

حسگرهای خودرو

۱- حسگرهای خودرو (Automotive Sensors)

یا در تغییر پارامترهای مقاومت، کاپاسیتانس و اندوکتانس ظهور می‌کند (شکل ۲-۲ و ۲-۳). یک حسگر را می‌توان با استفاده از معادلات زیر تعریف کرد:

۱- معادله‌ی سیگنال خروجی حسگر

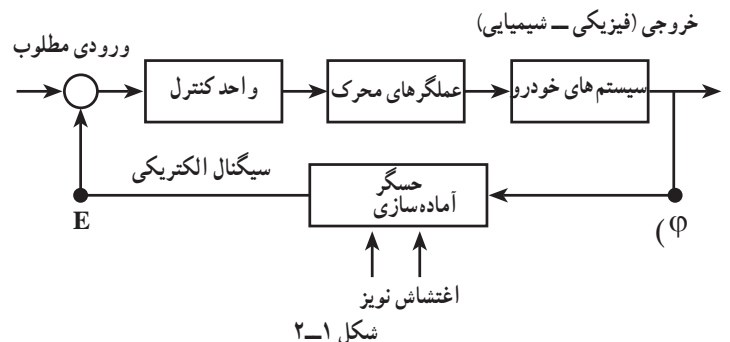
$$E = F(\varphi, y_1, y_2, \dots)$$

۲- معادله‌ی اندازه‌گیری متغیرها

$$\varphi = g(E, y_1, y_2, \dots)$$

اگر توابع F و g معلوم باشند، این معادلات نمایش دهنده‌ی آن است که یک مدل حسگر به کدام یک از اندازه‌گیری‌های قابل تغییر نیاز دارد و هم چنین می‌توان استفاده‌ی محاسباتی و کاربردی سیگنال خروجی (E) و مقادیر متغیر (y_i) را به درستی استنتاج نمود. برای مثال در یک حسگر شتاب خودرو E (خروجی) می‌تواند ولتاژ باشد. (φ) همان شتاب خودرو است و y_i ها، می‌توانند جابه‌جایی اجزای مکانیکی حسگر به دلیل وارد آمدن شتاب به آن‌ها باشند. برای آن‌که بتوان حسگرها را از اجزای فرآیند تولید سیگنال محسوب کرد و یا مخالف را مطرح نمود قانونی وجود ندارد.

امروزه در صنعت خودرو انواع وسیعی حسگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. این قطعات از طریق ورودی‌های فیزیکی و شیمیایی حالت‌های اجزای خودرو را احساس و شبیه‌سازی می‌کنند و می‌توانند به وسیله‌ی سیگنال‌های الکتریکی تولیدی، اسباب مورد نیاز واحدهای کنترل (Ecuها) را جهت اجرای تکنیک کنترل حلقه‌ی بسته یا حلقه‌ی باز برای سیستم‌های مدیریت موتور فراهم سازند و موجب ایمنی و آسایش گردند: (در شکل ۲-۱ جایگاه حسگرها در سیستم کنترل حلقه بسته نشان داده شده است).



شکل ۲-۱

۱-۱- تعاریف و اصطلاحات

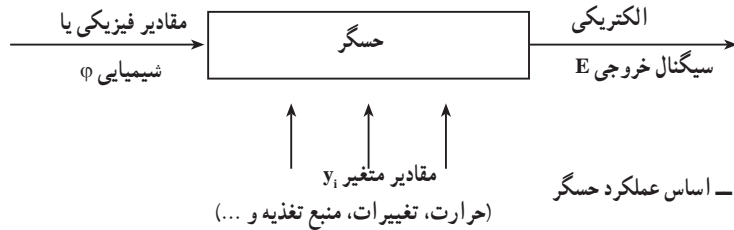
در این کتاب اصطلاح «حسگر» به وسایلی (براب و بیکاپ) اطلاق می‌شود که دارای تشابه رفتاری در کاوش و انتخاب باشد. حسگر با دریافت مقادیر متغیر (y_i)، یک کمیت فیزیکی یا شیمیایی ورودی (Φ) را به یک کمیت خروجی الکتریکی (E) تبدیل می‌کند. خروجی الکتریکی حسگرها فقط در قالب جریان و ولتاژ نیست، بلکه به صورت یک نوسان الکتریکی ظهور می‌کند؛ از جمله در امپدانس، فرکانس، پالس زمانی، سیکل یا پرود، جریان یا ولتاژ و

۱-۲- کاربرد در وسایل نقلیه

حسگرها و عملگرها بخشی از وسیله‌ی نقلیه‌اند که جهت هدایت و ناوبری، بین عملکرد پیچیده مدیریت موتور، فرمان، ترمز، تعلیق و ... جهت هدایت و ناوبری فعالیت دارند و به همراه واحد کنترل مرکزی (Ecu) فرآیند هر واحد را اداره می‌کنند. برای سازگاری این واحدهای کنترل با سیگنال حسگرها و هماهنگی با مدارها به یک قانون استاندارد نیاز است (اندازه‌گیری

واحدهای کنترل دیگر، اطلاعات حسگر یا فرامین راننده بر فرآیند پردازش پیچیده یا حلقه کنترل در وسیله نقلیه تأثیر می‌گذارد. در شکل ۲-۵ سیستم‌های الکترونیکی متداول خودرو و به نمایش درآمده است.

زنجیره‌ای، اندازه‌گیری داده‌های جمع‌آوری شده (شکل ۲-۴). ساختار هماهنگی بین مدارها مناسب با ویژگی حسگرها و شرایط واقعی وسیله نقلیه است. هم‌چنین این مدارها به صورت مجموعه، طراحی می‌شوند و نسخه‌های متنوعی دارند و پردازش



شکل ۲-۲- اساس عملکرد حسگر

● حسگرهای به کار رفته جهت کنترل حلقه‌ی باز یا

۳-۱- طبقه‌بندی

حلقه‌ی بسته حسگرهای وسایل نقلیه را می‌توان به سه روش طبقه‌بندی کرد.

● حسگرهای به کار رفته جهت ایمنی سرنشین و ضد سرقت

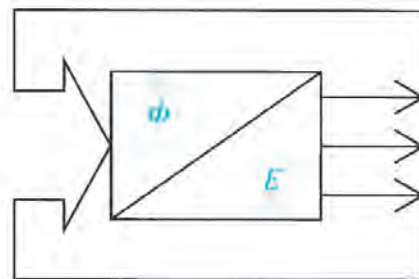
● حسگرهای به کار رفته جهت پایش (عیب‌یابی هوشمند

الف- وظایف و کاربرد

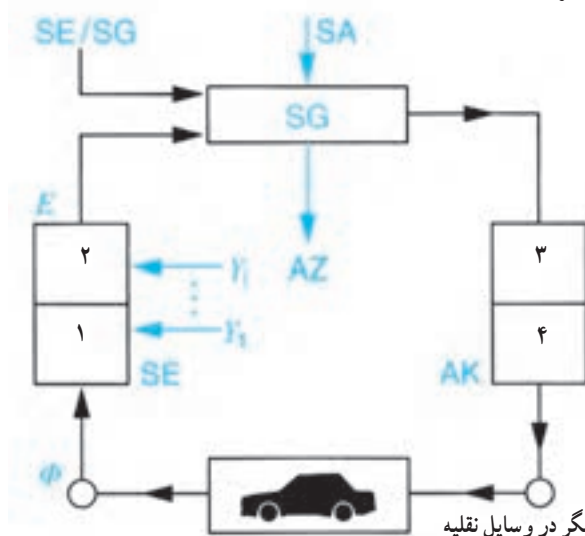
از این دیدگاه می‌توان برای حسگرها سه گروه متمایز (OBD)، مصرف سوخت و پارامترهای فرسایشی) و اطلاعات

راننده و سرنشین

تعیین نمود :



شکل ۲-۳- نماد حسگر



شکل ۲-۴- حسگر در وسایل نقلیه

۱- اندازه‌گیری حسگر

۲- مدار انطباق‌دهنده

۳- راننده

۴- عملگرها

AK عملگر

AZ نمایشگر

SA سوئیچ

SE حسگر

SG واحد کنترل

φ مقادیر فیزیکی

E مقادیر بار الکتریکی

...i y مقادیر متغیر

نیروی محرکه

- حسگر فشار (انتقال)
- قدرت کنترل شیفیت
- حسگر فشار تقویتی (کنترل)
- الکترونیکی دیزل
- ناک حسگر
- حسگر فشار اتمسفر

حسگر فشار قوی
(GOI، ریل مشترک)

حسگر اکسیژن لاندا

حسگر سرعت محیطی
(انتقال قدرت کنترل شیفیت)

حسگر فشار مخزن
(OBD)

حسگر پدال گاز
(EHB، ETC)

حسگر موقعیت و
زاویه دوران

آسایشی و راحتی

حسگر باد

انحراف (ناوبری)

حسگر کیفیت هوا
(تهویه مطبوع)

حسگر درجه حرارت
محیط (تهویه مطبوع)

حسگر فشار (قفل
مرکزی)

حسگر باران

Ranging sensor

حفاظت و ایمنی

رادار فاصله یاب
(ACC)

حسگر نور بالا

حسگر فشار قوی
(ESP)

حسگر گشتاور
(فرمان بر قدرت)

حسگر زاویه
فلکه فرمان
(ESP)

حسگر نشاب
(Air-bag)

حسگر یاو (ESP)

حسگر نشاب

حسگر نوسانی
(سیستم زدگیر)

حسگر یاو (تشخیص
واژگونی)

حسگر سرعت
جمع (ABS)

on - Board Diagnostics (عیب یابی هوشمند)

Electronic the rattle control : ETC (کنترل الکترونیکی دریچه)

electrohydraulic brake : EHB (ترمز الکترو هیدرولیکی)

Adaptive Cruise control : ACC (کنترل فاصله تطبیقی)

Electronic Stability Program : ESP (برنامه پایداری الکترونیکی)

Antilock Braking System : ABS (سیستم ضد قفل ترمز)

gasoline direct-injection : GDI (پاشش مستقیم سوخت)

شکل ۵-۲ سیستم های خودرو و حسگرهای مربوطه

خاص و محدود از یک مقدار متغیر، استفاده می گردد.

(مثال: کنترل گاز خروجی آگزوز $\lambda=1$ ، تغییر ارتفاع

خودرو)

ب- انواع نمودار و شکل سیگنال خروجی

حسگرها را می توان با توجه به شکل و نوع سیگنال های

خروجی و هم چنین مشخصات پایش و کنترل حلقه ی باز و بسته

طبقه بندی کرد (شکل ۴-۲). شکل سیگنال های خروجی به

انواع زیر تقسیم می شوند:

— **نمودار خطی پیوسته:** از این نمودار، به طور کلی،

برای مشخصات کنترل یک دامنه ی اندازه گیری استفاده

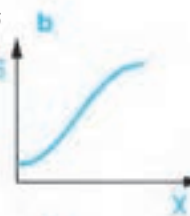
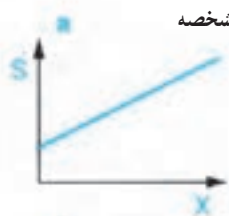
می گردد. به علاوه نمودارهای خطی ابزار تشخیصی جهت

آزمایش و مقیاس اندازه گیری های ساده اند.

