



معاونت فنی و مهندسی

معرفی

فرمان برقی

سوزوکی کیزاشی

کلید مدرک : ۱۴۵۱۸

زمستان ۱۳۹۱



فهرست :

صفحه	عنوان
۲	مقدمه
۴	معرفی فرمان الکتریکی (EPS)
۵	نحوه عملکرد
۷	مزایای فرمان الکتریکی نسبت به فرمان هیدرولیکی
۸	اجزاء و محل قرارگیری سیستم فرمان برقی (EPS) در خودروی سوزوکی کیزاشی
۱۰	نقشه ارتباطی برقی در خودروی سوزوکی کیزاشی
۱۱	روند پردازش اطلاعات در (EPS)
۱۴	نحوه عملکرد شفت فرمان (EPS)
۱۵	اجزاء پنیون فرمان برقی (EPS)
۱۶	اصول عملکرد سنسور موقعیت فرمان یا گشتاور سنج

مقدمه ای بر سیستم فرمان

متعلقات فرمان روی اکسل جلو در سمت راست و یا چپ اتومبیل بسته می شود و توسط چرخهای جلو هدایت اتومبیل به دلخواه راننده صورت میگیرد. بدین معنی که حرکت غربیلک توسط راننده و میل اصلی فرمان به هزار خاری و میل های رابط فرمان و بعد به سگدست منتقل شده و در نتیجه حرکت رفت و برگشتی یا سمت چپ و راست غربیلک فرمان باعث گردش اتومبیل می شود. سیستم فرمان انواع گوناگونی دارد از جمله سیستم فرمان مکانیکی (دنده شانه ای و پینیون)، هیدرولیکی و الکتریکی که در این کتابچه به آنها می پردازیم.

امروزه پیشرفت های علمی و فنی در تمام زمینه ها تحقق یافته و این امر شامل صنایع خودرو سازی و صنایع وابسته نیز شده است. یکی از این صنایع و اجزای وابسته، قسمت فرمان خودرو است که وظیفه ی خطیر هدایت خودرو از طریق آن برای تغییر مسیر خودرو از سیستم فرمان استفاده می شود. لذا مجموعه ی تشکیل دهنده این سیستم نقش مهمی در خودرو به عهده دارد. معمول ترین این سیستم ها، سیستم دنده شانه ای و پینیون است، به طوری که پینیون حرکت دورانی داشته و دنده شانه ای حرکت خطی انجام می دهد. در این حال پینیون حرکت دورانی غربیلک فرمان را به دنده شانه ای انتقال داده، دنده شانه ای نیز حرکت خطی را از طریق مفصل ها به چرخ های خودرو انتقال می دهد



سیر تکاملی سیستم فرمان

یکی از پارامترهای موثر در انتخاب نوع خودرو در کشورهای توسعه یافته، راحتی چرخش غربیلک فرمان خودرو می باشد. این موضوع سازندگان خودرو را بر آن داشته است که جهت تسهیل در چرخش فرمان و به تبع آن کاهش خستگی راننده و همچنین افزایش ایمنی با فراهم کردن کنترل بهتر در جاده های خشن، یک سیستم هیدرولیکی به قسمت مکانیکی اضافه نمایند. معمولاً این سیستم جانبی به صورت کمکی عمل می نماید. یعنی وظیفه اصلی همچنان به عهده قسمت مکانیکی است معمولاً اجزای زیر به قسمت مکانیکی فرمان اضافه می شوند تا هیدرولیکی گردد:

پمپ هیدرولیک با مخزن روغن و چرخ تسمه ((شیرهای کنترل ، لوله های رابط سیلندر)) خودروهای سمند، پژو (شامل ۴۰۵، ۲۰۶، پارس) دارای فرمان هیدرولیک هستند.



سیستم هیدرولیکی فرمان جهت ایفای نقش از موتور خودرو استفاده می کند. بنابراین از بازده موتور کمی می کاهد، همچنین منجر به مصرف انرژی بیشتری می گردد.

علاوه بر آن، سیستم هیدرولیک به صورت مرکز آزاد عمل می کند. یعنی حتی در زمان هایی که خودرو به صورت مستقیم در حال حرکت بوده و هیچ انحرافی از مسیر ندارد ، باز هم این سیستم عمل می کند. این موارد سازندگان فرمان خودرو را بر آن داشت تا به دنبال سیستم های بهتر و مفیدتری گشته، آنها را جایگزین سیستم های هیدرولیکی نموده یا این سیستم ها را بهبود بخشد.

