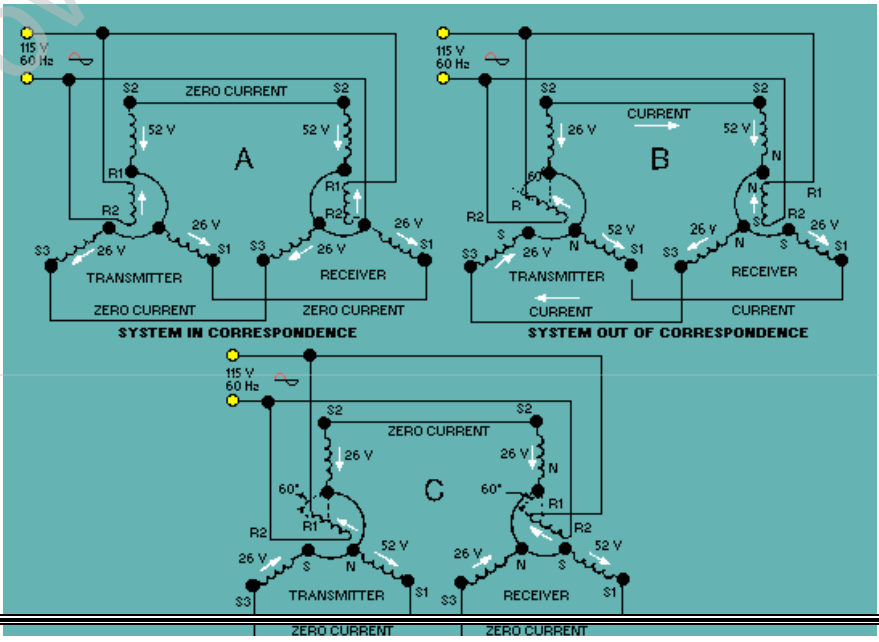


www.powerengineering.blogfa.com

این ولتاژها با یکدیگر ، 120 اختلاف فاز خواهند داشت که ولتاژهای ایجاد شده یا دقیقاً هم فاز با ولتاژ مرجع بوده و یا 180 با ولتاژ مرجع اختلاف فاز دارند (بنا به جهت سیم پیچی).

سینکروهای گیرنده

این سینکروها که به سینکرو موتورها معروفند دارای خروجی مکانیکی می باشند . ساختمان این سینکروها کاملاً مشابه نوع فرستنده ها می باشد، اما عملکرد آنها عکس آنها است ، یعنی به ازای تغییرات ولتاژ استاتور، روتور آنها در موقعیت های مختلف قرار می گیرد. معمولاً سینکروهای گیرنده همراه سینکروهای فرستنده مورد استفاده قرار می گیرند . بدین صورت که سیم پیچی های متناظر آنها به یکدیگر متصل می گردد. (سیم پیچی های روتور آنها به یکدیگر و سیم پیچی های استاتور آنها نیز نظیر به نظیر به یکدیگر وصل می شوند.)



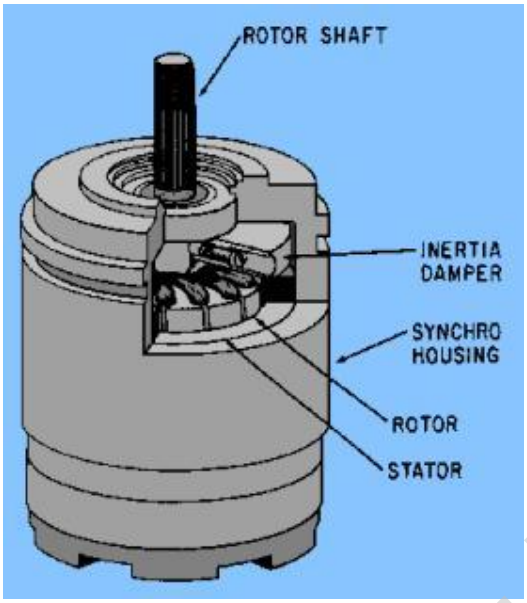
www.powerengineering.blogfa.com

حال اگر روتور سینکرو فرستنده در یک زاویه دلخواه q قرار گیرد، اختلاف پتانسیلی میان استاتورهای سینکرو فرستنده و گیرنده متناسب با زاویه روتورهای آنها ایجاد خواهد شد. این اختلاف پتانسیل باعث ایجاد جریان در استاتور سینکرو گیرنده می شود . گشتاور حاصل از این جریان باعث چرخش روتور سینکرو گیرنده می شود. گشتاور حاصل به گونه ای است که با عامل بوجود آورنده خود مخالفت می نماید.

بدین ترتیب روتور سینکرو گیرنده آنقدر می چرخد تا در راستای روتور گیرنده قرار گیرد. در این حالت ولتاژ استاتورهای سینکرو فرستنده و گیرنده با هم یکسان شده در نتیجه جریان عبوری از آنها صفر خواهد شد و روتور گیرنده از حرکت باز خواهد ایستاد و بدین ترتیب همواره روتور سینکرو گیرنده ، وضعیت روتور فرستنده را تعقیب خواهد نمود.

با توجه به اصطکاک ناشی از جاروبک ها و اصطکاکهای داخلی ، عمل تعقیب موقعیت همزمان صورت نگرفته لذا سیستم تاخیر خواهد داشت که برای رفع این مشکل از سینکروهای بدون جاروبک استفاده می شود .

www.powerengineeringblogfa.com



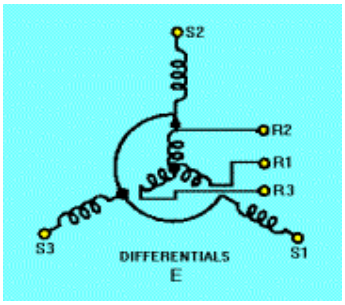
با توجه به اینکه سینکروهای گیرنده باید فرستنده را تعقیب کنند ، به گونه ای ساخته می شوند که لرزش و فراجهش آنها به حداقل برسد . برای کاهش نوسانات روتور گیرنده ، از یک دمپر استفاده می شو دکه این دمپر معمولاً بصورت یک چرخ لنگر برنجی می باشد.

زمان تغییر وضعیت روتور فرستنده تا رسیدن به موقعیت جدید را زمان **damping** یا همزمانی گویند . این زمان به ابعاد سینکرو گیرنده ، خصوصیات فیزیکی بار متصل به آن و سیستم گشتاور بستگی دارد و می توان با ملاحظاتی که در طراحی سیستم باید رعایت شود و انتخاب ساختار مناسب برای گیرنده آن را کاهش داد.

سینکروهای تفاضلی

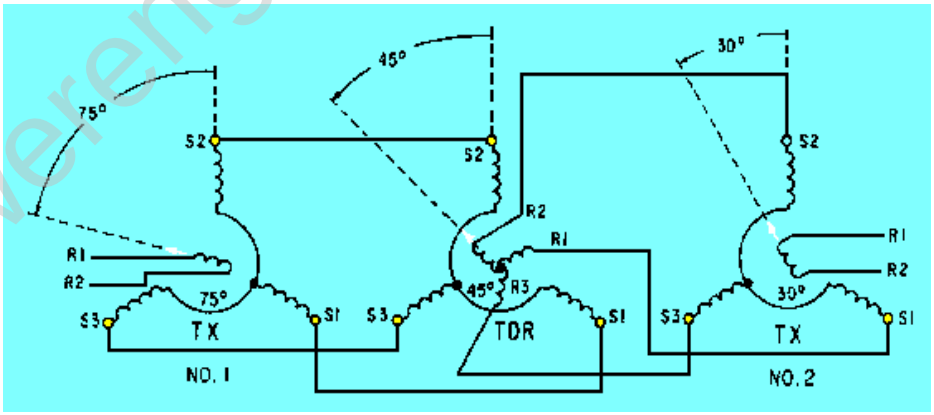
این سینکرو که تفاضل یا مجموع زاویه میان سینکرو گیرنده و فرستنده را اندازه گیری می کند،جهت تعیین میزان خطا بین موقعیت ارسالی سینکرو گیرنده و موقعیت فرستنده می باشد. یکی از کاربردهای این سینکرو در سیستم نظامی آن است که یکی از ورودیهای آن موقعیت مطلوب تفنگ و ورودی دیگر موقعیت واقعی تفنگ می باشد .

www.powerengineeringblogfa.com



در ساختمان این نوع سینکروها روتور و استاتور هر دو بصورت سیم پیچی های سه فاز (سه سیم‌پیچی) می باشند . در این سینکروها ، سیم پیچی های روتور آن به استاتور سینکرو فرستنده و استاتور آن به استاتور سینکرو گیرنده و یا فرستنده متصل می باشد، در این سینکروها اختلاف زاویه میان روتورهای دو سینکرو دیگر باعث ایجاد جریان و در نهایت چرخش روتور سینکرو می گردد بطوریکه روتور سینکرو تفاضلی زاویه ای برابر با مجموع یا تفاضل زاویه دو سینکرو دیگر را خواهد داشت. در این روش دقت اندازه گیری 1 می باشد.