— **نمودار غیرخطی پیوسته:** از این نمودار برای کنترل

حلقه ی بسته، جهت اندازه گیری منظم و سراسری یک دامنه ی

نمودار مشخصه



s- سیگنال خروجی

x- مقدار متغیر

a- نمودار خطی

b- نمودار غیرخطی

c- نمودار غیرخطی چند

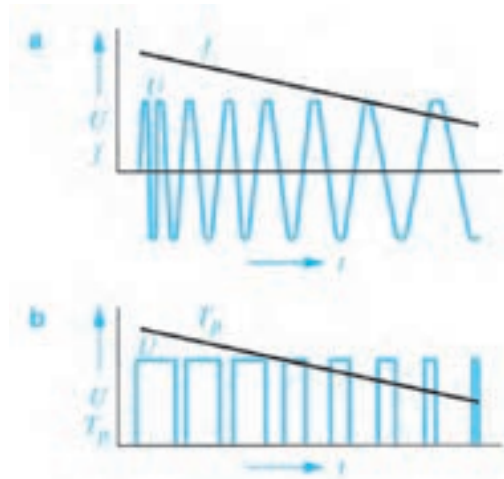
مرحله ای (پله ای)

d- نمودار غیرخطی دو

مرحله ای

شکل ۶-۲

نمونه‌ای از شکل سیگنال خروجی



شکل ۲-۷

a- سیگنال خروجی U با فرکانس F

b- سیگنال خروجی U زمان پالس Tp

برای مثال وقتی منظور از برآورد، انحراف نسبت به کل دامنه و اندازه‌گیری باشد (جریان سنج هوا) هر کدام از دو شکل نمودار غیرخطی و نوع خاص (مانند نمودار لگاریتمی) مزیتی دارند.

نمودار غیرخطی دو مرحله‌ای: از این نوع نمودار (شکل هیستریزیسی) برای پایش یک مقدار مرزی استفاده می‌شود. در این حالت‌ها وقتی مقادیر به حد مرزی رسید موقعیت مناسب جهت اندازه‌گیری آسان حاصل می‌گردد.

ج- نوع سیگنال خروجی

تفاوت دیگر حسگرها در ارتباط با سیگنال‌های خروجی

آن‌هاست (شکل ۲-۷)

سیگنال‌های خروجی پیوسته (آنالوگ)

● جریان / ولتاژ

● فرکانس / پرپود

● زمان پالس

سیگنال خروجی گسسته

● دو مرحله‌ای (کد باینری)

● چند مرحله‌ای با مراحل منظم (کد آنالوگ)

● چند مرحله‌ای با مراحل متساوی الفاصله (کد آنالوگ

یا دیجیتال)

نکته: تفاوت حسگرها در تغییرات مداوم سیگنال‌های

خروجی یا در تغییرات زمانی که به صورت گسسته و لحظه‌ای بروز می‌کند، وجود دارد.

۴-۱- نیازسنجی و روند توسعه حسگر در خودرو

با توجه به ساخت و کاربرد انواع گوناگون حسگرها در وسایل مختلف، نمونه‌های مورد استفاده از خودرو نیز باید متناسب با نیازمندی‌های سیستم‌های الکتریکی و الکترونیکی خاص آن وسیله نقلیه، طراحی و ساخته شود.

در هر شرکت خودروسازی، دپارتمان پژوهش و توسعه عهده‌دار بی‌گیری پنج نیازمندی اصلی (بیان شده در شکل ۸-۲) است و برآورده شدن این نیازمندی‌ها در روند مهندسی حسگر بسیار مهم و چشم‌گیر است.

۴-۱-۱- ضریب اطمینان بالا: مشخصات حسگرهای

اتومبیل را براساس رده‌ی ضریب اطمینان می‌توان به شرح زیر تقسیم‌بندی نمود:

● فرمان، ترمز، ایمنی سرنشین؛

● موتور و خط انتقال قدرت، تعلیق، تاپر؛

● راحتی و آسایش، عیب‌یابی هوشمند (OBD) و اطلاعات

و سیستم ضد سرقت.

در مهندسی خودرو رده‌ی ضریب اطمینان جایگاه ویژه‌ای

دارد و همانند بعضی از حالت‌های اندازه‌گیری مانند سیستم‌های هوانوردی و فضانوردی است.

برنامه‌ریزی تولید: ساخت با طراحی اختصاصی،

میزان تضمین در ضریب اطمینان است. برای مثال، به منظور

ایجاد ضریب اطمینان، استفاده از مواد با کیفیت بالا همراه با

روش‌های آزمایش دقیق مهندسی لازم است.



شکل ۸-۲- نیازمندی‌های اصلی برای حسگرهای خودرو و مقیاس توسعه‌ی آنها

حسگرهای ساخته شده از نیمه‌ی رسانا با استفاده از «پردازش و تولید دسته‌ای» روی یک تراشه با مبنای سیگنال SI ۱۰۰ تا ۱۰۰۰۰ حسگر ایجاد کرد.

از طرف دیگر ساخت حسگرهای مشابه به تعداد زیاد و به منظور تولید تجهیزات، باید توجیه اقتصادی داشته باشد. تعداد درخواست صنایع خودروسازی، معمولاً مابین ۱ الی ۱۰ میلیون قطعه در سال است. این تعداد حسگر مورد نیاز صنایع خودروسازی نقش انقلابی و بی‌سابقه‌ای برای صنعت ساخت حسگر به وجود آورد و استانداردهای جدیدی تعیین و ایجاد کرد.

۱-۴-۳- سختی شرایط عملکرد: حسگرها در موقعیت‌های خاصی روی خودرو نصب می‌گردند، بنابراین، آنها باید در مقابل طیف گسترده‌ای از عوامل و بارهای تأثیرگذار زیر، پایداری و مقاومت داشته باشند:

- مکانیکی (ارتعاش و شتاب و ضربه)
- محیطی (درجه‌ی حرارت، رطوبت)

اتصالات یکی از عوامل ایجاد خرابی‌اند. برای رفع این نقیصه حتی المقدور سیستم‌های یکپارچه و یا حسگرهای «رادپواسکن» را می‌توان به کار گرفت. این سیستم‌ها براساس امواج اکوستیکی سطحی (SAW) فعالیت می‌کنند و کاملاً بدون سیم‌اند.

توجه بیش‌تر به ایمنی باعث می‌شود حسگرهای استفاده شده در سیستم‌های خودرو افزایش یابند. این حسگرها به‌طور موازی به سیستم متصل می‌شوند و مطابق وظیفه‌ی خود اندازه‌گیری لازم را انجام می‌دهند.

۱-۴-۲- هزینه‌ی تولید پایین: روش جدید نصب قطعات الکترونیکی، که بخشی از فناوری خودرو است، به آسانی امکان استفاده از ۶۰ الی ۷۰ حسگر را ایجاد می‌کند. تقاضای استفاده از حسگر در بخش‌های مختلف خودرو خیلی زیاد است و این درخواست به شرطی امکان‌پذیر است که هزینه‌ی تولید پایین باشد.

برنامه‌ریزی و روش تولید: روش‌های تولید خودکار مؤثرترین عامل در ساخت حسگر است، برای مثال می‌توان در

۱- پردازش دسته‌ای: روشی در رایانه که طی آن داده‌های مورد پردازش ابتدا رمزگذاری و سپس به گروه‌های مختلف تقسیم، آن‌گاه پردازش می‌شوند.

● شیمیایی (پاشش آب، سوخت، روغن، اسید باتری، بخار نمک)

● الکترومغناطیس (تشنه، پالس خودالقا، افزایش ولتاژ، معکوس شدن قطب)

از مزیت‌های اصلی حسگرها، نصب مستقیم در نقطه‌ی اندازه‌گیری است و این حالت تماس، دقت در کار حسگر را به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد.

برنامه‌ریزی و روش تولید: اقدامات حفاظتی برای حسگر به گونه‌ای باید طراحی گردد که حد بالاتری از بار وارد شده را تحمل نماید. جهت تعیین سطح ایمنی حسگر و قرار دادن قطعه یا مدار در پوشش محافظ مناسب (Packaging^۱)، به شناخت دقیق این موارد نیاز داریم:

● روش غیرفعال‌سازی و اتصال نیمه‌ی رسانا

● روش آب‌بندی و اتصال

● سازگاری الکترومغناطیسی

● چگونگی نصب با ارتعاش کم

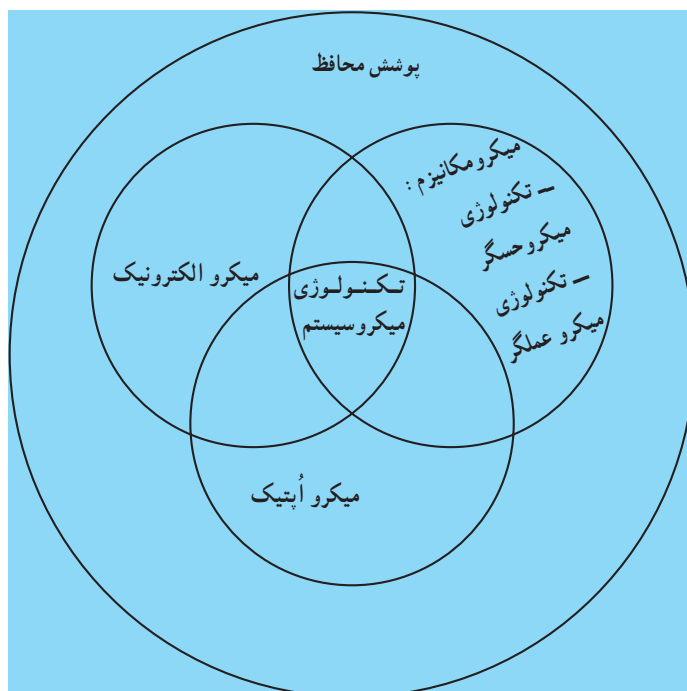
● طول عمر، آزمایش، مدل‌های شبیه‌سازی

● استفاده تلفیقی از مواد با مقاومت زیاد و آگاهی از جزئیات عوامل و بارهای تأثیرگذار در محل نصب حسگر.

فاکتور اصلی در کیفیت حسگر، در نظر گرفتن مجموعه‌ای از کارآیی و عملکرد صلاحیت‌ها و اجرای مناسب اقدامات حفاظتی است. این اقدامات در تأمین ارزش و بهای حسگر بسیار تأثیرگذار است. در نتیجه باید به صورت یک‌المنت مستقل برآورد گردد.