یکی از سیستم های ارائه شده در سال های اخیر، فرمان الکتروهیدرولیکی (EHPS) است که در آن به جای استفاده از موتور خودرو، یک موتور الکتریکی به پمپ هیدرولیک اضافه می شود و در نتیجه فرمان از موتور مستقل می گردد. خودروی پژو ۴۰۷ از این نوع سیستم فرمان استفاده می کند. در این نوع فرمان، هر چند مسئله مستقل بودن از موتور خودرو تحقق یافته است ولی مشکل دائمی بودن عملکرد سیستم هیدرولیکی هنوز پابرجاست. به عبارت دیگر باید حالتی تعبیه نمود که زمانی که چرخشی به فرمان وارد می شود سیستم وارد عمل شود ، نه همه زمانها.

فرمان الکتریکی (EPS)

این نوع فرمان مشابه هیدرولیکی آن عمل می کند ولی از لحاظ ساختار متفاوت بوده و دارای مزایای زیادی نسبت به نوع هیدرولیکی است.

این سیستم در اواسط دهه ی ۱۹۷۰ برای اولین بار مطرح گردید اما ساخت و کاربرد عملی آن از سال ۱۹۹۳ شروع گردید.

اولین بار توسط شرکت HONDA در اتومبیل های رالی NSX مورد استفاده قرار گرفت. در این نوع فرمان مشکل دائمی بودن عملکرد سیستم کمکی فرمان حل شده است، یعنی سیستم الکتریکی زمانی عمل می کند که چرخشی در فرمان به وجود آید به عبارت دیگر گشتاوری موجود باشد .

فرمان الکتریکی از سه قسمت اساسی زیر تشکیل شده است که به سیستم فرمان مکانیکی (R&P) اضافه می شود :

- ۱ - سنسور گشتاور (Torque Sensor)
- ۲ - موتور با جریان مستقیم (DC Brushless Motor)
- ۳ - واحد کنترل الکترونیکی یا ECU

سه قسمت یاد شده میتوانند در یک محفظه (Housing) یا به صورت جداگانه قرار گیرند.



نحوه عملکرد

EPS به این صورت عمل می کند که ابتدا سنسور ، گشتاور وارده از غربیلک فرمان را حس نموده ، آنرا به صورت سیگنال یا سیگنالهایی به قسمت میکروکنترلر (ECU) ارسال میکند . میکروکنترلر علاوه بر این سیگنال ، سیگنالی نیز از سرعت خودرو دریافت می کند، آنگاه این دو را پردازش نموده ، دستور العمل لازم را به قسمت موتور DC اعمال مینماید تا به صورت کمکی (Assisted) سیستم فرمان مکانیکی را تحت تاثیر قرار دهد. بنابراین دستور عملهای ECU به موتور Brushless تابعی از خروجی سنسور و سرعت خودرو است . این یعنی سرعت در عملکرد EPS موثر بوده و به منظور ایمنی بیشتر خودرو است . یعنی بیشترین عملکرد در سرعتهای پایین و کمترین عملکرد آن در سرعتهای بالای خودرو است.

فرمان الکتریکی در سه حالت مختلف می تواند بر روی قسمت مکانیکی نصب شود

الف) نصب بر روی ستون (Column) فرمان :

در این روش مجموعه سنسورها ، موتور DC و قسمت ECU بطور مجتمع در یک محفظه مستقر و بر روی ستون فرمان (Steering- Column) نصب می شود.



بنابراین عملکرد کمکی (Assisted) فرمان EPS به ستون فرمان اعمال می گردد. این روش در خودروهای کوچک ، مخصوصا خودروهای درون شهری که راحتی فرمان فاکتور مهمی به ویژه در ترافیک های سنگین و پارک نمودن خودرو محسوب میشود ، بکار می رود. ستون فرمان با موتور الکتریکی DC توسط دنده حلزونی درگیر

هستند .

ب) نصب بر روی پینیون :

در این روش نیز مجموعه سنسورها ، موتور DC و قسمت ECU بطور مجتمع در یک محفظه قرار گرفته ولی بر روی پینیون نصب می شوند. این حالت برای خودروهای نیمه سنگین مناسب بوده ، جایی که راننده این نوع خودروها در راحت ترین حالت میتوانند خودرو را هدایت کنند.