TX-TDR-TX system operation (subtraction)



سینکروهای کنترلی

سینکرو کنترلی فرستنده (CX)

www.powerengineeringblogfa.com

سینکرو کنترلی تفاضلی (CDX)

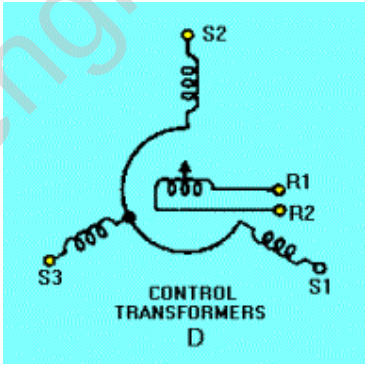
سینکرو کنترلی ترانسفورمر(CT)

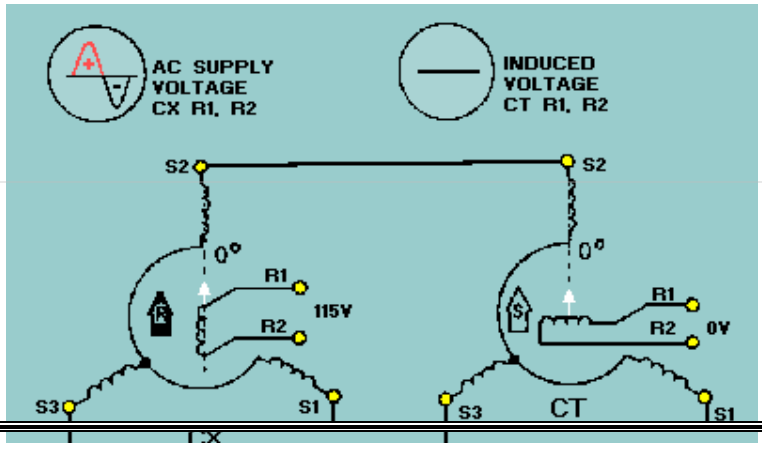
سینکرو کنترلی فرستنده(CX) و سینکرو کنترلی تفاضلی (CDX)

ساختمان داخلی وعملکرد سینکرو کنترلی فرستنده و تفاضلی مشابه نوع گشتاوری آن می باشد اما امپدانس آنها از گشتاوری بیشتر است.

سینکرو کنترلی ترانسفورمر (CT)

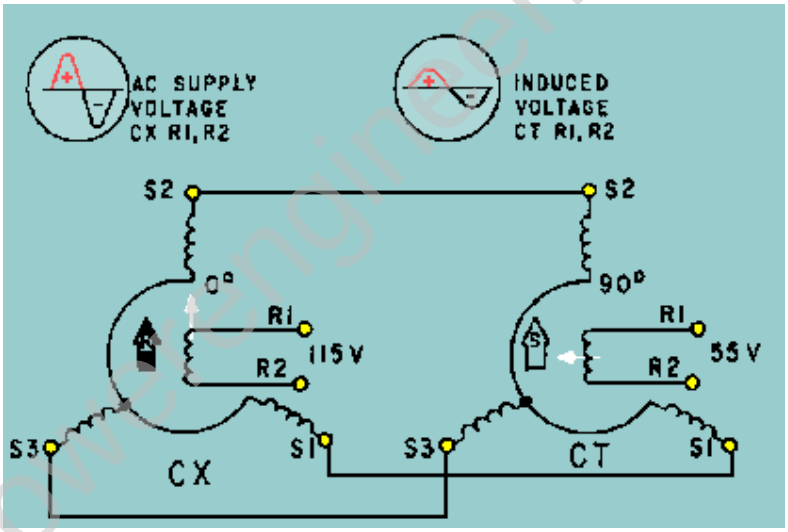
این وسیله به عنوان مقایسه کننده دو سیگنال به کار می رود که یکی از این سیگنالها ،ولتاژ اعمالی به استاتور ودیگری موقعیت مکانیکی روتور می باشد.





www.powerengineering.blogfa.com

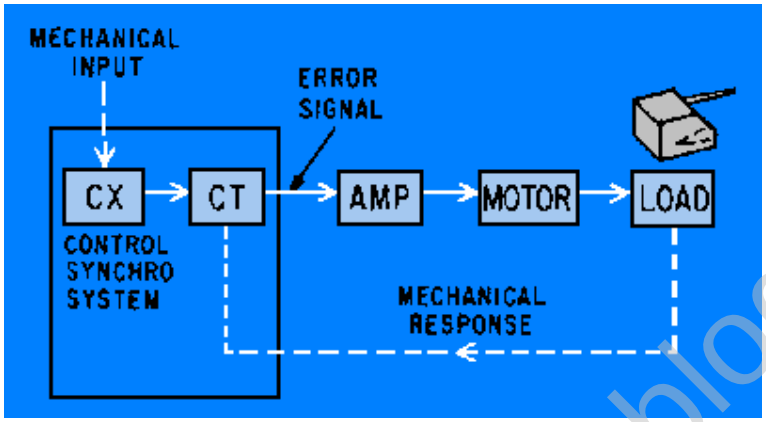
همانطور که دیده می شود موقعیت سیم پیچی روتور سینکرو کنترلی ترانسفورمر عمود بر حالتهای قبلی است. لذا اگر از مداری مطابق شکل زیر استفاده شود، ولتاژهای CT و CXدر دو حالت به صورت زیر است .



کاربرد سینکروهای کنترلی

تمام سینکروهای گشتاوری، نهایتاً می توانند گشتاوری تا حدود 300 میلی گرم در هر درجه جابجائی تولید می نمایند که این مقدار برای سیستم های کوچک و سبک کفایت می کند . اما برای سیستم های با گشتاور بالاتر ، باید از مداراتی که گشتاور لازم را فراهم می نمایند استفاده نمود، برای این منظور از

یک تقویت کننده و یک موتور با گشتاور خروجی مطلوب استفاده می‌نماییم . برای این منظور از مداری مطابق شکل زیر استفاده می نماییم.



با توجه به شکل ، ولتاژ روتور سینکرو CT متناسب با اختلاف موقعیت بار با موقعیت روتور کنترلی فرستنده تغییر می نماید. این ولتاژ توسط یک آمپلی فایر تقویت شده و ولتاژ تقویت شده به دو سر موتور اعمال می گردد و بدین ترتیب روتور سینکرو CT که به محور بار متصل است چرخیده و این چرخش تا زمانی که زاویه روتور گیرنده CT در امتداد روتور فرستنده CX قرار گیرد ادامه خواهد داشت. در این لحظه ولتاژ دو سر روتور CT صفر شده، در نتیجه موتور از حرکت باز خواهد ایستاد و بدین ترتیب بار به موقعیت مطلوب می رسد.

دقت این روش بستگی به میزان خطا در سینکرو ، قسمتهای مکانیکی و خطا در آمپلی فایر دارد و بطور معمول از 10 دقیقه بیشتر تجاوز نمی نماید .

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

سنسورها

سنسور یک حسگر است و اغلب کارهای اتومات در دستگاهها ، اتومبیل ها، کوره ها و... را سنسورها انجام می دهند.

اما جزء اصلی یک سنسور که به آن چنین قابلیتی میدهد چیست ؟

در این بررسی به مواد نیمه رسانا برمیخوریم . خواص معجزه آسای مواد نیمه رسانا آنها را انتخاب مناسبی برای ساخت سنسورها قرار داده است ،که تمام این قابیلتها را مدیون داشتن یک ساختار منظم و فشرده اند .

مواد نیمه رسانا گروهی از مواد هستند که رسانایی الکتریکی آنها بین فلزات و عایقها قرار دارد .ویژگی مهم این مواد اینست که رسانایی آنها با تغییر دما ، برانگیزش نوری و میزان نا خالصی تغییر می کند .

www.powerengineeringblogfa.com

این قابلیت تغییر خواص الکتریکی ، مواد نیمه رسانا را انتخاب مناسبی برای استفاده ازقطعات الکترونیکی ساخته است .

ویژگیهای الکترونیکی و نوری مواد نیمه رسانا بشدت تحت تاثیر ناخالصیهایی است که به آن اضافه می کنند به عنوان مثال تراکم ناخالصی به میزان یک جزء در میلیون می تواند نمونه هایی از Si را از یک رسانای ضعیف به یک رسانای خوب تبدیل می کند .

موقعیت سنجهای مغناطیسی

سنسورهای اثرهال

Hall Effect Sensors

مقدمه

تاریخچه

ویژگیهای عمومی

تئوری اثرهال

اساس سنسورهای اثرهال

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

سنسورهای هال دیجیتال

سنسورهای آنالوگ

سیستم های مغناطیسی

سنسورهای موقعیت تشخیص پره (Position Sensor Vane Operated)

Sequence Sensors

سنسورهای مجاورتی Proximity Sensor

سنسور ماشین های اداری

سنسور موقعیت چندگانه (sensor Multiple position)

سنسور ضد لغزشی sensor Anti-Skid

سنسور موقعیت پیستون (detection sensors Piston)

برخی از نمونه ها

مقدمه

یک عنصر هال از لایه نازکی ماده هادی با اتصالات خروجی عمود بر مسیر شارش جریان ساخته شده است وقتی این عنصر تحت یک میدان مغناطیسی قرار می گیرد، ولتاژ خروجی متناسب با قدرت میدان مغناطیسی تولید می کند. این ولتاژ بسیار کوچک و در حدود میکرو ولت است. بنابراین استفاده از مدارات بهسازی ضروری است. اگر چه سنسور اثرهال، سنسور میدان مغناطیسی است ولی می تواند

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineering.blogfa.com

به عنوان جزء اصلی در بسیاری از انواع حسگرهای جریان، دما، فشار و موقعیت و ... استفاده شود. در سنسورها، سنسور اثر هال میدانی را که کمیت فیزیکی تولید می کند و یا تغییر می دهد حس می کند.