۴-۱-۴- طراحی فشرده: امروزه، با توجه به روند رو به صعود تعداد سیستم‌های الکترونیکی در خودرو و نیاز به حداکثر آسایش سرنشین از یک طرف، و به حداقل رساندن وزن و حجم خودرو در جهت کاهش مصرف سوخت از طرف دیگر ضرورت دارد، شرکت‌های تولید برای طراحی فشرده‌ی اجزای سیستم‌ها متمرکز شوند (شکل ۹-۲).

میکروسیستم

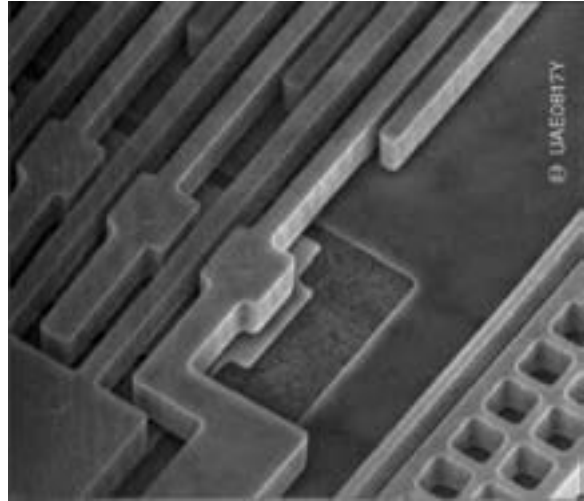


شکل ۹-۲

۱- Packaging: فرآیند در پوشش قرار دادن قطعه یا مدار در پوشش محافظ (نوعی بسته‌بندی)

برنامه‌ریزی و روش تولید: برای کوچک و مینیاتورسازی اجزای الکترونیکی از تکنولوژی‌های ساخت مهندسی مدار به شرح زیر استفاده می‌شود:

- تکنولوژی فیلم و هیبرید (تغییر شکل و اتصال مقاومت‌ها، ترمیستورها و مگنورزیستورها)
- تکنولوژی نیمه‌ی رسانا (اثر هال و حسگرهای درجه‌ی حرارت)



شکل ۱۰-۲- ساختمان یک المنت اندازه‌گیری میکرومکانیکال

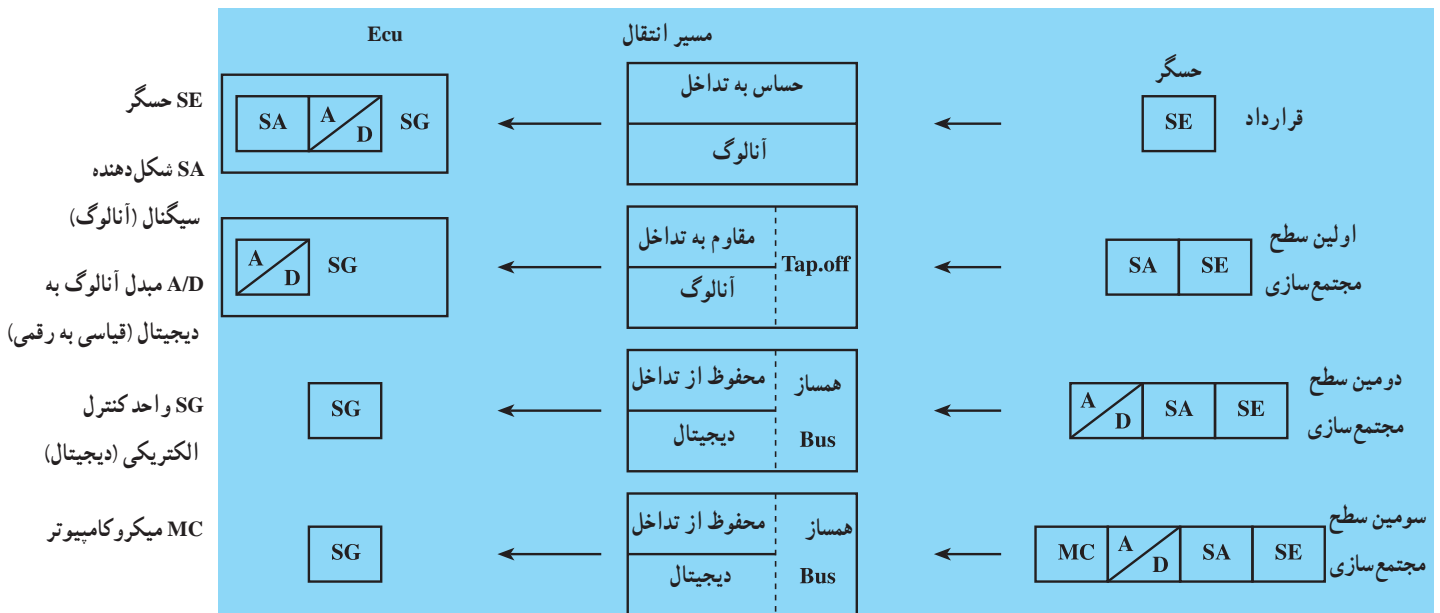
● تکنولوژی میکرومکانیکال سطحی و حجمی (حسگرهای فشار و شتاب شکل ۱۰-۲).

● تکنولوژی میکروسیستم (تلفیق و ترکیب دو تکنولوژی میکروالکترونیک و میکرومکانیک)

ضرورت وابستگی کارکرد بین قطعات مکانیکی و حسگرها جایگاه کاربردی و سازگاری کاری ویژه‌ای برای حسگرها به وجود می‌آورد. به این ترکیب کاری الکترونیک و مکانیک، مکاترونیک گفته می‌شود و جایگاه خاصی دارد.

۴-۱- درصد خطا (Error percent): با

مقایسه‌ی کاربرد پراب‌ها و حسگرها در پردازش و با کمی اغماض می‌توان دقت انتقال داده‌ها را نسبتاً یک‌نواخت دانست. معمولاً در اثر عوامل فرسایشی اجتناب‌ناپذیر، خطا ایجاد شده که مقدار مجاز آن حداکثر ۱٪ می‌باشد. خطای مجاز را می‌توان به وسیله‌ی تکنیک‌های مختلف جبران‌سازی، تصحیح و برطرف نمود و نتیجه‌ی اندازه‌گیری شده را در برابر اختلال سیگنال‌ها به کار برد و قابل استفاده نمود. با دقت در مطالب فوق، به این نکته بی‌می‌پریم که بیش‌ترین موارد استفاده از این تکنیک‌ها در سیستم‌های پیچیده و پیشرفته است.



شکل ۱۱-۲- سطح‌بندی حسگر

۱- magnetoresistor: مقاومتی است که مقدار آن با شدت میدان مغناطیسی اعمال شده به آن تغییر می‌کند. از آن‌ها به‌طور معمول به صورت زوج مدار پل استفاده می‌کنند که

یک آهن‌ربای دائمی با بایاس مغناطیسی آن را تأمین می‌کند.

برنامه‌ریزی و روش تولید: برای رسیدن به سطح بالایی از دقت در اندازه‌گیری، ساخت همراه با ترانس کم، کالیبراسیون دقیق و تکنیک، جبران‌سازی ویژه‌ای را می‌طلبند (شکل ۱۱-۲).

یک مرحله‌ی مهم در مجتمع‌سازی پیوند عناصر مختلف حسگر، روش Monolithic یا Hybrid است، که در آن سیگنال‌های الکترونیکی، مستقیماً در محل اندازه‌گیری می‌شوند و مدارهای دیجیتال پیچیده‌ای (متشکل از مبدل آنالوگ/دیجیتال و میکروکامپیوترها) را فعال می‌کنند. به این گونه سیستم‌ها حسگرهای هوشمند می‌گویند.

مزیت این حسگرها دقت ذاتی آنهاست و مهم‌ترین خصوصیات‌شان عبارت‌اند از:

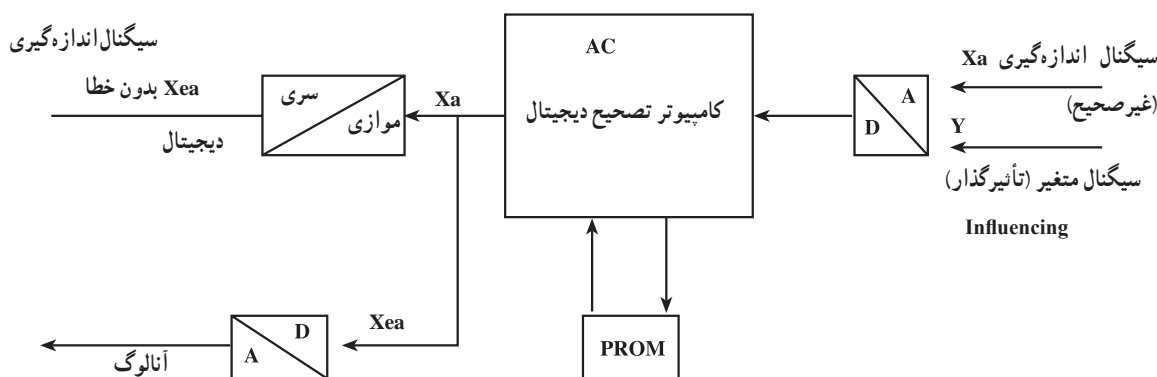
۱- کاهش در بارگذاری واحدهای کنترل مرکزی (Ecuها) (۱ و ۲)

۲- یک‌نواختی، انعطاف‌پذیری و سازگاری با Bus
 ۳- توانایی استفاده حسگرها برای پردازش سریع محاسبات توابع مختلف

۴- تقویت و تفکیک متناسب عوامل اندازه‌گیری جهت استفاده از خروجی ضعیف و فرکانس بالا

۵- تصحیح خطای حسگر در محل اندازه‌گیری و جبران کالیبره کردن حسگر و سیگنال‌های واسط که موجب ساده شدن و بهبود ذخیره‌ی اطلاعات در یک PROM می‌شود.

«حسگرهای هوشمند»، در صورت همزمانی خطای اجرای برنامه و پارازیت تبدیل سیگنال‌های آنالوگ به دیجیتال، می‌توانند تقریباً بدون اشتباه، با تأثیر گذاشتن بر مدل محاسباتی حسگر، داده‌ی قابل تغییر و مورد نیاز را برآورد کنند (معادله‌ی



شکل ۱۲-۲- الگوی تصحیح و خطا در حسگر هوشمند

فوق‌الذکر فشرده می‌شوند و برای ذخیره‌سازی وقایع پیچیده، فضای مناسبی را ایجاد می‌کنند. کاربرد تعداد زیاد حسگر افزایش ضریب اطمینان را در اندازه‌گیری امکان‌پذیر نمی‌کند ولی موجب می‌شود تغییرات در مقادیر اندازه‌گیری شده (خروجی از منبع اصلی تولید) کاهش یابد.

اگر طراحی سیستم به گونه‌ای باشد که از چند حسگر با دامنه‌ی اندازه‌گیری مختلف، در یک زمان، جهت نمونه برداری استفاده گردد، می‌توان با این روش، دقت اندازه‌گیری را افزایش و درصد خطا را به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد.