ج) نصب بر روی دنده شانه ای:

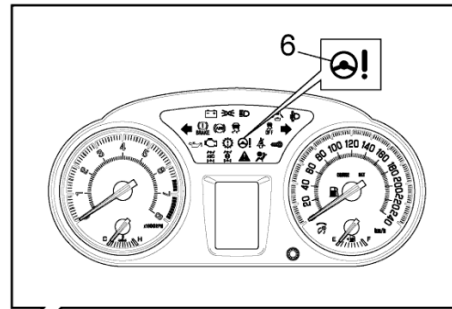
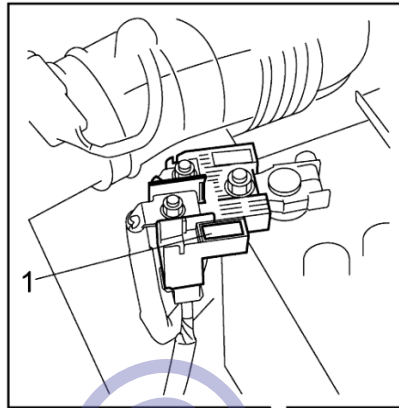
در این روش هر سه قسمت EPS یعنی سنسور ، موتور DC و ECU جدا از هم بر روی جعبه فرمان نصب میشوند . به این صورت که موتور DC و ECU بطور جدا از هم بر دنده شانه ای (Rack) قرار گرفته و سنسورها نیز روی پینیون مستقر می شوند . زیرا روی دنده شانه ای گشتاوری وجود ندارد که سنسورها بتوانند آن را حس نمایند. این حالت برای خودروهای سنگین مناسب است . جایی که نیروی زیادی باید به دنده شانه ای اعمال شود. بنا براین نیروی کمکی (Assisted) بطور مستقیم از موتور DC به دنده شانه ای (Rack) وارد میگردد.



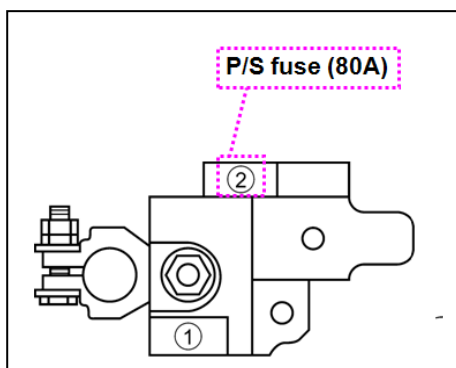
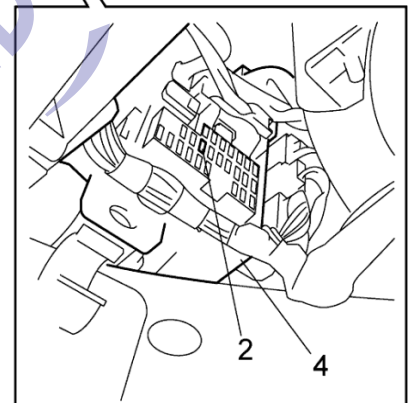
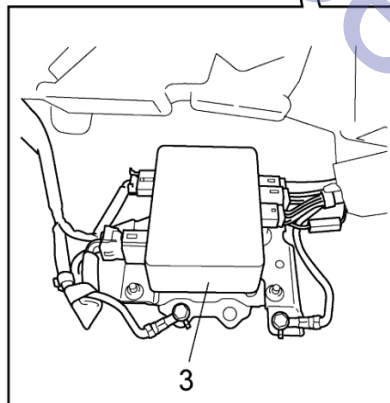
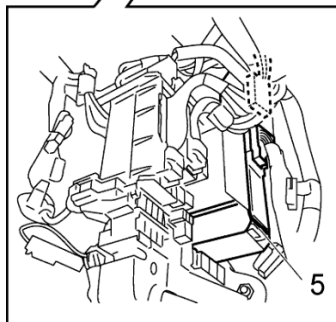
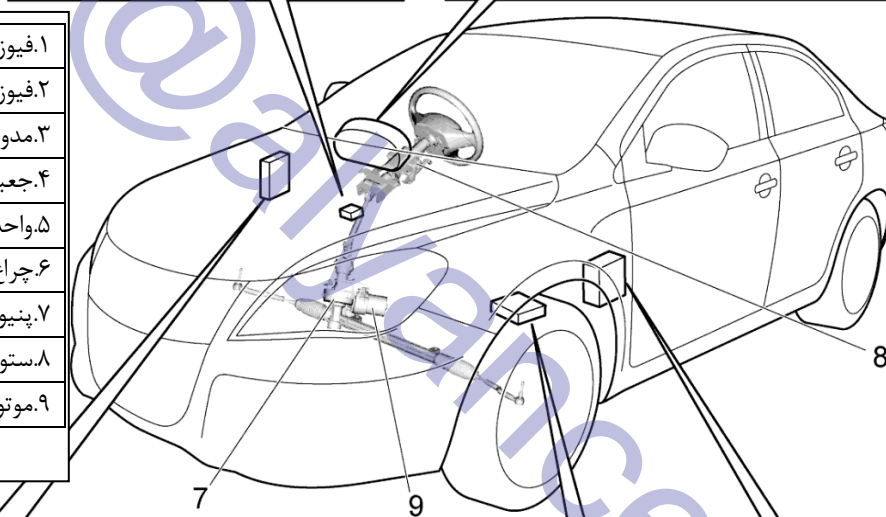
مزایای فرمان الکتریکی نسبت به فرمان هیدرولیکی:

- ۱- حذف پمپ هیدرولیک (pump) و چرخ (pulley)
- ۲- حذف شیرهای کنترل (valve) و لوله های رابط
- ۳- حذف تسمه ها بین پمپ هیدرولیک و موتور اتومبیل (belt)
- ۴- حذف جک هیدرولیک (jack hydraulic) و روغن هیدرولیک
- ۵- وزن کم نسبت به هیدرولیکی
- ۶- تغییرات کمتر در قسمت مکانیکی فرمان هنگام طراحی فرمان الکتریکی نسبت به هیدرولیک
- ۷- عدم کمک (Assist) فرمان در هنگام عدم ورود گشتاور در فرمان الکتریکی، به عبارت دیگر زمانی که گردش در فرمان داده شود، قسمت الکتریکی وارد عمل میگردد.
- ۸- فرمان الکتریکی به صورت Fail Safe است. چنانچه قسمت الکتریکی به دلایلی از کار افتد، قسمت مکانیکی فرمان میتواند به کار ادامه دهد.
- ۹- مقداری انرژی مصرفی در فرمان الکتریکی، حدود یک ششم انرژی مصرفی در فرمان هیدرولیک است. به عبارت دیگر به مقدار ۸۵٪ در انرژی مصرفی از لحاظ فرمان الکتریکی نسبت به هیدرولیک صرفه جویی میشود.
- ۱۰- کاهش حجم و اندازه نسبت به هیدرولیک
- ۱۱- مستقل بودن از موتور خودرو
- ۱۲- کاهش قابل ملاحظه زمان مونتاژ
- ۱۳- افزایش قابل ملاحظه عمر موثر نسبت به فرمان هیدرولیکی
- ۱۴- قابلیت ایمنی بالا در شرایط بحرانی
- ۱۵- استفاده از یک نوع فرمان الکتریکی در چندین خودروی متفاوت، به عبارت دیگر یک نوع طراحی