تاریخچه

اثرهال توسط دکتر ادوین هال (Edvin Hall) درسال 1879 در حالی کشف شد که او دانشجوی دکترای دانشگاه Johns Hopkins در بالتیمر (Baltimore) انگلیس بود.

هال درحال تحقیق بر تئوری جریان الکترون کلوین بود که دریافت زمانی که میدان یک آهنربا عمود بر سطح مستطیل نازکی از جنس طلا قرار گیرد که جریانی از آن عبور می کند، اختلاف پتانسیل الکتریکی در لبه های مخالف آن پدید می آید.

او دریافت که این ولتاژ متناسب با جریان عبوری از مدار و چگالی شار مغناطیسی عمود بر مدار است. اگر چه آزمایش هال موفقیت آمیز و صحیح بود ولی تا حدود 70 سال پیش از کشف آن کاربردی خارج از قلمرو فیزیک تئوری برای آن بدست نیامد.

با ورود مواد نیمه هادی در دهه 1950 اثرهال اولین کاربرد عملی خود را بدست آورد. درسال 1965 Joe Maupin ,Everett Vorthman برای تولید یک سنسور حالت جامد کاربردی وکم هزینه از میان ایده های متفاوت اثرهال را انتخاب نمودند. علت این انتخاب جا دادن تمام این سنسور بر روی یک تراشه سیلیکن با هزینه کم و ابعاد کوچک بوده است این کشف مهم ورود اثر هال به دنیای عملی و پروکاربرد خود درجهان بود.

ویژگیهای عمومی

www.powerengineering.blogfa.com

ویژگیهای عمومی سنسورهای اثرهال به قرار زیر می باشند:

1 - حالت جامد ؛

2 - عمر طولانی ؛

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

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

5 - اجزای غیر متحرک ؛

6-ورودی و خروجی سازگار با سطح منطقیLogic Compatible input and output ؛

7 - بازه دمایی گسترده (-40°C ~ +150°C) ؛

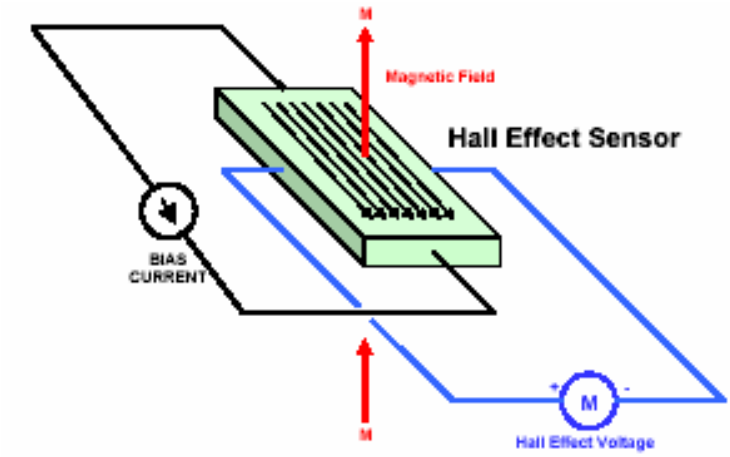
8 - عملکرد تکرار پذیرعالی Highly Repeatable Operation؛

9 - یک عیب بزرگ این است که در این سیستمها پوشش مغناطیسی مناسب باید در نظرگرفته شود، چون وجود میدان های مغناطیسی دیگر باعث می شود تا خطای زیادی در سیستم اتفاق افتد.

تئوری اثرهال

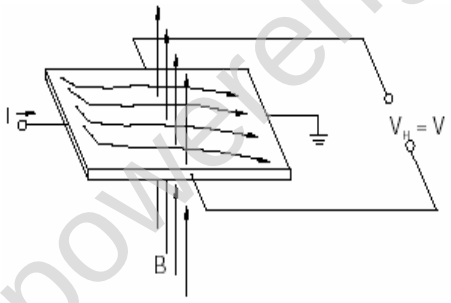
اگر یک ماده هادی یا نیمه هادی که حامل جریان الکتریکی است در یک میدان مغناطیسی به شدت B که عمود برجهت جریان عبوری به مقدار I می باشد قرار گیرد، ولتاژی به مقدار V در عرض هادی تولید می شود.

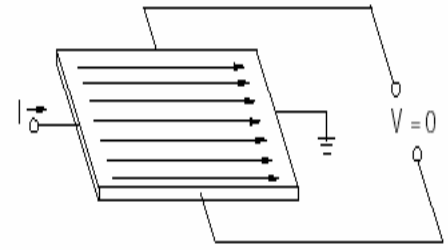
www.powerengineering.blogfa.com



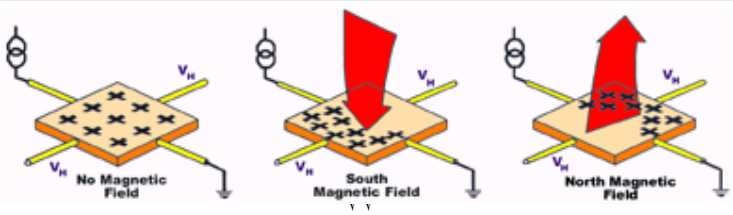
این خاصیت در مواد نیمه هادی دارای مقدار بیشتری نسبت به مواد دیگر است و از این خاصیت در قطعات اثرهال تجارتی استفاده میشود.

ولتاژها به این علت پدید می آید که میدان مغناطیسی باعث می شود تا نیروی لرنتز برجریان عمل کند و توزیع آنرا برهم بزند [$B'F=q(V$)] نهایتا حاملهای جریان مسیر منحنی را مطابق شکل بپیمایند.





حاملهای جریان اضافی روی یک لبه قطعه ظاهر می شوند، ضمن اینکه در لبه مخالف کمبود حامل اتفاق می افتد. این عدم تعادل بار باعث ایجاد ولتاژ هال می شود، که تا زمانی که میدان مغناطیسی حضور داشته و جریان برقرار است باقی می ماند.



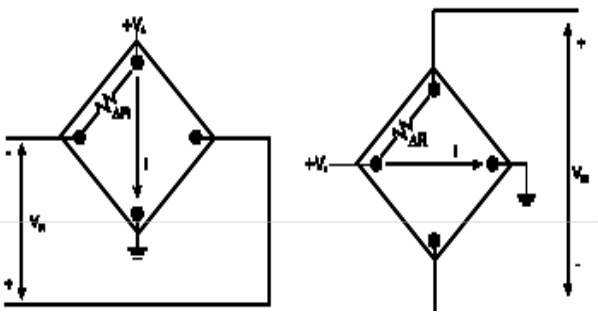
www.powerengineering.blogfa.com

برای یک قطعه نیمه هادی یا هادی مستطیل شکل با ضخامت **t** ولتاژهای **V** توسط رابطه زیر بدست می آید:

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

KH ضریب هال برای ماده مورد نظر است که بستگی به موبیلیته بار و مقاومت هادی دارد.

آنتیمونید ایریدیم ترکیبی است که در ساخت عنصر اثرهال استفاده می شود و مقدار $K\frac{V}{T}$ برای آن 20 است.ولتاژهال در رنج $7\ \mu v/V_c/gauss$ در سیلیکن بوجود می آید و تقویت کننده برای آن حتمی است. سیلیکن اثر پیز و مقاومتی دارد و بنابراین براثر فشار مقاومت آن تغییر می کند. در یک سنسور اثر هال باید این خصوصیت را به حداقل رساند تا دقت و صحت اندازه گیری افزوده شود. این عمل با قرار دادن عنصر هال بریک **IC** برای به حداقل رساندن اثر فشار و با استفاده از چند عنصر هال انجام میشود. بطوری که بر هر یک از دو بازوی مجاور مدار پل یک عنصر هال قرار گیرد، در یکی جریان بر میدان مغاطیسی عمود است و ولتاژ هال ایجاد می شود و در دیگری جریان موازی با میدان مغناطیسی می باشد و ولتاژ هال ایجاد نمی‌شود. استفاده از 4 عنصر هال نیز مرسوم می باشد.



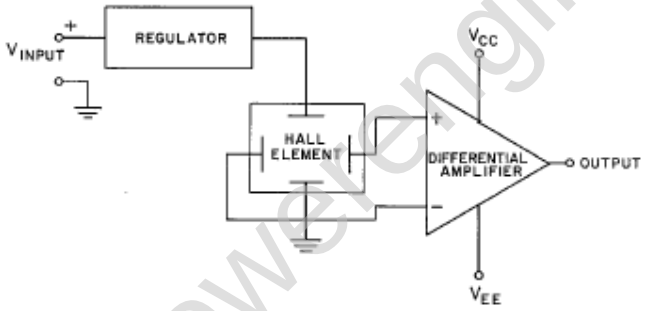
www.powerengineeringblogfa.com

اساس سنسورهای اثرهال

عنصرهال، سنسور میدان مغناطیسی است. باتوجه به ویژگیهای ولتاژ خروجی این سنسور نیاز مندیک طبقه تقویت کننده و نیز جبران ساز حرارتی است. چنانچه از منبع تغذیه با ریپل فراوان استفاده کنیم وجود یک رگولاتور ولتاژ حتمی است.