از پارامترها، با الگوی مخصوص، دربرآورد مقدار ذخیره‌سازی استفاده می‌شود و موجب ثبت یک مقدار متغیر پردازش شده را، که همانند با کالیبراسیون است، در مکان طراحی شده برای حسگر داخل PROM ثبت می‌کند (شکل ۱۲-۲).

در این روش، توسط معادلات دیفرانسیل، هر یک از مقادیر ثبت شده ارزش‌یابی می‌شوند و اصلاح ویژگی‌های استاتیک و دینامیک آن‌ها در سطح وسیعی امکان‌پذیر است.

مدارات الکترونیکی با ساختار چند حسگری (متشکل از تعدادی حسگر مشابه یا متمایز) با استفاده از روش پردازش

ترمز، فشار فنر بادی، فشار چرخ، فشار ضربه گیر، فشار مخزن هیدرولیک، فشار در کولرگازی و تهویه مطبوع، فشار در سیلندر اصلی و فرعی تقسیم ترمز، فشار محفظه احتراق، فشار ریل سوخت و ...

هـ: حسگر گشتاور و نیرو شامل نیروی دمپینگ در سیستم تعلیق اتوماتیک، محافظت از دستان در سقف‌های اتوماتیک خودرو و ...

و: حسگر دبی: شامل جریان هوا در منیفولد

ز: حسگرهای دما: شامل، کالیبر ترمز، دمای سوخت،

باتری، هوای چرخ، مایع خنک‌کاری، روغن، کابین سرنشین

ح: دیگر حسگرها شامل رطوبت، گرد و غبار، باران،

تصویر و ...

به‌طور کلی حسگرها را، با توجه به متغیرهای فیزیکی اندازه‌گیری شده در خودرو، می‌توان به صورت‌های زیر نشان داد.

الف: حسگرهای موقعیت (جابه‌جایی و زاویه) شامل حسگرهای دریچه‌ی گاز، پدال، موقعیت آینه‌ها، صندلی، سطح سوخت، جابه‌جایی کلاچ سرو، فاصله مانع، فرمان، زاویه چرخ و ...

ب: حسگر سرعت و دور شامل سرعت دورانی حول محور عمودی Yaw، دور میل‌لنگ، دور میل بادامک، دور چرخ‌ها (در ABS)، پمپ تزریق سوخت در دیزل و ...

ج: حسگرهای شتاب و ارتعاش شامل ضربه، کیسه هوا کمربند ایمنی، حسگر به‌کار رفته در سیستم ضد قفل ترمز و ...

د: حسگر فشار: شامل فشار منیفولد ورودی، فشار

۲- انواع حسگر

اندازه‌گیری حسگرهای تشخیص جابه‌جایی، جهت فواصل، دامنه‌ای بزرگ‌تر از ($\geq 1\text{ mm}$) و زوایای ($\geq 1^\circ$) دارد. برای درک بهتر مشخصات هر یک از مواضع واقعی اندازه‌گیری جدول‌های ۲-۱ و ۲-۲ را مطالعه نمایید.

جدول ۲-۱- تغییرات جابه‌جایی یا زاویه با اندازه‌گیری مستقیم	
دامنه‌ی اندازه‌گیری	نوع متغیر
90°	زاویه‌ی دریچه‌ی گاز در موتورهای SI
30°	موقعیت پدال گاز / پدال ترمز
-	موقعیت صندلی، چراغ جلو، آینه
21 mm	موقعیت میل شانه گاز در پمپ اژکتور خطی
60°	زاویه‌ی نشست سوخت پاش روی پمپ
20 - 50 cm	اژکتور آسیابی
15 m	سطح سوخت داخل باک
50 mm	فاصله‌ی مابین دو خودرو از مانع
50 mm	مسیر حرکت عملگر کلاچ
$\pm 2 \times 360^\circ$	زاویه‌ی فلکه فرمان
360°	زاویه‌ی مسیر حرکت خودرو

۲-۱- حسگرهای تشخیص موقعیت (جابه‌جایی/ زاویه)

این حسگرها اشکال مختلف موقعیت جابه‌جایی و زاویه را ثبت می‌کنند و بیش‌ترین کاربرد را در وسایل نقلیه دارند. به دلیل کاربرد طولانی مدت این نوع حسگرها در خودرو، این قطعات تغییرات و تکامل زیادی یافته‌اند.

این حسگرها ضد سایش‌اند. بنابراین، از دوام بالا و قابلیت اطمینان بیش‌تری برخوردارند و غالباً کارخانه‌های تولید وسایل نقلیه از این نوع حسگرها در نقاط مختلف خودرو استفاده می‌کنند.

کیفیت اندازه‌گیری و ابعاد حسگرها به یکدیگر وابسته‌اند و این نوع حسگرها فقط برای مقادیر حدی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

روش طبقه‌بندی مورد استفاده در این بخش مبتنی بر اصول اندازه‌گیری و مقدار شدت تغییر مکان یا حرکت لحظه‌ای است و این حسگرها برای اندازه‌گیری مقادیر نیرو، گشتاور و شتاب که در حد میکرو است کاربرد ندارند.

الکترومغناطیسی

- داشتن دامنه‌ی وسیع حرارتی (تا 250°C)
- داشتن دقت بالا یا درصد خطای پایین (۱٪ در کل دامنه‌ی اندازه‌گیری)
- برخورداری از دامنه‌ی حرکت زیاد (تقریباً تا 360° درجه)
- داشتن قابلیت طراحی و نصب قطعه‌ی اضافی به آن
- داشتن امکان کالیبراسیون
- برخورداری از مشخصات قابل انعطاف (عرض متغیر

دامنه‌ی اندازه‌گیری	نوع متغیر
25mm	تغییر مکان فنر (ارتفاع چراغ جلو، انحراف محور طولی خودرو نسبت به راستای افق)
4° — 1°	زاویه‌ی پیچش (گشتاور)
90° — 30°	انحراف صفحه‌ی حسگر جریان سنج هوا
1mm — 0.5°	انحراف حسگر شتاب
10m	فاصله با دامنه، نزدیک (سیستم پارک کمکی)
100m	دوربین مادون قرمز با دامنه‌ی کوچک و بزرگ

نوار رسانا

- داشتن سهولت در تجمع (اجزا)
- برخورداری از تولیدهای متنوع و گوناگون
- فرآورده‌ای با قابلیت نمونه‌سازی سریع
- معایب حسگرهای نوع پتانسیومتری عبارت‌اند از:
 - داشتن فرسایش مکانیکی
 - داشتن خطا در اندازه‌گیری (به سبب ذرات حاصل شده از سایش)
 - داشتن شرایط مشکل محیطی (کار کردن در سوخت)
 - امکان تغییر در مقاومت تماس بین جاروبک و مسیراندازه‌گیری
 - جدا شدن جاروبک در اثر تغییرات شدید شتاب حرکتی (منفی یا مثبت)
 - داشتن هزینه‌ی بالای آزمایش
 - داشتن محدودیت در مینیاتورسازی
 - داشتن نویز (ارتعاش)
- مثال‌هایی از کاربرد حسگر نوع پتانسیومتری عبارت‌اند از:
 - موقعیت دریچه‌ی گاز
 - پدال گاز - مدول پدال گاز
 - سطح سوخت داخل باک

۲-۲- حسگر با القای مغناطیسی

حسگرهای نوع پتانسیومتری: در پتانسیومتر نوع

جاروبکی (شکل ۱۳-۲) اندازه‌گیری، توسط مطابقت مابین طول معین از یک سیم یا نوار مقاومتی (از جنس سرمت^۱ یا پلاستیک با قابلیت هدایت) و مقاومت کل، صورت می‌گیرد.

در حال حاضر، این نوع حسگرها پایین‌ترین قیمت را برای جابه‌جایی یا زاویه دارند. همیشه، از طریق مقدار ولتاژ عبوری مابین نوار با مقاومت کم و مقاومت RV، می‌توان مقاومت را اندازه‌گیری کرد و کالیبراسیون نقطه‌ی صفر را تعیین نمود.

حسگرهای نوع پتانسیومتری دارای جاروبک در سه طرح «قاشقی»، «تیغه‌ای» و «زغالی» هستند و فرم منحنی نوار مقاومتی هر یک از آن‌ها متأثر از شکل مقطع نوارند.

اتصال نوع جاروبکی همیشه به صورت دوتایی است و در تماس با مسیر متفاوت در مقاومت (رسانا و مقاومت‌دار) طراحی می‌گردد و بار الکتریکی انتقالی آن، در اثر فرسایش یا پوشیده شدن سطح تماس با مواد زاید، کاهش می‌یابد.

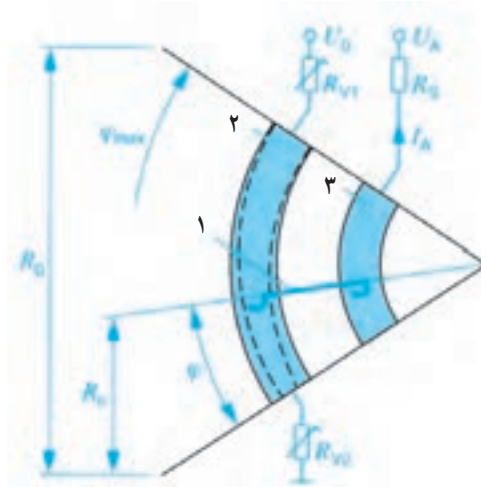
مزایای حسگر نوع پتانسیومتری عبارت‌اند از:

- داشتن قیمت پایین
- داشتن طراحی ساده
- نیاز نداشتن به مدار الکترونیکی
- داشتن دامنه‌ی اندازه‌گیری بالا (ولتاژ تغذیه زیاد)
- برخورداری از سطح بالای مصونیت در مقابل امواج

۱- cermet: واژه‌ای برای آلیاژ سرامیک - فلز. سرمت مخلوطی از پودر یک فلز گران‌بها مانند پالادیم با پودر شیشه و یک چسب فزاز است، که به صورت پوسته‌ی ضخیم

رسانا روی بستری سرامیکی قرار داده می‌گیرد و سپس با پخت کوره‌ای سخت می‌شود. عناصر مقاومتی سرمتی در ساخت انواع مختلف مقاومت‌ها و پتانسیومترها به کار می‌روند.