اجزاء و محل قرارگیری سیستم فرمان برقی (EPS) در خودروی سوزوکی - کیزاشی



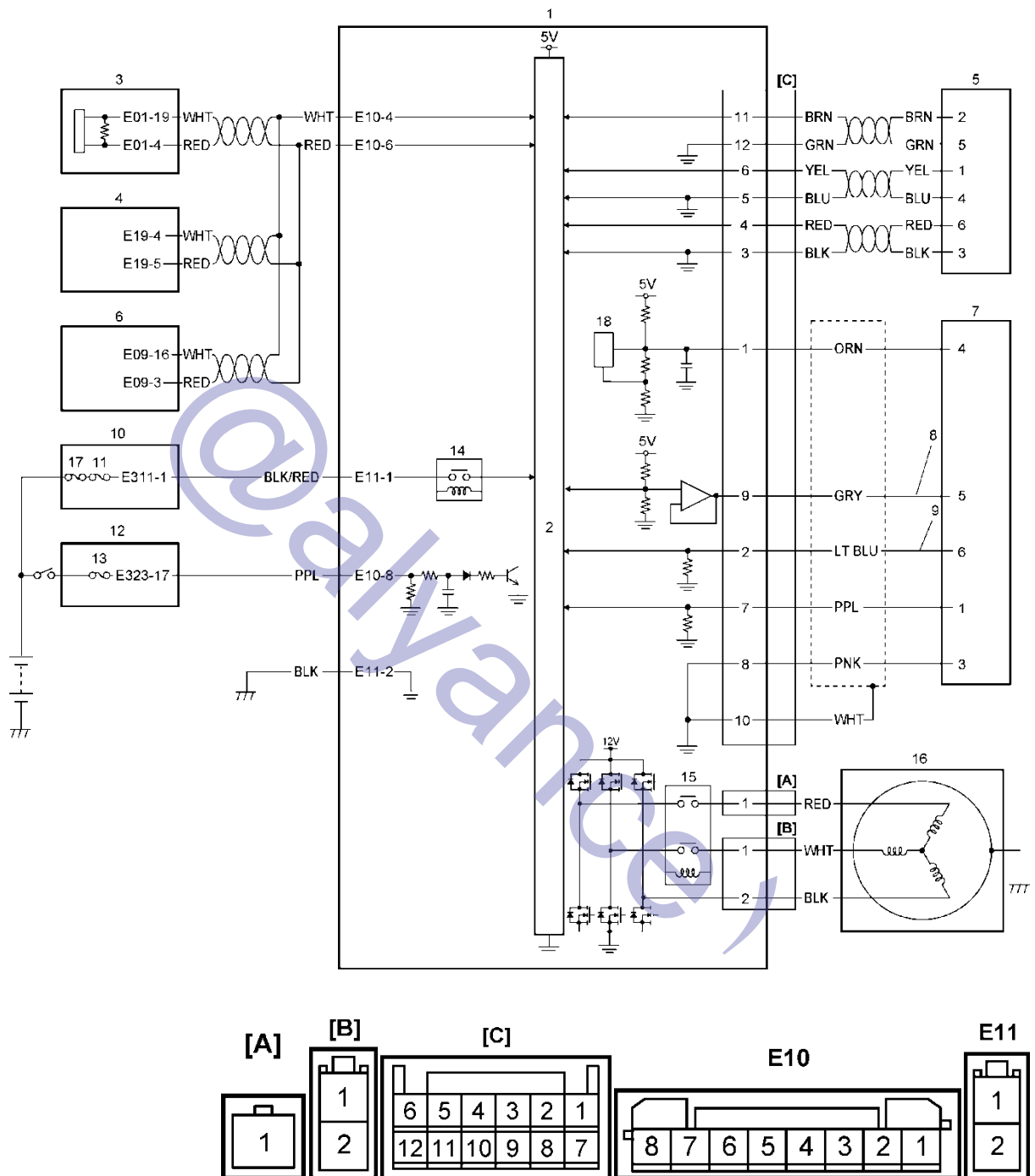
۱. فیوز (P/S) اصلی فرمان برقی (80A)
۲. فیوز برق سویچ (7.5A)
۳. مدول کنترل فرمان برقی
۴. جعبه فیوز داخل اتاق
۵. واحد کنترل مرکزی BCM
۶. چراغ اخطار فرمان برقی
۷. پمپ فرمان
۸. ستون (غریبک) فرمان
۹. موتور اصلی فرمان برقی





اجزاء	عملکرد
مجموعه پینیون فرمان	سنسور گشتاور
	موتور DC (EPS)
	Resolver سنسور زاویه چرخش فرمان
چراغ اخطار EPS	جهت شناسایی جهت چرخش فرمان ۲ عدد سنسور (اصلی و فرعی)، ولتاژ تعیین شده را به ماژول کنترل EPS ارسال می کنند
	موتور الکتریکی با دریافت ولتاژ تنظیم شده که از ماژول کنترل EPS ارسال می شود باعث تولید گشتاور مورد نیاز می شود.
	سیگنال متناسب با زاویه چرخش موتور را برای کنترل یونیت فرمان EPS ارسال می کند.
چراغ اخطار EPS	EPS (ECU) با پردازش اطلاعات ورودی سنسورها بر اساس ولتاژ خروجی سنسور گشتاور و سرعت خودرو که از ECM (واحد کنترل الکترونیکی موتور) ارسال می شود مقدار و جهت جریان موتور الکتریکی را تعیین می نماید.
	با توجه به سیگنال ارسال شده از ECM مربوط به دور موتور حالت خاموش و یا روشن بودن موتور در حالت درجا و یا حرکت خودرو را تعیین می نماید.
چراغ اخطار EPS	در زمان بوجود آمدن ایراد در سیستم EPS چراغ اخطار پشت آمپر روشن خواهد شد