رگولاتور ولتاژ باعث می شود تا جریان I ثابت باشد بنابراین ولتاژ هال تنها تابعی از شدت میدان مغناطیسی می باشد.

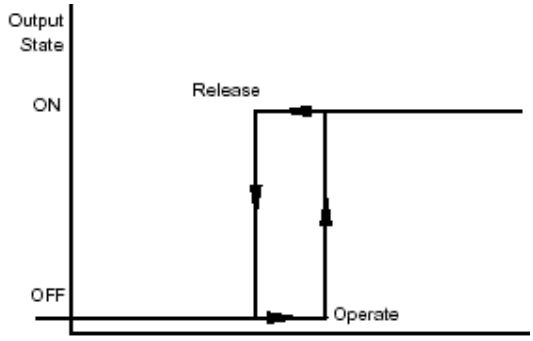
اگر میدان مغناطیسی وجود نداشته باشد ولتاژی تولید نمی شود. با وجود این اگر ولتاژ هر ترمینال اندازه گیری شود مقداری غیر ا ز صفر به ما خواهد داد. این ولتاژ که برای تمام ترمینال ها یکسان است با **Common Mode Voltage (CMV)** شناخته می‌شود. بنابراین تقویت کننده بکار گرفته شده می بایست یک تقویت کننده تفاضلی باشد تا تنها اختلاف پتانسیل را تقویت کند.

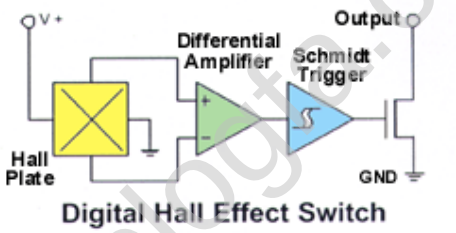


سنسورهای هال دیجیتال

در این سنسورها وقتی بزرگی میدان مغناطیسی به اندازه مطلوبی رسید سنسور **ON** می شود و پس از اینکه بزرگی میدان از حد معینی کاهش یافت سنسور خاموش می شود. لذا در این سنسورها خروجی

تقویت کننده تفاضلی را به مدار اشمیت تریگر می دهند تا این عمل را انجام دهد، برای جلوگیری از پرش های متوالی از تابع هسترزیس زیر استفاده می کنند.

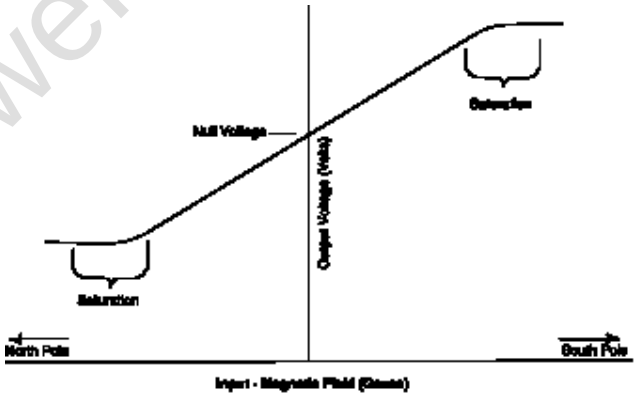




Digital Hall Effect Switch

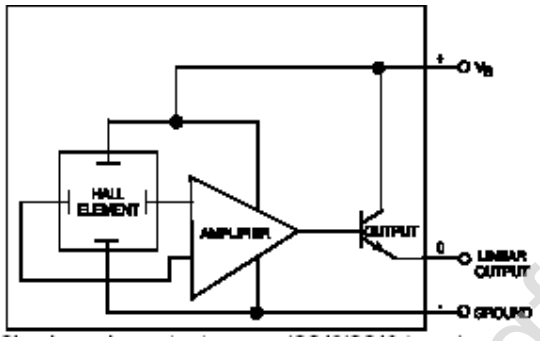
سنسورهای آنالوگ

سنسورهای آنالوگ ولتاژ خروجی خود را متناسب با اندازه میدان مغناطیسی عمود بر سطح خود، تنظیم می کنند. با توجه به کمیت های اندازه گیری این ولتاژ می تواند مثبت یا منفی باشد. برای اینکه سنسورهای ولتاژ خروجی منفی تولید نکند و همواره خروجی تقویت کننده تفاضلی را با یک ولتاژ مثبت را پاس می کنند.



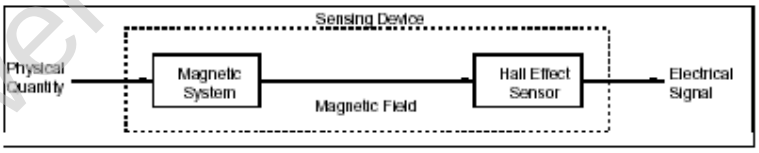
در شکل بالا توجه داریم که یک نقطه صفر وجود دارد که در آن ولتاژی تولید نمی شود . از ویژگیهای اثرهال نداشتن حالت اشباع است و نواحی اشباع در شکل مربوط به آپ امپ در سنسور اثر هال می باشد.

معمولا خروجی تقویت کننده تفاضلی را به ترانزیستور پوش-پول می د هند.



سیستم های مغناطیسی

سنسور اثر هال درحقیقت بدین ترتیب عمل میکند که توسط یک سیستم مغناطیسی کمیت فیزیکی به میدان مغناطیسی تبدیل می شود. حال این میدان مغناطیسی توسط سنسور اثر هال حس می شود. بسیاری از کمیت های فیزیکی با حرکت یک آهنربا اندازه گیری می شوند. مثلاً دما و فشار را می توان بوسیله انقباض و انبساط یک **Bellows** که به آهنربا متصل است اندازه گیری نمود.

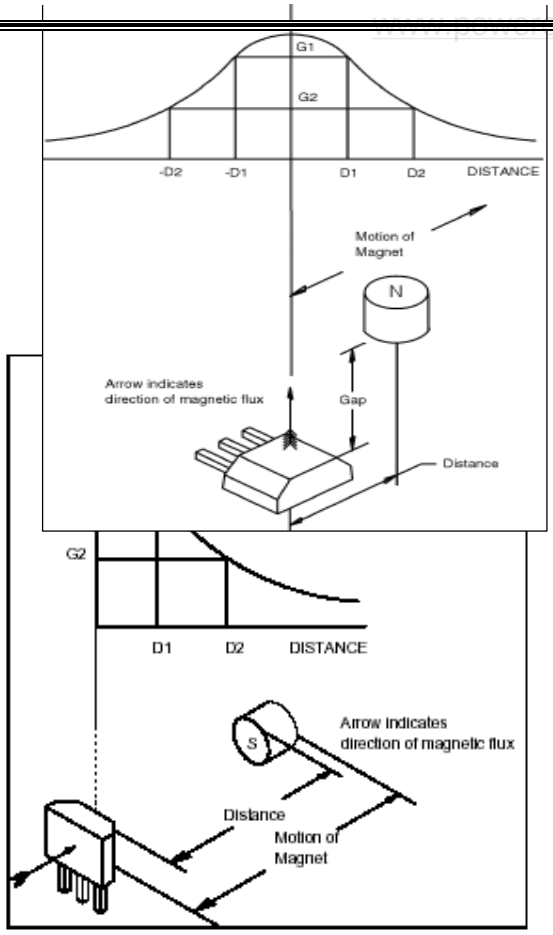


روش های مختلفی جهت ایجاد میدان مغناطیسی وجود دارد. از جمله:

1) روش **Unipolar head-on mode**

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com



2) روش **Unipolar slide-by mode**

3) روش **Bipolar Slide –By made**

4) روش **Bipolar Slide –By mode (ring magnet)**

1) Unipolar head-on mode

در این حالت آهنربا نسبت به نقطه مرجع سنسور حرکت می کند.

همانطور که در شکل دیده می شود منحنی تغییرات فاصله ومیدان مغناطیسی در این شکل آمده است (منحنی بدست آمده غیر خطی است) و دقت درحد متوسط است. مثلاً اگر یک سنسور اثرهال دیجیتالی را در نظر بگیریم در این حالت در فاصله أی که G_1 حاصل می شود سوئیچ عمل می کند و On میشود و وقتی که فاصله به حدی رسید که G_1 حاصل شود سوئیچ OFF میکند.

2) Unipolar slide-by mode

در این حالت آهنربا در یک مسیر افقی نسبت به سنسور تغییر مکان می کند.

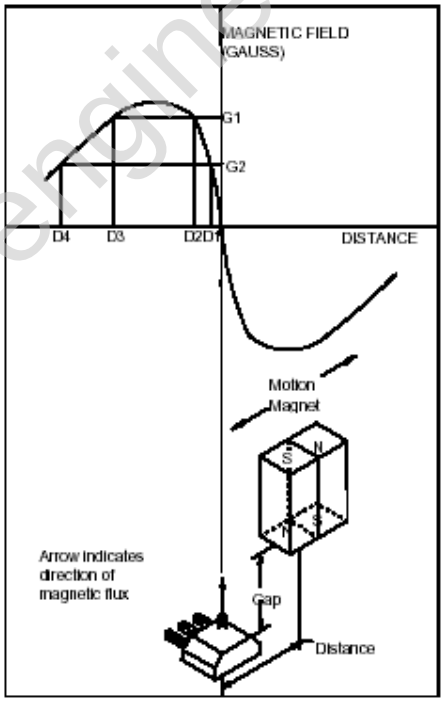
www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

منحنی تغییرات مکان نسبت به میدان مغناطیسی بازهم غیر خطی است- دقت این روش کم است و لی حالت تقارنی کاملاً دیده می شود. مثلاً سنسور اثرهال دیجیتالی را در نظر بگیرید که در اثر میدان G_1 روشن شده و در میدان G_2 خاموش می شود وقتی آهنربا از سمت راست حرکت می کند و به موقعیت D1+ می رسد آنگاه سنسور عمل میکند. این حرکت ادامه می تواند داشته باشد تا به موقعیت D2– برسد، در این هنگام سنسور آزاد می شود و به همین ترتیب.