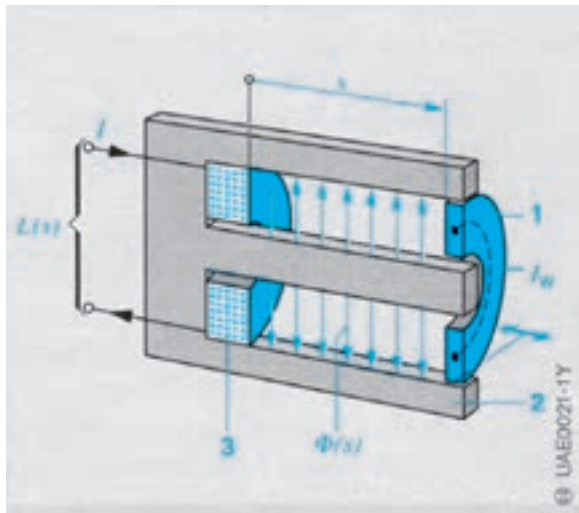
- ۱- جاروبک
- ۲- نوار مقاوم
- ۳- نوار رسانا
- I_A - جریان جاروبک
- U_O ولتاژ تغذیه
- U_A ولتاژ اندازه‌گیری
- R مقاومت
- ϕ_{max} حداکثر زاویه پیچش
- ϕ زاویه اندازه‌گیری



شکل ۱۳-۲ پتانسیومتر نوع جاروبکی

حرکت خطی به کار برد.
به‌طور خلاصه حسگرهای مجاورتی القایی مغناطیسی به

حسگرهای مغناطیسی، از میان انواع گوناگون حسگرهای مجاورتی و بدون تماس (جهت اندازه‌گیری موقعیت) بیش‌ترین پایداری و عدم حساسیت نسبت به تداخل را دارند و اصول عملکرد آن‌ها بر مبنای جریان متناوب (القای مغناطیسی) استوار است.



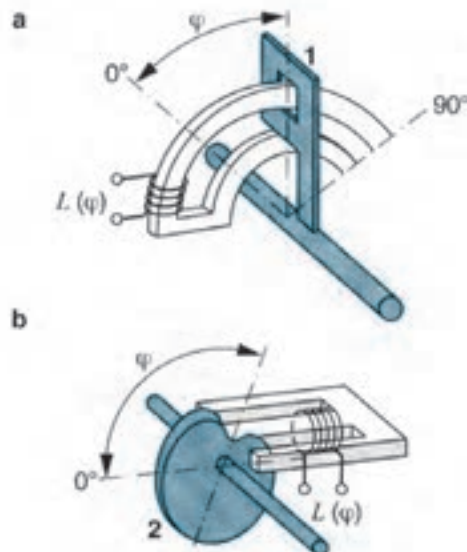
شکل ۱۴-۲ حسگر با حلقه‌ی اتصال کوتاه

- ۱- حلقه‌ی اتصال کوتاه
- ۲- هسته‌ی آهن‌ربای نرم
- ۳- سیم پیچ
- I جریان
- I_w جریان گردابی **Eddy current**
- $I(s)$ ظرفیت القایی
- $\Phi(S)$ حوزده‌ی مغناطیسی برای اندازه‌گیری مسیر S

در مقایسه با حسگرهای میکرومکانیکال، پیکربندی و شکل سیم پیچ به فضای فوق‌العاده زیادی احتیاج دارد و این مسئله امکان طراحی مناسب را کاهش می‌دهد. به علاوه سیم پیچ‌ها از لحاظ ضریب اطمینان و قیمت، جایگاه مطلوبی را ندارند.

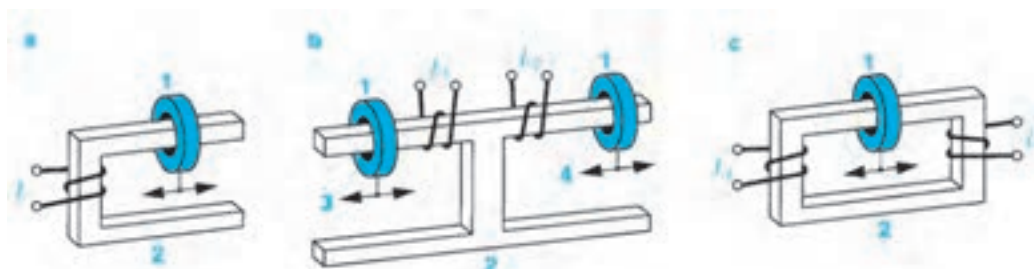
این حسگرها به صورت تک سیم پیچ یا دو سیم پیچ اند و سیم پیچ دوم باعث تعادل می‌گردد (انواع این حسگر در شکل‌های ۲-۱۴، ۲-۱۵ و ۲-۱۶ آمده است)

سیم پیچ با جریان AC و با فرکانس بالا فعال می‌شود و خطوط شار مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ از سطح جسم رسانای الکتریسیته، که به شکل دیسک، حلقه و یا استوانه است، عبور می‌کند و به ایجاد جریان گردابی (Eddy-current) در سطح آن‌ها می‌انجامد. تغییر فاصله‌ی مکانی جسم رسانای الکتریسیته نسبت به سیم پیچ باعث می‌شود جریان گردابی و امپدانس در سیم پیچ تغییر کند و در ولتاژ عبوری از آن نوسان تولید نماید. این تغییر در دامنه‌ی ولتاژ برای اندازه‌گیری به کار می‌رود. حسگرهای القایی را می‌توان جهت اندازه‌گیری زوایا یا



- a- حسگر با حلقه‌ی اتصال کوتاه
- b- با دیسک اتصال کوتاه
- ۱- رینگ اتصال کوتاه
- ۲- دیسک اتصال کوتاه
- $L(\varphi)$ - ظرفیت القایی
- φ - زاویه‌ی اندازه‌گیری

شکل ۱۵-۲- حسگر موقعیت زوایا با حلقه‌ی اتصال کوتاه (القای مغناطیسی)



- a- نوع تکی
- b- نوع نیمه دیفرانسیلی
- c- نوع تمام دیفرانسیلی
- ۱- حلقه‌ی اتصال کوتاه
- ۲- هسته
- ۳- سیستم اندازه‌گیری
- ۴- سیستم مرجع (کالیبراسیون)
- L - ظرفیت القایی

شکل ۱۶-۲- حسگر اندازه‌گیر طولی با حلقه‌ی اتصال کوتاه

هال، مقاومت مغناطیسی و تمرکز مغناطیسی اشاره کرد. ۲-۲-۲- اثر هال (Hall effect): اگر ماده‌ی نیمه رسانا حامل جریان در یک میدان مغناطیسی عمود بر جریان عبوری قرار گیرد ولتاژی در عرض نیمه رسانا تولید می‌شود که به آن «اثر هال» گفته می‌شود. انحراف الکترون‌ها در اثر میدان مغناطیسی و تجمع الکترون‌ها در یک لبه و کم‌بود آن‌ها در طرف مقابل، به نداشتن تعادل و به وجود آمدن ولتاژ هال منجر می‌شود (شکل ۱۷-۲).

کاربرد/ اثر هال

سه نوع تقسیم می‌شوند: ۱- نوع جریان گردابی ۲- نوع حلقه‌ی اتصال کوتاه ۳- حسگر هالا

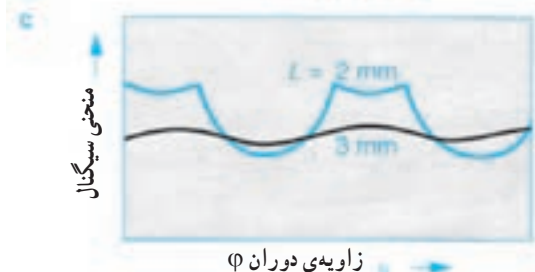
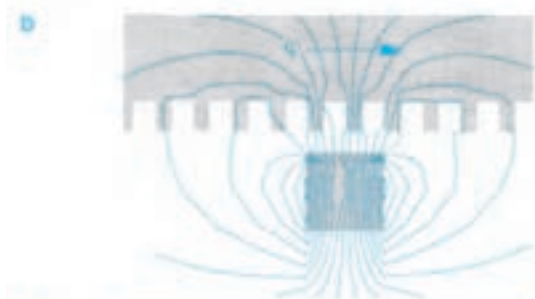
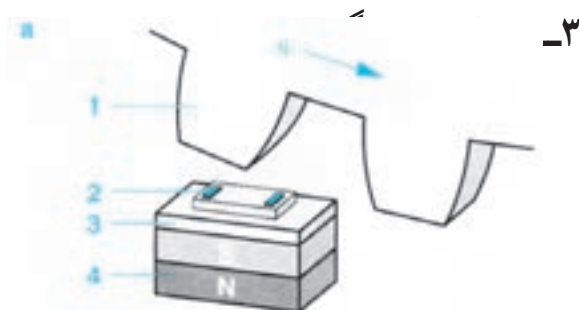
۱-۲-۲- حسگرهای مگنتواستاتیک^۱: حسگرهای مگنتواستاتیک میدان مغناطیسی DC را اندازه‌گیری می‌کنند (اثر هال، گاوس) در مقایسه با حسگرهای القایی با سیم پیچ، این قطعات برای مینیاتورسازی متناسب‌ترند و می‌توان آن‌ها را با هزینه‌ای مناسب توسط تکنولوژی میکروسیستم تولید نمود.

۲-۲-۲- حسگرهای گالوانو مگنتیک: در این حسگرها میدان مغناطیسی به یک سیگنال الکتریکی تبدیل و تغییر شکل می‌یابد. از موارد کاربردی گالوانو مگنتیک می‌توان به ولتاژ

۱- magnetostatic: خواص مغناطیسی‌ای است که به حرکت میدان‌های مغناطیسی بستگی ندارد.

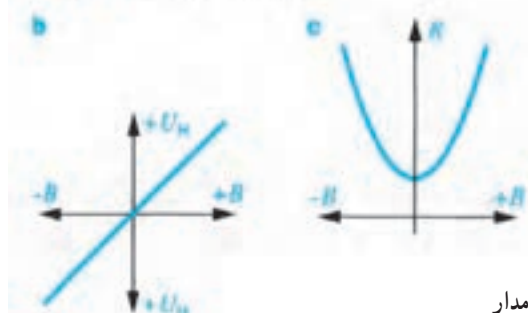
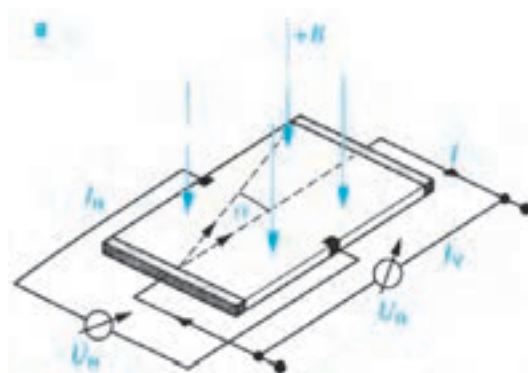
فاصله‌ی هوایی، بین روتور و حسگر است. سیگنال‌های خروجی این حسگرها را نمی‌توان در واقعیت، از مقدار مطلق شدت میدان مغناطیسی مستقل دانست (نام عمومی این قطعات حسگرهای گرادیان است). این قطعات بیش‌ترین استفاده را جهت اندازه‌گیری سرعت دورانی دارند و برای دست‌یابی به سیگنال خروجی مطلوب دو حسگر روی لبه‌ی تراشه و در فاصله‌ی تقریباً نصف فاصله‌ی دندانه‌های روتور قرار می‌گیرند. (شکل ۱۸-۲)

هر چه مقدار فاصله‌ی هوایی کم‌تر باشد کیفیت سیگنال خروجی بهتر خواهد بود.