نقشه شماتیک دسته سیم سیستم فرمان الکتریکی



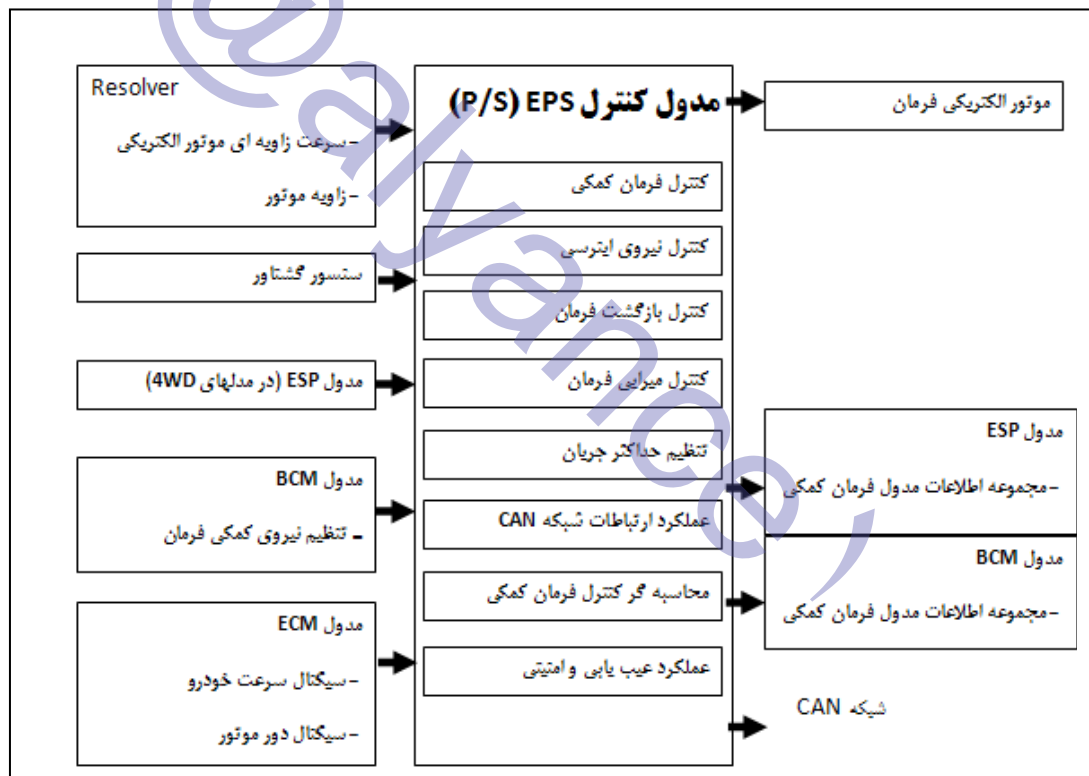
۱	کنترل یونیت P/S	۷	سنسور گشتاور	۱۳	فیوز برق سوئیچ (7.5 A)
۲	CPU	۸	سنسور اصلی گشتاور	۱۴	رله تامین برق
۳	یونیت موتور (ECM)	۹	سنسور فرعی گشتاور	۱۵	رله موتور EPS
۴	یونیت گیربکس اتوماتیک (TCM)	۱۰	جعبه فیوز اصلی	۱۶	موتور EPS
۵	سنسور زاویه چرخش فرمان	۱۱	فیوز EPS (۸۰ آمپر)	۱۷	فیوز اصلی (120 A)
۶	یونیت EPS	۱۲	جعبه فیوز داخل اتاق	۱۸	مدار تولید ولتاژ 9 ولت

روند پردازش اطلاعات در (EPS)

ماژول کنترل EPS ، نیروی مورد نیاز جهت کمک به کنترل فرمان پذیری را تعیین می‌کند. همچنین نیروی کمکی اولیه سیستم فرمان را با اضافه نمودن نیروی اینرسی ، چرخش چرخها و کنترل میرایی ، تصحیح می نماید تا احساس بهتری نسبت به کنترل و فرمان پذیری خودرو را بوجود آورد.

با توجه به نتایج حاصل از کنترل‌های فوق و حداکثر مقادیر اندازه گیری شده، ماژول کنترل EPS جریان هدف را محاسبه می کند. سپس با مقایسه هدف و مقادیر اندازه گیری شده ،جریان مورد نیاز را تنظیم می نماید.

علاوه بر کنترل‌های معمول ماژول کنترل EPS ، مدلهای تنظیم کمکی نیز دارد که جهت افزایش کنترل ثبات دینامیکی خودرو به آن اضافه شده است . اطلاعات کنترل یونیت AWD (در صورت وجود این آپشن در خودرو) که با توجه به شرایط جاده به دست می‌آید جهت فرمان پذیری بهتر ،توسط BCM به ماژول کنترل EPS ارسال می گردد.