3) Bipolar Slide –By made

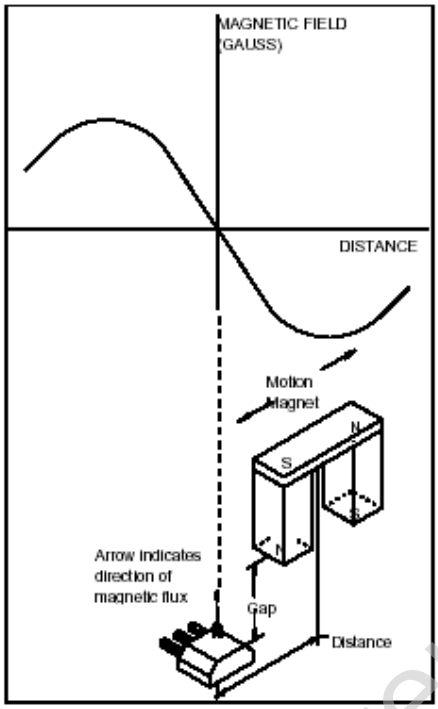
در این حالت از 2 آهنربا که قطب S,N هر کدام بصورت ناهمنام در مجاورت هم قرار گرفته است استفاده می کنیم.



دقت در این روش درحد متوسط است- حالت تقارن وجود ندارد ولی می توان در بخش هایی، از خاصیت خطی منحنی استفاده نمود. اگر همان سنسور دیجیتالی قبلی را در نظر بگیریم در حرکت از راست به

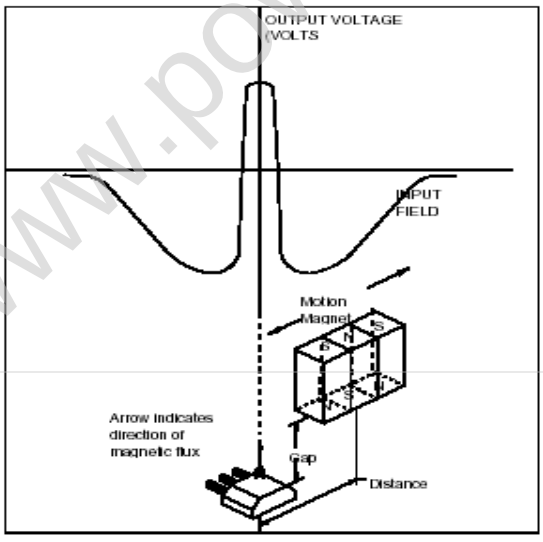
چپ وقتی که فاصله به D2 می رسد آنگاه سنسور عمل می کند و تا به مرحله D4 پیش می رود. بنابراین در یک حرکت پیوسته از راست به چپ سنسور در بخش شیب تند عمل می کند و در بخش شیب کند رها میکند.

جهت حذف شیب تند در بخش مبدأ از یک تکنیک دیگر استفاده می شود. بدین ترتیب که در میان ایندو آهنربا فاصله معینی قرار می دهند.



دقت در این روش درحد متوسط است- حالت تقارن وجود ندارد ولی می توان در بخش هایی، از خاصیت خطی منحنی استفاده نمود. اگر همان سنسور دیجیتالی قبلی را در نظر بگیریم در حرکت از راست به چپ وقتی که فاصله به D2 می رسد آنگاه سنسور عمل می کند و تا به مرحله D4 پیش می رود. بنابراین در یک حرکت پیوسته از راست به چپ سنسور در بخش شیب تند عمل می کند و در بخش شیب کند رها میکند.

جهت حذف شیب تند در بخش مبدأ از یک تکنیک دیگر استفاده می شود. بدین ترتیب که در میان ایندو آهنربا فاصله معینی قرار می دهند.



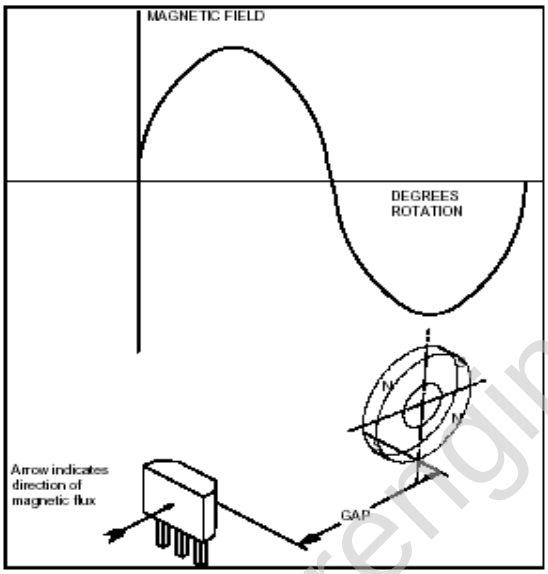
این عمل بطور چشمگیری دقت را افزایش می دهد.

حالت دیگری نیز به کار می‌رود که در آن منحنی حاصل بصورت یک تابع پالس است. در این روش در میان دو آهنربا، آهنربای دیگری قرار می دهند که پهنای پالس متناسب با پهنای این آهنربا می باشد.

www.powerengineeringblogfa.com

4) Bipolar Slide –By mode (ring magnet)

در این حالت از یک آهنربای حلقه استفاده می شود آهنربای حلقه ای یک قطعه آهنربای دیسک مانند است که قطب های آن در پیرامون آن قرار دارند. در شکل زیر آهنربای حلقه ای با دو جفت قطب نمایش داده می شود. به منحنی حاصل شیبه به یک منحنی سینوسی است. هرچه تعداد قطبهای آهنربای حلقه ای بیشتر باشد مقدار پیک حاصل در اندازه میدان کمتر خواهد بود. تعداد پالس های حاصل در این روش برابر با جفت قطبهای آهنربا می باشد. محدودیت در ساخت آهنربای حلقه ای با جفت قطبهای زیاد، محدودیت این روش محسوب می شود.



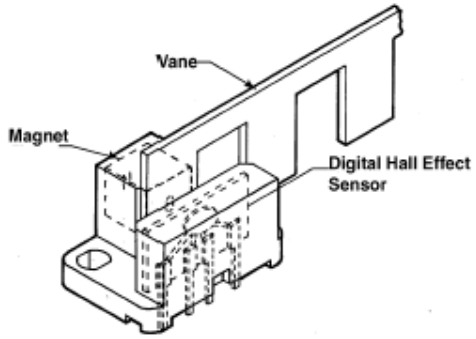
مقایسه ای از این سیستمها در زیر آمده است :

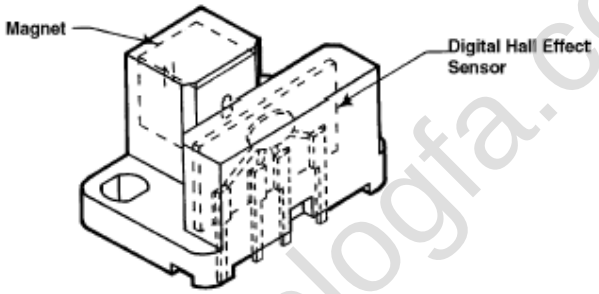
Mode	Motion Type	Mechanical Complexity	Symmetry	Recommended Applications		
				Digital	Linear	Precision
Unipolar Head-on	Recipro-cating	Low	Not Applicable	Unipolar	No	Medium
Unipolar Slide-by	All*	Low-Medium	Yes	Unipolar	No	Low
Bipolar Slide-by (1)	All*	Low-Medium	No	Any	Yes	Medium
Bipolar Slide-by (2)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

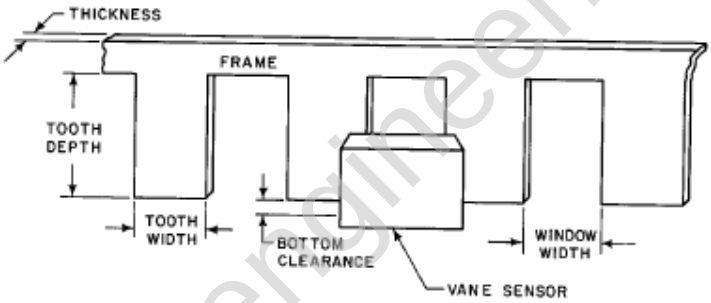
سنسورهای موقعیت تشخیص پره (Position Sensor Vane Operated)

این سنسورها گاهاً تحت عنوان سنسورهای پره شناخته می شوند و شامل یک آهنربا و یک سنسور اثرهال با خروجی دیجیتالی می باشند. شکل زیر این دو بخش را در یک بسته نشان میدهد.