- ۱- روتور
۲- IC اثر هال دیفرانسیلی
۳- ویفر هموزنیزه (آهن نرم)
۴- آهن ربای دائم
- a- طرح و ساختمان
b- شدت میدان مغناطیسی
c- منحنی سیگنال برای فاصله‌ی هوایی با عرض L

شکل ۱۸-۲- حسگر اثر هال دیفرانسیلی



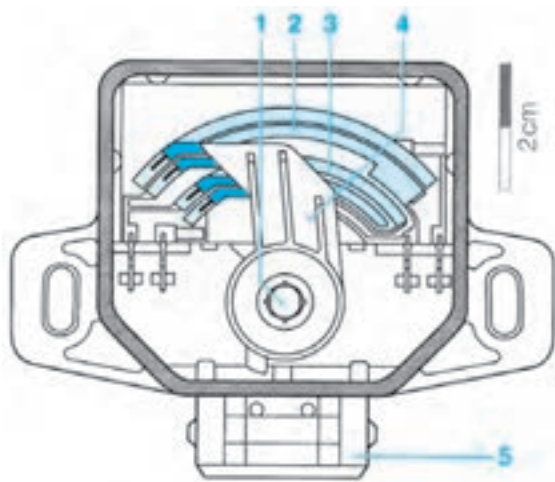
- a- مدار
b- نمودار ولتاژ عمل U_H
c- افزایش مقاومت ویفر R (اثر گاوس)
B- القای مغناطیسی
I- جریان ویفر
 I_H - جریان هال
 I_V - جریان تغذیه
 U_R - ولتاژ طولی
 α - انحراف الکترون‌ها در اثر میدان مغناطیسی

شکل ۱۷-۲- اثر گالوانومگنتیک (هال)

الف) سوئیچ هال: با استفاده از یک مولد هال و تقویت آن روی تراشه و کنترل ولتاژ و یک اشمیت تریگر^۱ می‌توان عملکرد یک سوئیچ را ایجاد کرد. هم‌چنین می‌توان از این اثر در ساخت حسگرهای اندازه‌گیری جابه‌جایی، سرعت و زاویه استفاده نمود.

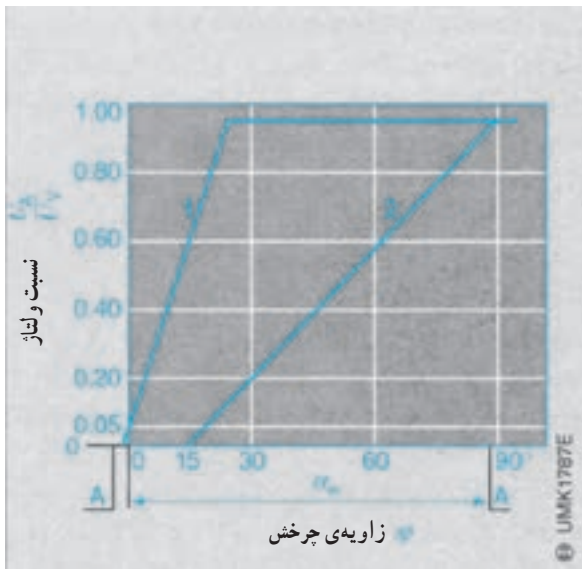
حسگرهای دیفرانسیلی اثر هال: اگر دو سیستم کامل هال روی یک تراشه و در یک فاصله معین قرار داشته باشند، مدار الکترونیک اختلاف ولتاژهای هال مابین آن‌ها را ارزیابی می‌کند. حسگرهای دیفرانسیلی اثر هال فقط تغییر القای مغناطیسی را ثبت می‌کند و پلاریته‌ی سیگنال خروجی آن‌ها نیز مستقل از

۱- اشمیت تریگر: مدار فرمانی است که سیگنال ورودی AC را به عملکرد سوئیچینگ و سیگنال خروجی موج مربعی تبدیل می‌کند.



- ۱- محور دریچه‌ی گاز
- ۲- نوار ۱ مقاومت
- ۳- نوار ۲ مقاومت
- ۴- بازو و جاروبک آن
- ۵- اتصال الکتریکی (چهار سیمه)

شکل ۱۹-۲- حسگر دریچه‌ی گاز



زاویه‌ی چرخش

A- ایست داخلی

- ۱- منحنی برای دقت زیاد دامنه‌ی زوایای ۲۳° ... °
 - ۲- منحنی برای دامنه‌ی زوایای ۸۸° ... ۱۵°
- U_0 - ولتاژ تغذیه
- u_A - ولتاژ اندازه‌گیری شده
- u_V - ولتاژ کاری
- a_w - زاویه‌ی اندازه‌گیری شده‌ی مؤثر

شکل ۲۰-۲- حسگر دریچه‌ی گاز با دو منحنی

۱-۳-۲- حسگر دریچه‌ی گاز : از حسگر دریچه‌ی

گاز برای ثبت زوایای چرخش دریچه‌ی گاز موتورهای بنزینی استفاده می‌شود (شکل ۱۹-۲). از دیگر موارد کاربرد آن می‌توان به وظیفه‌ی تعیین اطلاعات مستمر برای شناسایی دامنه‌ی عملکرد موتور (دور آرام، بخش بار)، حالت واماندگی اولیه (سکته داشتن) و ارسال سیگنال اضطراری اشاره کرد. در حسگرهای دریچه‌ی گاز، که به عنوان حسگر بار موتور مورد استفاده قرار می‌گیرند، برای دستیابی به دقت مورد لزوم از دو پتانسیومتر جهت اندازه‌گیری بهره گرفته می‌شود.

طراحی و نحوه‌ی عملکرد: حسگر دریچه‌ی گاز یک

پتانسیومتر از نوع حسگر زاویه‌سنج با یک یا دو نوار مقاومتی منحنی شکل است. بازوی جاروبک به صورت مکانیکی از یک طرف به محور دریچه‌ی گاز و از طرف دیگر به ترتیب خاصی به زغال‌های لغزنده به نوارهای مقاومتی پتانسیومتر متصل است.

در عمل پردازش، مقدار چرخش محور دریچه‌ی گاز به

نسبت ولتاژ $\frac{U_A}{U_V}$ و متناسب با زاویه‌ی چرخش تبدیل می‌شود

(شکل ۲۰-۲) و ولتاژ عملکردی ۵۷ است.

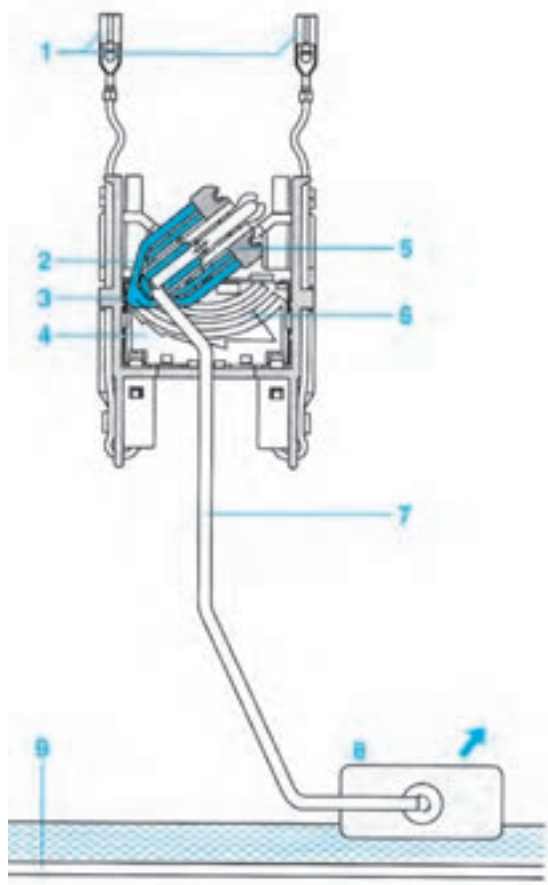
پتانسیومتر دو نوار مقاومتی دارد، با این توضیح که مدار نوار دوم همیشه از طریق اتصال الکتریکی جاروبک کامل می‌شود. این نوار مقاومتی دارای سطح و شکل یکسان با نوار اول است ولی از مواد رسانا با مقاومت پایین و به صورت چایی تشکیل شده است (شکل‌های ۱۹-۲ و ۲۰-۲). جهت محافظت در مقابل بار بیش از حد ولتاژ عبوری و ایجاد نقطه‌ی صفر و کالیبراسیون، مقاومت کوچکی به‌طور سری با نوارهای مقاومتی در مدار نصب می‌شود. تغییر مقاومت در پتانسیومتر را می‌توان با ایجاد شکل ویژه‌ای برای نوار مقاومتی که به صورت تغییر عرض در سراسر نوار یا در بخش‌هایی از آن به‌وجود آورد.

۲-۳-۲- حسگر سطح سوخت : کار این حسگر ثبت

۲۳-۲) شامل یک پتانسیومتر با جاروبک فنری، رسانای چایی یا اتصال زوجی، صفحه‌ی مقاومت (فیبر مدار چایی) و اتصالات الکتریکی بوده است. این قطعه داخل محفظه‌ای مقاوم و آب‌بندی (نسبت به سوخت) قرار دارد.

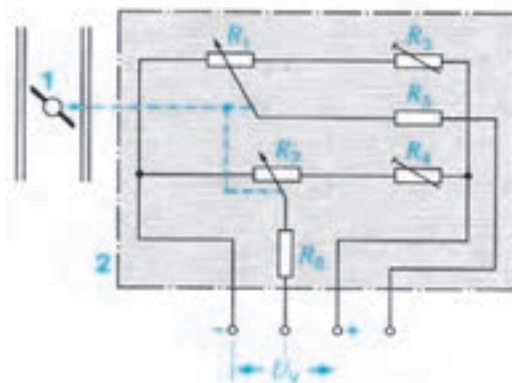
اهرم جاروبک، که قابلیت حرکت چرخشی دارد، از یک انتها به شناور و از طرف دیگر به محور پتانسیومتر متصل است. شناور را می‌توان در دو وضعیت ثابت یا گردش به حالت آزاد روی اهرم شناور نصب کرد. طرح تخته‌ی مقاومت (فیبر مدار چایی) و شکل اهرم شناور و شناور با طراحی مخصوص باک سوخت متناسب است.