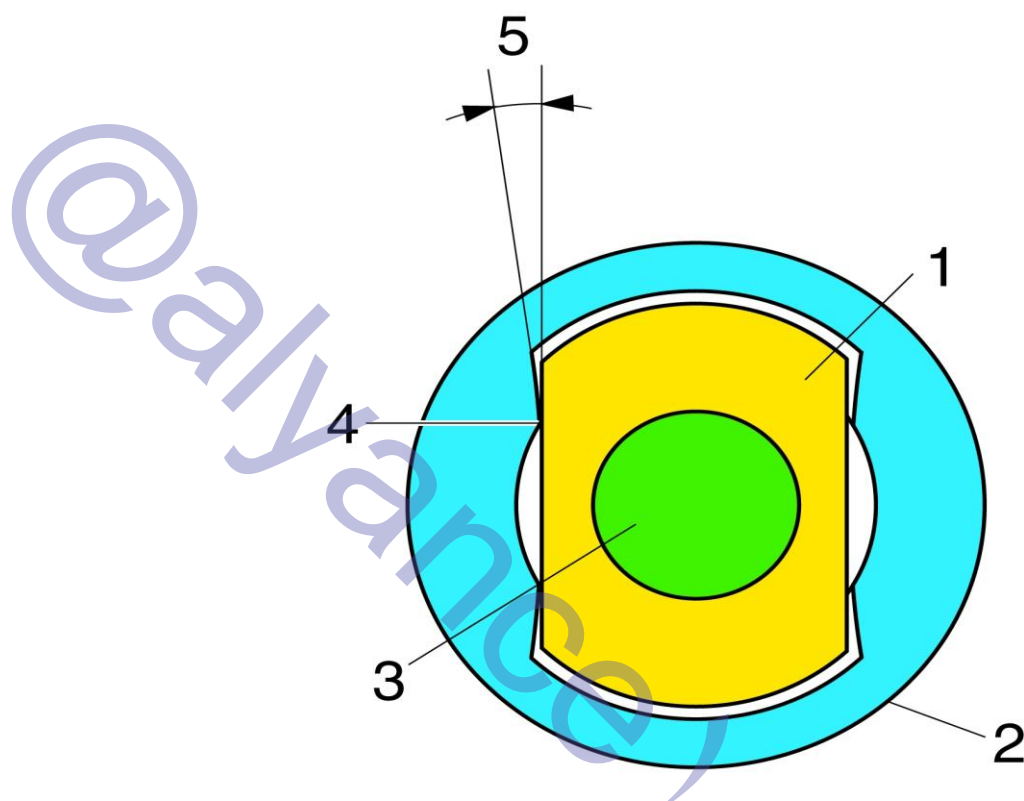


جزئیات کنترل	آیتم های کنترلی
اصلی ترین فرآیند، کنترل این سیستم، تعیین میزان جریان الکتریکی موتور است که توسط سیگنالهای ارسالی از سنسور سرعت خودرو و گشتاور فرمان به ماژول کنترل EPS تعیین می شود.	کمک فرمان
ماژول کنترل EPS با افزایش جریان کمکی (جبرانی) باعث کاهش اثرات اینرسی می گردد: - عدم وجود گشتاور در آغاز معکوس شدن جهت فرمان گیری : جریان کمکی در جهت معکوس افزایش می یابد. - عدم وجود گشتاور در شروع چرخاندن غربیلک فرمان : جریان کمکی در جهت مورد نظر راننده اضافه می شود. - عدم وجود گشتاور در انتهای چرخاندن غربیلک فرمان : جریان کمکی به منظور متوقف نمودن غربیلک فرمان اضافه می شود.	جبران سستی (نیروی اینرسی)
یونیت کنترل EPS، حرکت غربیلک فرمان در بازگشت را با افزودن جریان جبرانی در جهت خنثی (بدون نیرو) در سرعت پایین بهبود می بخشد. لذا نیروی اصطکاکی فرمان در سرعتهای پایین جبران می شود و قتیکه فرمان به حالت خنثی بر می گردد.	بازگشت غربیلک فرمان
برای بهینه شدن تثبیت حرکت مستقیم فرمان در سرعت بالای خودرو اعمال جهت مخالف توسط راننده به آن اضافه می شود. بنابراین افت نیروی کمکی فرمان در سرعت بالا جبران می شود. (در سرعت بالا نیاز به کمک نیروی اضافی در فرمان نمی باشد بنابر این جریان کمکی فرمان به حد اقل می رسد)	میدای فرمان
زمانیکه فرمان به طور کامل به یک سمت چرخانده شده باشد بار الکتریکی (جریان) بر روی موتور الکتریکی فرمان حداکثر است و ماژول کنترل EPS جهت جلوگیری از گرم شدن بیش از حد موتور الکتریکی (overheating) جریان برق را قطع می کند.	تنظیم حداکثر جریان

نحوه عملکرد شفت فرمان (EPS)

در صورتیکه در سیستم فرمان EPS ایرادی بوجود آید سیستم فرمان بدون کمک سیستم EPS و بصورت دستی کار میکند همانند زمانیکه موتور خودرو خاموش باشد.