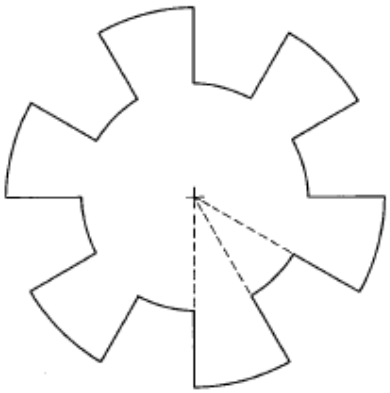


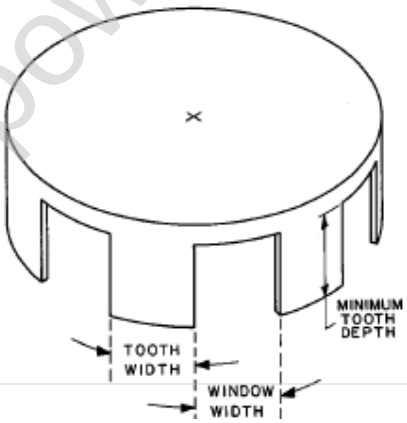


این سنسور دارای یک فاصله هوایی میان آهنربا و سنسور اثرهال می باشد و توانایی موقعیت سنجی خطی و نیز موقعیت سنجی زاویه ای را نیز دارد.



پره خطی

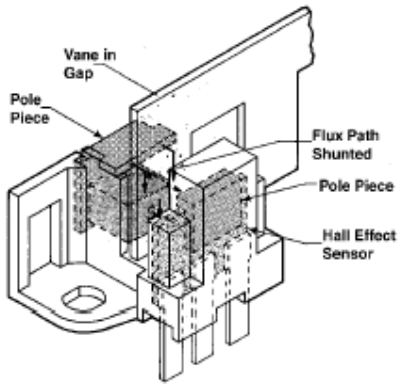




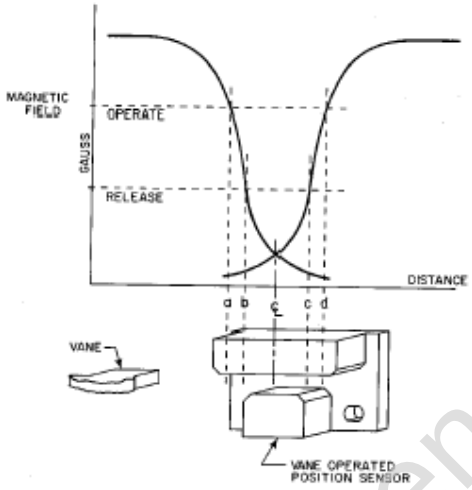
پره دایروی

پره یکنواخت

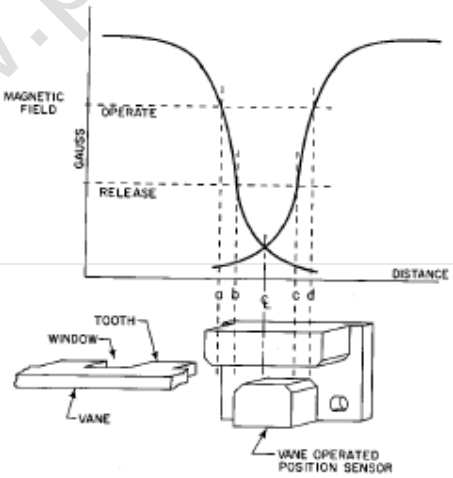
اساس عملکرد



شکل مقابل را در نظر بگیرید. وقتی که پره در فاصله هوایی بین اهنربا وسنسور اثرهال قرار گیرد خطوط شار مغناطیسی پراکنده می شوند و توسط سنسوراثر هال احساس نمی شوند، بنابراین خروجی سنسور در سطح منطقی صفر (OFF) قرار می گیرد.



شکل مقابل نشان میدهد که وقتی که یک پره میان این سنسور می رود چه اتفاقی می افتد. درحرکت از چپ به راست وقتی لبه جلوی پره به ناحیه **b** می رسد، آنگاه سنسور از حالت **ON** به حالت **OFF** تغییر وضعیت می دهد و این حالت تا زمانی که *لبه انتهایی* پره به ناحیه **d** برسد ادامه پیدا می کند تا در آن لحظه از **OFF** به **ON** تغییر وضعیت دهد. بنابراین مدت زمانی که خروجی سنسور **OFF** است برابر با فاصله بین **b, d** بعلاوه پهنای پره می باشد. درحرکت از راست به چپ نیز وضعیت کاملاً مشابه است. در اکثر مواقع پره ها بصورت به هم پیوسته می باشند. این حالت در شکل زیر در نظر گرفته شده است.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

توجه کنید که این دو حالت هیچ تفاوتی باهم ندارند.

رابطه بین مدت زمان **ON, OFF** برای حالت پره دندانه ای به پیوسته در جدول زیر 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 هایی از این سنسور ها در زیر آمده است .

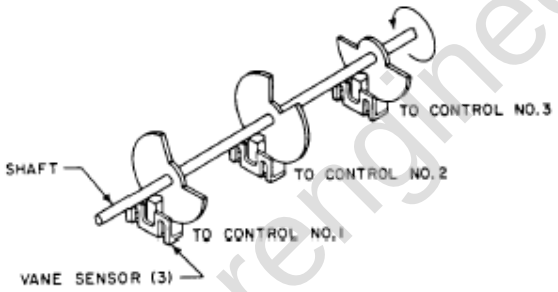
2AV series

4AV series

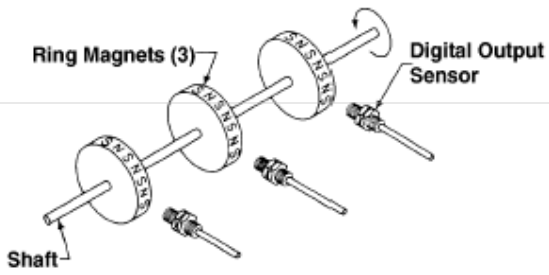
SR 17 / 16 series

Sequence Sensors

شکل مقابل را در نظر داشته باشید.



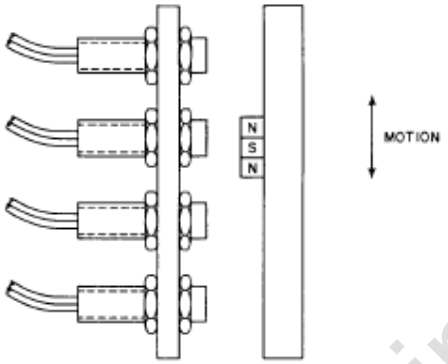
تعدادی دیسک آهنی بر روی یک شفت قرار گرفته اند. این دیسکها از فاصله هوایی سنسورهای پره **(Vane Sensor)** عبور می کنند. شکل هر کدام از این دیسکها بگونه ای است که یک مجموعه از آنها منجر به تولید کدهای خاصی می شود. سنسور پره در اثر حضور دیسک در فاصله هوایی خروجی را صفر و در اثر عدم حضور آن خروجی را یک می گویند. به این ترتیب کد حاصل از این روش موقعیت یا وضعیت شفت را نشان می دهد. به جای استفاده از دیسک ها و سنسورهای پره می توان از

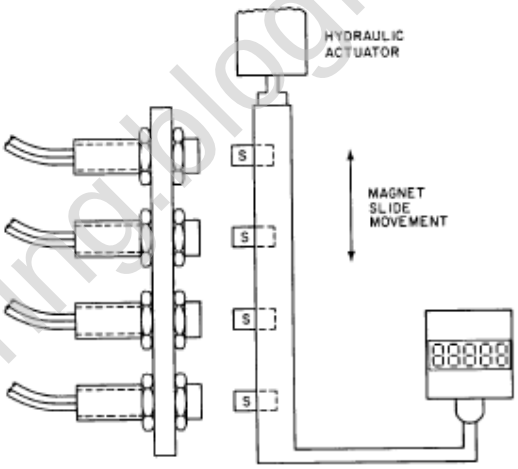


آهنربای حلقه ای متصل به شفت و سنسورهای اثرهال دو قطبی **(bipolar)** استفاده نمود.

سنسورهای مجاورتی Proximity Sensor

در دو طرح زیر 4 سنسور اثرهال با خروجی دیجیتالی که بر یک صفحه آلومینیومی قرار گرفته اند نشان داده شده است .در شکل اول سنسورها تک قطبی و در شکل دوم سنسورها دو قطبی هستند.



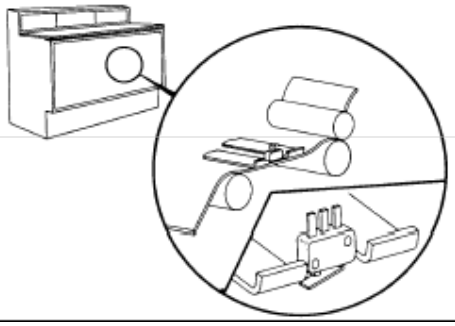


تک قطبی دوقطبی

سنسور ماشین های اداری

دستگاههای فتوکپی، فاکس، پرینترهای کامپیوتر از این سنسورها می توانند استفاده کنند.

برای مثال پرینتر، جهت دریافت وجود کاغذ و نیز جریان کاغذ ازسوئیچ های اثرهال استفاده می کنند.