نحوه‌ی عملکرد: جاروبک فنری پتانسیومتر به وسیله‌ی



- ۱- اتصالات الکتریکی
- ۲- فنر جاروبک
- ۳- اتصال پرچی
- ۴- صفحه‌ی مقاومت
- ۵- پین
- ۶- اتصال زوجی
- ۷- اهرم شناور
- ۸- شناور
- ۹- کف باک بنزین

شکل ۲۳-۲ حسگر سنجش سوخت



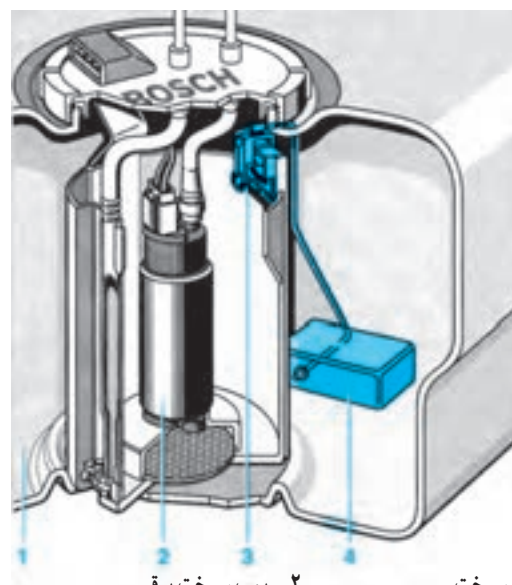
- ۱- دریچه‌ی گاز
- ۲- حسگر دریچه‌ی گاز
- U_A - ولتاژ اندازه‌گیری شده
- R_1 و R_2 - نوارهای مقاومت ۱ و ۲
- R_3 و R_4 - مقاومت کالیبراسیون (واسنجی)
- R_0 و R_6 - مقاومت حفاظتی

شکل ۲۱-۲ حسگر دریچه‌ی گاز (مدار)

میزان سطح سوخت داخل باک و ارسال سیگنال مقتضی به واحد کنترل الکترونیکی (Ecu) یا صفحه‌ی نشان دهنده‌های خودرو است.

واحد باک شامل پمپ الکتریکی، فیلتر سوخت و حسگر است. این مجموعه داخل باک نصب می‌شود و علاوه بر ارسال سیگنال میزان سطح سوخت، سوخت تمیز را برای موتور تأمین می‌کند (شکل ۲۲-۲).

ساختمان حسگر: حسگر میزان سطح سوخت (شکل



- ۱- باک سوخت
- ۲- پمپ سوخت برقی
- ۳- حسگر میزان سطح سوخت
- ۴- شناور
- شکل ۲۲-۲ حسگر میزان سطح سوخت

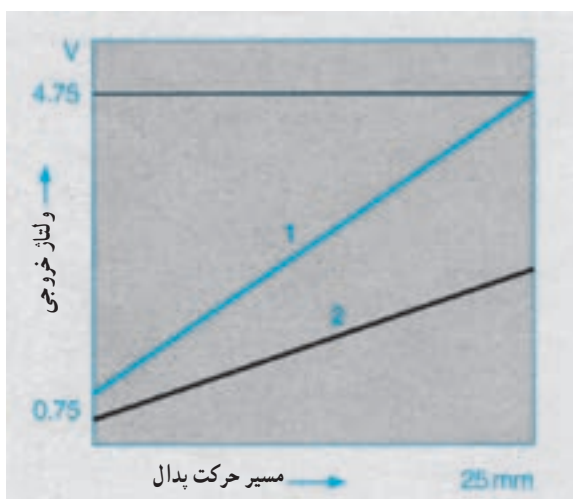
هر مدول پدال گاز (شکل های b - ۲۲۵ و c - ۲۲۵) دارای حسگر پدال گاز منحصر به فردی است (شکل a - ۲۲۵) و این مدول ها در موقع نصب روی خودرو، به تنظیم اولیه نیاز ندارند.

حسگر پدال گاز نوع پتانسیومتری: قلب این حسگر پتانسیومتر است که وضعیت های عملکرد پدال گاز را با افزایش ولتاژ عبوری مشخص می کند و در واحد کنترل الکتریکی (Ecu) برنامه ی ویژه ای به کار رفته است، که در آن دستور محاسبه ی زاویه ی استقرار با مسیر پدال گاز از طریق ولتاژ میسر می گردد. یک نسخه از حسگر پدال گاز دارای یک پتانسیومتر ثانویه می باشد این حسگر ثانویه بخشی از سیستم پایش^۱ است. و قابلیت دارد عملکرد نامطلوب را در مدیریت موتور تشخیص دهد. ولتاژ عبوری از پتانسیومتر ثانویه نصف ولتاژ عبوری از پتانسیومتر اولیه است و این سیگنال مستقل عیب یابی را میسر می سازد (شکل ۲۲۴).

در نسخه ی دیگر حسگر پدال گاز پتانسیومتر ثانویه دارای یک سوئیچ دور آرام است که امکان ارسال یک سیگنال برای واحد کنترل الکتریکی (Ecu) را، وقتی پدال گاز در وضعیت دور آرام است، ایجاد می کند. برای خودروهای مجهز به سیستم انتقال قدرت اتوماتیک،

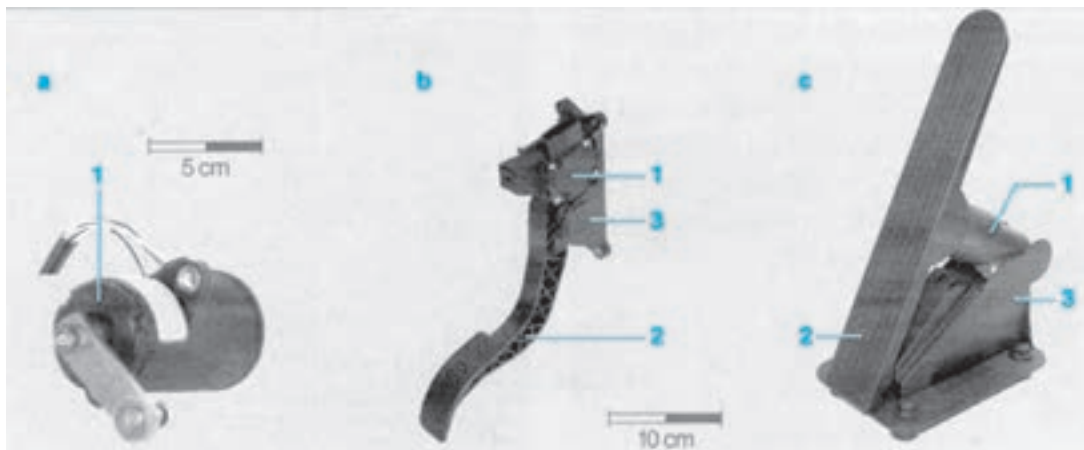
یک پین به اهرم شناور ثابت می شود و از طریق اتصال مخصوصی به شکل پرچ با جاروبک فنی و نوارهای مقاومتی پتانسیومتر در ارتباط است. وقتی اهرم شناور جاروبک ها را در مسیر نوارها حرکت می دهد، متناسب با هر کدام از زوایای چرخش شناور یک نسبت ولتاژ تولید می گردد. حداکثر دامنه ی چرخش 100° و ولتاژ عملکردی بین ۵ تا ۱۳ ولت است.

۳-۳-۲- حسگر پدال گاز: به طور معمول در سیستم مدیریت موتور انتقال درخواست راننده برای شتاب دهی، سرعت ثابت یا کاهش سرعت موتور به وسیله ی کاربرد پدال گاز و تأثیر آن از طریق مکانیکی روی دریچه ی گاز موتورهای بنزینی و یا پمپ سوخت پاش (پمپ اژکتور) در موتورهای دیزل صورت می پذیرد. معمولاً ارتباط از پدال گاز به دریچه ی گاز یا پمپ سوخت پاش اژکتور به وسیله ی کابل کنترل یا اهرم بندی انجام می گیرد ولی امروزه کابل کنترل یا اهرم بندی در سیستم مدیریت موتور الکترونیکی جای گزین دارد. در نتیجه خروجی پدال گاز راننده به Ecu به وسیله ی حسگر پدال گاز انجام می شود و هر حرکت یا زاویه ی استقرار پدال گاز را ثبت و به Ecu موتور یک سیگنال الکتریکی ارسال می کند. این سیستم، به عنوان «drive-by-wire» (فرمان به وسیله ی سیم) شناخته می شود.



شکل ۲۲۴- منحنی مشخصه ی یک حسگر پدال گاز با پتانسیومتر ثانویه

- ۱- پتانسیومتر ۱- (پتانسیومتر اصلی)
۲- پتانسیومتر ۲ (۵/۰ ولتاژ)



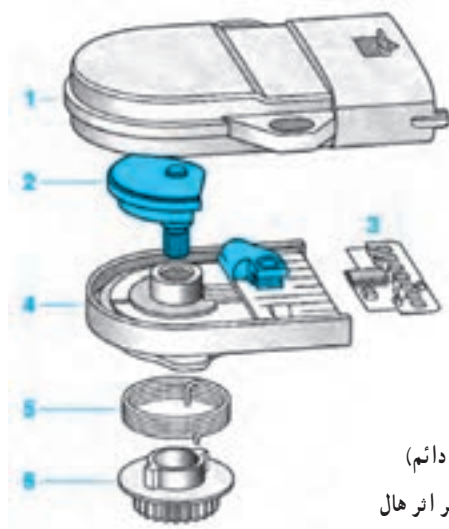
- ۱- حسگر
- ۲- پدال گاز
- ۳- پایه‌ی پدال

- a- حسگر پدال گاز
- b- پدال گاز معلق
- c- پدال گاز مستقر در کف

شکل ۲۵-۲- نسخه‌های حسگر پدال گاز

هال را اندکی خارج از مرکز قوس (و با زاویه‌ی چرخش بیش‌تر از 18°) قرار می‌دهند، ضمن این‌که نصب این حسگر در داخل مدول گاز به صورت مناسب امکان‌پذیر است.

۴-۳-۲- حسگر زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان : برنامه‌ی



- ۱- کاور
- ۲- روتور (آهن‌ربای دائم)
- ۳- سنسچر و حسگر اثر هال
- ۴- پوسته‌ی اصلی
- ۵- فنر برگشت
- ۶- دنده‌ی واسط

شکل ۲۶-۲- حسگر زاویه‌ی چرخش اثر هال

جهت ارسال سیگنال دنده‌ی معکوس، می‌توان از یک سوئیچ اضافی استفاده نمود.

حسگر زاویه‌ی چرخش اثر هال : اصول عملکرد حسگر

زاویه‌ی چرخش بر مبنای حرکت مغناطیسی می‌باشد و دامنه‌ی اندازه‌گیری تقریباً 90° است (شکل‌های ۲-۲۶ و ۲-۲۷).

نوع اول : یک روتور دیسکی از آهن‌ربای دائم و به شکل

نیم دایره (شکل ۲-۲۷ شماره‌ی ۱) حوزة‌ی مغناطیسی تولید شده را، از طریق قطب کشکی (۲) و المنت رسانای آهن‌ربای نرم (۳) و شفت (۴) به روتور برگشت می‌دهد.