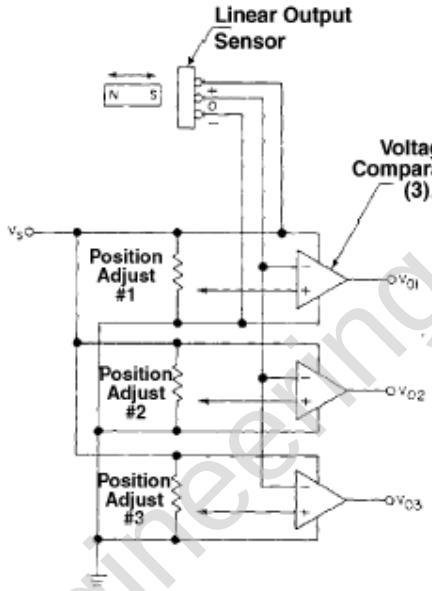
www.powerengineeringblogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

ویژگی : بدون تماس - بدون اعمال نیروی اضافی - عمر طولانی

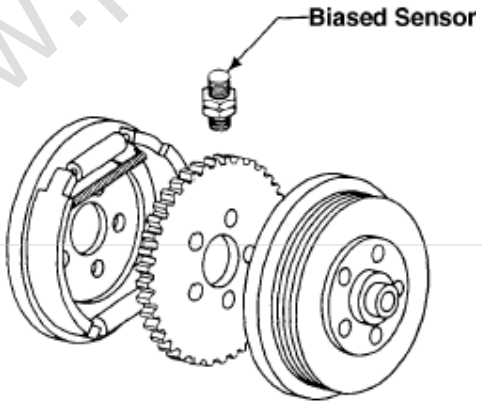
سنسور موقعیت چندگانه (Multiple position sensor)

شکل مقابل سنسور اثرهال را در کنار 3 مقایسه کننده ولتاژ نشان می دهد این سنسور چندگانه دارای 3خروجی دیجیتالی است .



سنسور ضد لغزشی Anti-Skid sensor

شکل زیر راه حلی را برای کنترل نیروی ترمز یک چرخ نشان میدهد. هدف این است بدون اینکه چرخ به اصطلاح قفل شود اتومبیل درحداقل زمان ممکن متوقف شود.



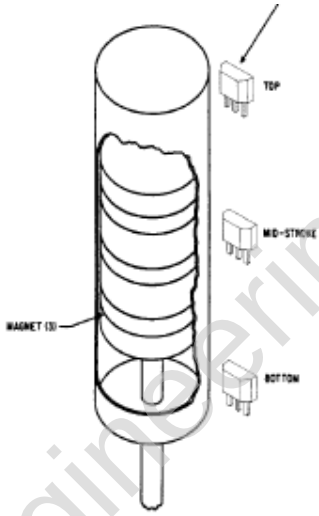
در این سیستم سنسور بگونه ای قرار گرفته است که یک چرخ دنده داخلی را حس می کند. زمان عکس

www.powerengineeringblogfa.com

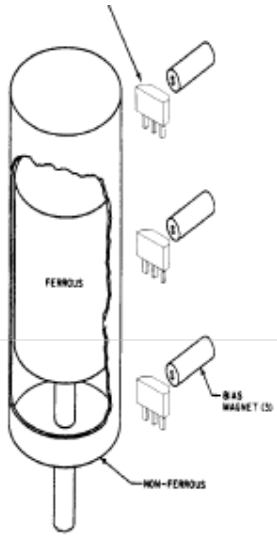
العمل سیستم توقف بر مبنای فرکانس سیگنالی که سنسور تولید می کند تخمین زده می شود.

سنسور موقعیت پیستون (sensors Piston detection)

در شکل مقابل روشی جهت موقعیت سنجی پیستون در یک سیلندر غیر آهنی داده شده است. درحالت نخست آهنربا هایی را در درون پیستون به گونه ای قرار می دهند تا توسط چند سنسور اثرهال با خروجی خطی دریافت شوند.



در حالت دوم از یک پیستون آهنی و آهنربا و سنسور اثرهال استفاده می شود. در این حالت نیاز است تا مشخصات سیستم مغناطیسی بطور مطلوبی در دسترس باشد.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

برقراری های استفاده از اثرهال در این موقعیت سنجی به شرح زیر می باشد:

1- **ابعاد کوچک سنسورها**

2 - **عدم نیاز به منبع قدرت خارجی برای آهنرباها**

3 - **رنج دمایی بزرگ از 40°c تا 150°c**

4 - **توانایی عمل در محیط کثیف و آلوده**

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

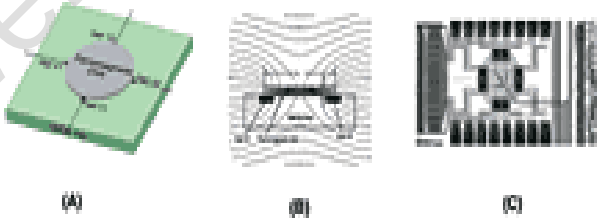
موقعیت سنجهای مغناطیسی

بررسی یک نمونه سنسور موقعیت زاویه ای مطلق

با توجه به شباهت موقعیت سنجی زاویه ای مطلق در تمام ایده ها سعی شد تا با ارائه یک نمونه صنعتی ، روش کلی این موقعیت سنجی توضیح داده شود.

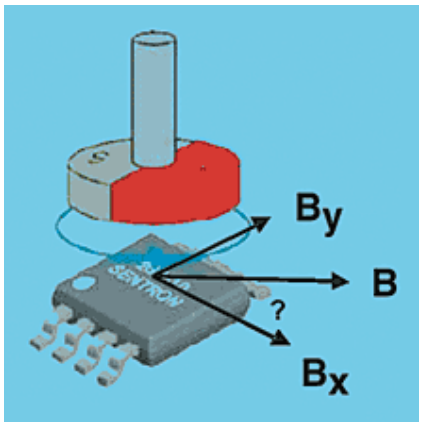
این سنسور بر مبنای تکنولوژی CMOS عمل می کند. کاربرد اصلی این سنسور کنترل میکروموتورها می باشد. این سنسور بر اساس اثرهال عمل می کند.

چهار سنسورهال بر یک قطعه سیکیلن قرار گرفته اند. هر عنصر بخشی از میدان مغناطیسی در صفحه سنسور را احساس می کند. عناصر هال در چهار گوشه یک دیسک فرو مغناطیسی قرار گرفته اند و خروجیهای Y -X را تولید می کنند. برای هر محور وجودیک عنصر هال کافی است ولی با قراردادن 2 عنصر هال در هر محور، دقت افزایش و آفست کاهش می یابد. (از طریق اندازه گیری ولتاژ های تفاضلی) خروجی عناصر هال X1 - X2 - Y1-Y2 توسط یک مدار بهسازی شامل بایاس، تقویت کننده و حذف کننده آفست و نیز پایدار سازی حرارتی پردازش می شود.



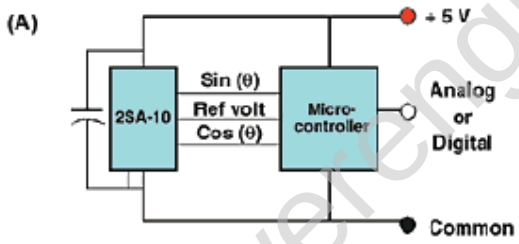
خروجی خطی بین2V تا2.5V در میدان به شدت (200G 20mt) می تواند به دست آید. در صد غیر خطی بودن سنسور کمتر از 0.1% است و هستیرزیس 0.03% می باشد. (تکرار پذیری خوب) به دقت کمتر از 1 در رنج دمایی 60 تا 15 می توانیم برسیم. در دمای پایدار دقت می تواند بهتر0.2 می باشد.

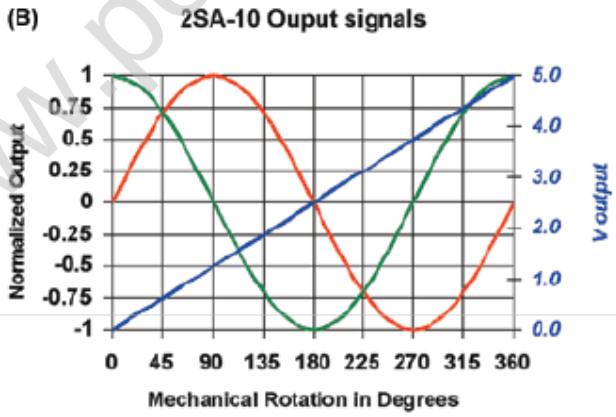
کاربرد این سنسور در تعیین موقعیت زاویه ای یک محور چرخنده است. در این مورد، یک آهنربای دائمی بر محور موتور در بالای سنسور قرارمی دهیم. این آهنربا یک میدان مغناطیسی موازی با سطح سنسور تولید می کند. این میدان به عنوان یک واسطه غیر تماس بین جهت محور و سنسور عمل می کند. معمولا قطر آهنربا**1.5mm** و ابعاد سنسور دو بعدی **mm** 1* 3 است.



شکل مقابل، یک آهنربای حلقه ای را که بر شفت قرارگرفته و بر بالای سنسور می چرخد را نشان می دهد.

وقتی شفت می چرخد سنسور بردار مغناطیسی را احساس می کند و سیگنال های **vy** و**vx** را تولید می کند. این دو سیگنال سینوسی هستند و باهم 90 اختلاف فاز دارند. زاویه چرخش، با محاسبه آرک تانژانت تقسیم **vy**بر **vx** توسط یک میکروکنترلر 8 بیتی بدست می آید.





www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

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 های اثر هال با هم برابر است یعنی sx =sy = s خواهیم داشت :

$$\theta = \arctan (V_y/V_x) = V_{out}$$

تابع معکوس تانژانت تابعی متناوب است که هر 180 تکرار می شود و بازای زوایای 180 و90 و نیز بازای vx = 0 بی نهایت می گردد.با این پیش زمینه حالات زیر اتفاق می افتد :

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

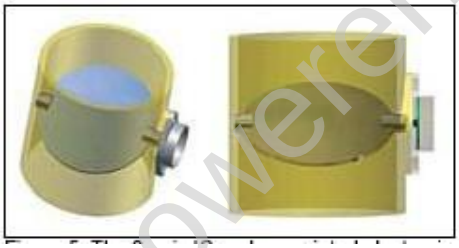
$(V_x = 0, V_y >0), \theta = 90°$

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

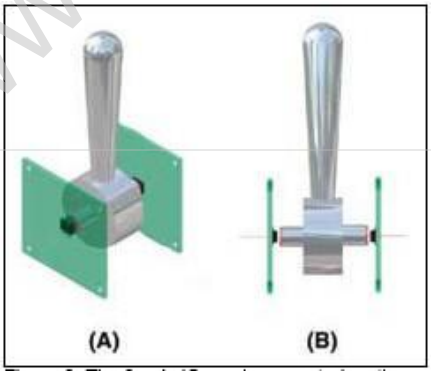
$(V_x = 0, Vy <0), \theta = 270°$

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

یکی از کاربردهای این سنسور در موقعیت سنجی شیر می باشد. که آهنربا بر شفت داخلی قرار گرفته است و سنسور در بیرون بر یک بدنه غیر فرو مغناطیسی قرار گرفته است.

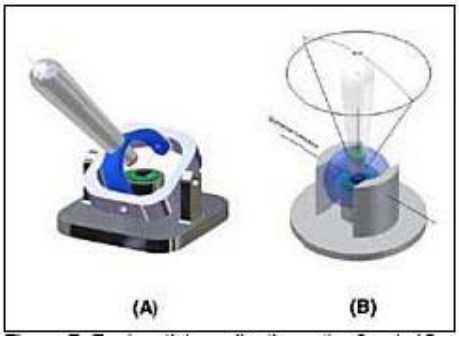


از دیگر کاربردها می توان Single – Anis joystick نام برد.

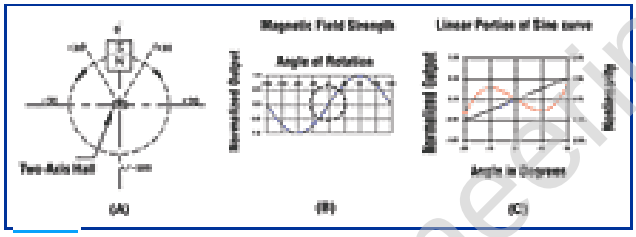


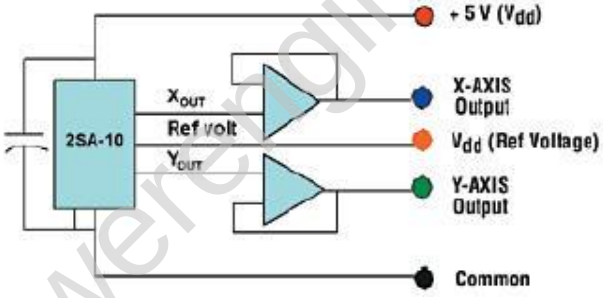
www.powerengineering.blogfa.com

در یک **Axis joystick – 2** ، یک سنسور 2 بعدی را در مرکز کره ای که دسته در آن تغییر موقعیت می دهد قرار می دهند و آهنربا را نیز بر انتهای دسته قرار می دهند.



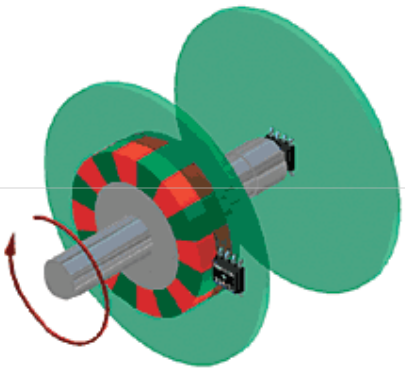
در این حالت سیگنال های خروجی **vy** و **vx** متناسب با بردار میدان مغناطیسی می باشد. همانطور که شکل زیر نشان می دهد در صد غیر خطی سینوسی خروجی در یک باز 60 در اطراف نقطه صفر کمتر از 1% می باشد.





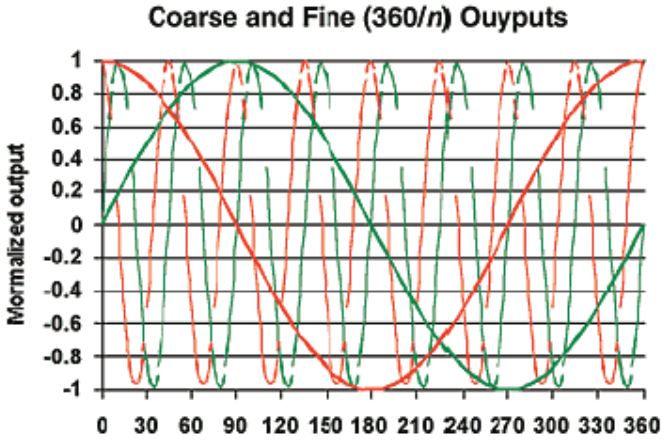
برا ی افزایش رزولوشن موقعیت چرخشی از 2 **IC** و نیز 2 آهنربا استفاده می کنند.

(A)

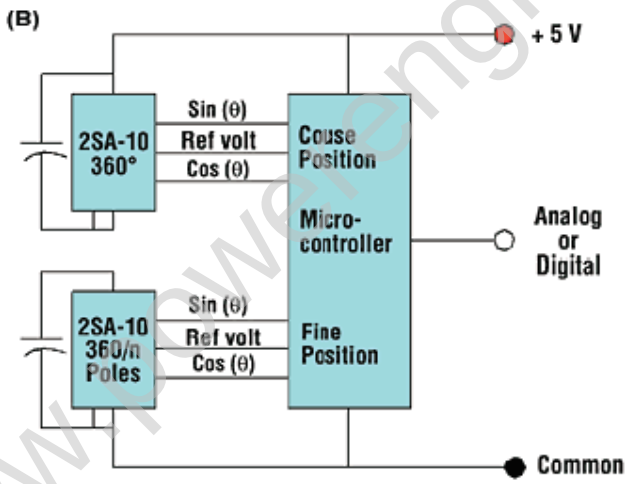


www.poweredengineering.blogfa.com

در این حالت یک اندازه گیری غیر دقیق توسط یک IC و آهنربای دو قطبی انجام می شود و اندازه گیری دقیق توسط یک آهنربای حلقه ای N قطبی و IC دوم انجام می پذیرد. این آهنربای چند قطبی باعث تولید N موج سینوسی و کسینوسی در هر دور می شود.



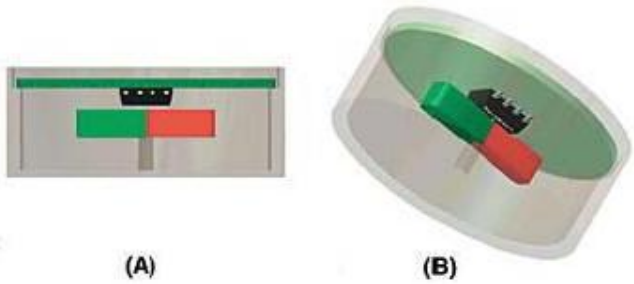
با فرض اینکه هر سیگنال خروجی دارای رزولوشن 0.1 باشد، رزولوشن نهایی در هر دور برابر 0.1 /8 = 0.0125 = 0.1/n می شود. اطلاعات بدست آمده از این آهنربای چند قطبی جهت تعیین اینکه کدام قطاع از آهنربای حلقه ای در برابر سنسور قرارگرفته است استفاده می شود. در این روش دقت نیز 1/n می شود. سیگنال های بدست آمده دقیق و غیر دقیق در نهایت توسط یک میکروکنترولر برای تولید خروجی دقیق تر پردازش می شوند.



www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

کاربرد دیگری نیز در قطب نمای الکترونیکی وجود دارد.



(A) (B)

آهنربا بگونه ای در برابر IC قرار می گیرد که براحتی و آزادانه می تواند حرکت کند. آهنربا با توجه به جهت میدان مغناطیسی زمین می چرخد، میدان مغناطیسی تولید می کند که بسیار شدید تر از میدان مغناطیسی زمین (در حد 600 mt) می باشد. بنابراین IC با تاثیر میدان مغناطیسی قویتر سیگنال های خروجی vx وvy را $V_{out} = \arctan(V_y/V_x)$ **تولید می کند. در این حالت نیز میکرو کنترلر را تولید خواهد نمود.**

www.powerengineering.blogfa.com

www.powerengineeringblogfa.com

با مراجعه به وبلاگ ما از آخرین کتاب ها، نرم افزارها، مطالب آموزشی و ...

در ارتباط با مهندسی برق استفاده نمایید.

http://powerengineering.blogfa.com

مهندسی برق

www.powerengineering.blogfa.com