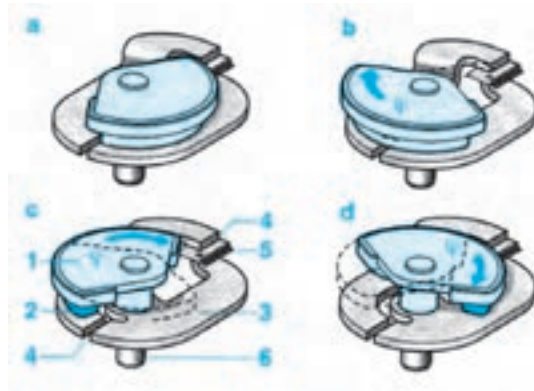
پردازش مقدار میدان برگشتی از طریق المنت رسانا، زاویه‌ی چرخش φ روتور را مشخص می‌کند و در آن‌جا یک حسگر اثر هال (۵) در مسیر حرکت مغناطیس المنت رسانا وجود دارد که امکان تولید یک منحنی ویژه‌ی خطی و عملی را برای تمام دامنه‌ی اندازه‌گیری ایجاد می‌نماید.

نوع دوم : با نوع اول طراحی یکسانی دارد ولی بدون

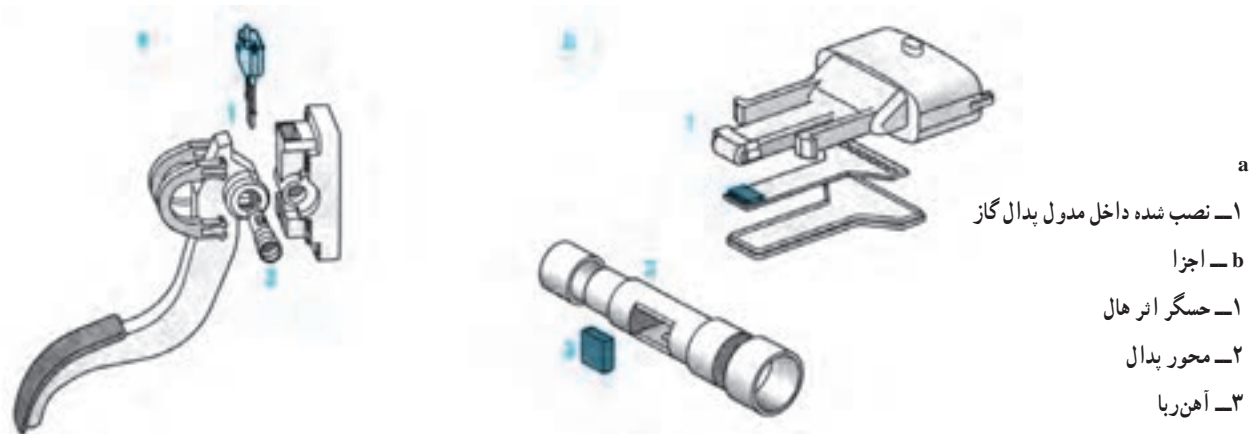
المنت رسانای آهن‌ربای دائم است. یک آهن‌ربا دور حسگر اثر هال چرخش می‌کند و مسیر طی شده توسط آن یک قوس دایره‌ای شکل است (شکل ۲-۲۸).

جهت تبدیل منحنی سینوسی به حالت خطی، حسگر اثر

- ۱- روتور (آهنربای دائم)
- ۲- کفشک
- ۳- المنت رسانا
- ۴- فاصله‌ی هوایی
- ۵- حسگر اثر هال
- ۶- شفت (آهنربای نرم)
- ۷- زاویه‌ی گردش



شکل ۲۷-۲- حسگر زاویه‌ی چرخش اثر هال



شکل ۲۸-۲- حسگر زاویه‌ی چرخش

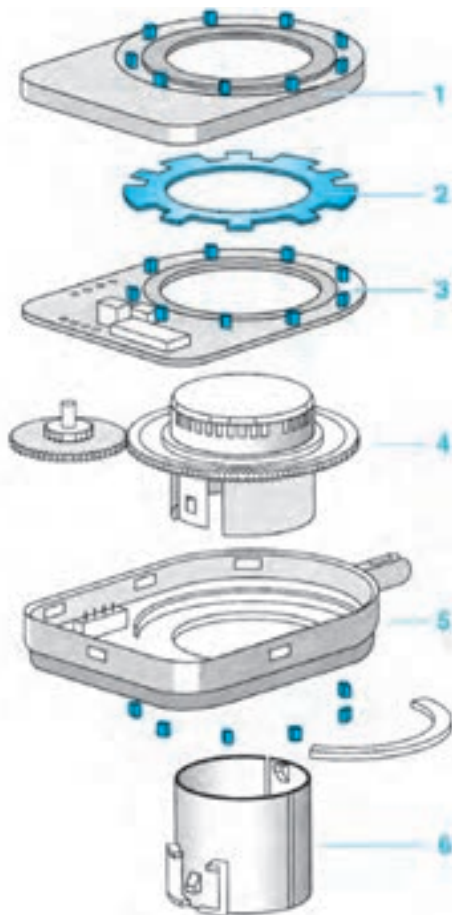
در حالت ایده‌آل و یا به صورت خودکار انجام می‌دهند، توصیه می‌شود. بنابراین، اندازه‌گیری مقادیر فوق‌الذکر با استفاده از حسگرهایی که بر مبنای اصول پتانسیومتر، ثبت کد نوری و اصول مغناطیسی کار می‌کنند، امکان‌پذیر است.

باید در نظر داشت مقدار چرخش فلکه‌ی فرمان یک خودروی سواری $\pm 72^\circ$ است که مساوی با چهار دور گردش فلکه‌ی فرمان است. معمولاً حسگرهای زاویه‌ی گردش فقط می‌توانند حداکثر تا زاویه‌ی 36° را اندازه‌گیری می‌کنند و این به آن معناست که برای این منظور از حسگرهایی می‌توان استفاده کرد که توانایی ثبت و ذخیره‌سازی داده‌ها و اطلاعات موقعیت واقعی فلکه‌ی فرمان را دارا باشند.

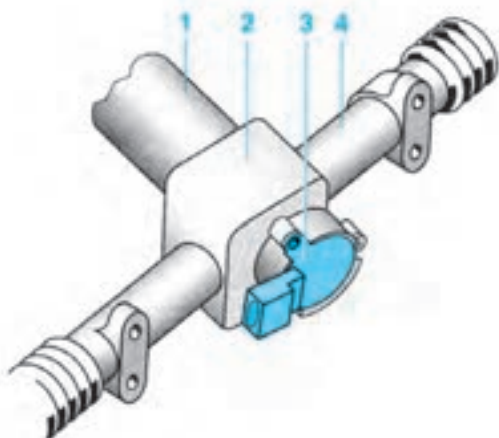
نحوه‌ی عملکرد: دو اندازه‌گیر مطلق برای بررسی تفاوت‌های دو مجموعه اطلاعات اندازه‌گیری در حسگرهای

پایداری الکترونیکی (Esp) با گزینش ترمز انفرادی چرخ‌ها دستور نگه‌داشتن خودرو را طی مسیر مطلوب و توسط راننده انتخاب می‌کند. در این کنترل، مقادیر زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان و فشار ترمزگیری یا حرکت چرخشی واقعی خودرو حول محور عمودی و سرعت خودرو مقایسه می‌شود و در صورت لزوم ترمز چرخ‌ها به صورت انفرادی به کار می‌افتند.

این مقایسه‌ی مقادیر برای نگهداری زاویه‌ی شناوری؛ یعنی انحراف مابین محور خودرو و میزان گردش واقعی خودرو، کم‌تر از یک مقدار حداقل تا رسیدن به یک محدوده‌ی فیزیکی مناسب از پایداری به منظور جلوگیری از ترمز کردن نامطلوب صورت می‌گیرد. به‌طور کلی تمام انواع حسگرهای زاویه‌ی چرخش برای ثبت زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان مناسب‌اند. ولی برای رعایت ایمنی بیش‌تر، فقط استفاده از انواعی که اندازه‌گیری را



- ۱- درپوش محافظه‌ی حسگر به همراه نه آهن‌ریبا با فاصله‌ی متقارن
 - ۲- دیسک - کد (از جنس آهن‌ریبا نرم)
 - ۳- فیبر مدار چاپی با نه سوئیچ اثر هال و میکروپروسسور
 - ۴- دنده تبدیل دور
 - ۵- پنج تیغه‌ی اثر هال باقی‌مانده
 - ۶- غلاف نگه‌دارنده‌ی لوله‌ی محافظ میل فرمان
- شکل ۲۹-۲- گسترده‌ی حسگر زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان



- ۱- لوله‌ی محافظ میل فرمان
- ۲- جعبه فرمان
- ۳- حسگر زاویه‌ی فلکه فرمان
- ۴- محافظه‌ی میل دنده‌ی شانه‌ای

شکل ۳۰-۲- حسگر زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان برای اتصال به انتهای میل فرمان

زاویه‌ی دوران مغناطیسی وجود دارد. این حسگرها برای زاویه‌ی فلکه فرمان به‌طور کامل و در سراسر محدوده‌ی حرکت فرمان و یا در هر لحظه از زمان دارای خروجی هستند.

۵-۳-۲- حسگرهای زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان با اثر

هال : در این حسگرها (شکل ۲۹-۲) ۱۴ تیغه‌ی سوئیچ اثر هال برای ثبت زاویه‌ی گردش فلکه‌ی فرمان وجود دارد. یک المنت اثر هال، حوزه‌ی مغناطیسی آهن‌ریبا هم‌جوار را می‌سنجد و یک دیسک - کد مغناطیسی که همراه با میل فرمان دوران می‌کند می‌تواند حوزه‌ی مغناطیسی ایجاد شده را شدیداً کاهش بدهد و یا آن را کاملاً قطع کند.

با این روش، نه حسگر اثر هال امکان به‌دست آوردن موقعیت‌های مختلف زوایای فلکه‌ی فرمان را در حالت دیجیتال ایجاد می‌نمایند و پنج حسگر اثر هال باقی‌مانده مخصوص ثبت دوران فلکه‌ی فرمان اند و این مقدار توسط دنده‌های موجود و با نسبت چهار به یک، نهایتاً تبدیل به زاویه‌ی 360° می‌گردد.

در داخل اولین مورد، که در شکل گسترده‌ی حسگر زاویه‌ی فلکه‌ی فرمان به نمایش درآمده، مشخص شده نه عدد آهن‌ریبا دائم است. (شکل ۲۹-۲ شماره‌ی ۱). این حسگرها در زمانی که به‌وسیله‌ی دیسک - کد، که از جنس آهن‌ریبا نرم است و با شفت اصلی جعبه فرمان در ارتباط است) مطابق تغییر مکان فلکه‌ی فرمان حرکت کرده و برای هر سوئیچ اثر هال به صورت انفرادی، مانند پرده‌ای حائل عمل می‌کند. سوئیچ‌های اثر هال که در زیر دیسک - کد قرار دارند، به همراه یک میکروپروسسور، اطلاعات موقعیت زوایا را به داده‌های کدگذاری شده‌ی هم‌ساز با سیستم CAN - Bus تبدیل می‌کنند.