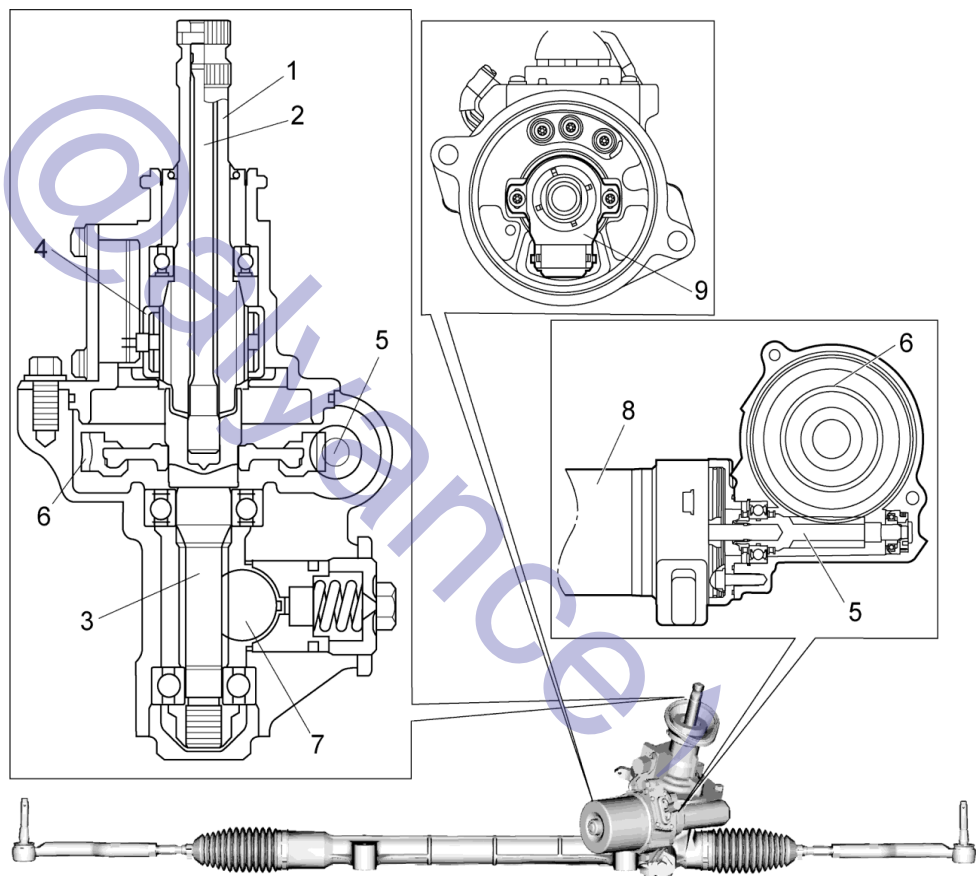
زمانیکه فرمان به چرخش درمی آید میله پیچشی (torsion bar) نیز به حالت پیچش درمی آید . هنگامیکه منبع تغذیه جریان الکتریسیته به موتور EPS قطع شده باشد نیروی کمکی نیز وجود ندارد و نیروی فرمان که توسط راننده اعمال می شود به صورت مستقیم به پنیون فرمان منتقل می گردد.



1. Input shaft
2. Output shaft
3. Torsion bar
4. Manual stopper part
5. Maximum torsion angle of torsion bar

– اجزاء پنیون فرمان برقی (EPS)

1. شفت ورودی
2. میل پیچشی
3. شفت خروجی (دنده پنیون)
4. سنسور گشتاور
5. دنده مارپیچ
6. چرخ دنده مارپیچ
7. شانه ای فرمان
8. موتور P/S
9. Resolver



مجموعه پنیون فرمان شامل: شفت ورودی (۱)، دنده پنیون (۳ شفت خروجی)، میل پیچشی (۲)، سنسور گشتاور (۴)، چرخدنده مارپیچی (۶) و موتور P/S (۸) می باشد.

نیروی فرمان از میل فرمان به شفت ورودی (۱) اعمال می شود. میل پیچشی به داخل شفت ورودی (۱) نفوذ دارد. قسمت بالایی میل پیچشی (۲) به شفت ورودی از طریق یک پین، متصل می باشد. قسمت پایینی میل پیچشی (۲) به دنده پنیون فرمان (۳) شفت خروجی پرس شده است. میل پیچشی هنگامیکه شفت ورودی زودتر از شفت خارجی می چرخد پیچیده می شود. این نیروی پیچشی توسط سنسور گشتاور (۴) اندازه گیری می شود.

یک resolver به شفت موتور نصب شده است. چرخش موتور، نیروی القی الکتیکی ایجاد می کند، که توسط یک جفت سیم پیچ شناسایی می شود. این سیگنال به عنوان زاویه موتور در نظر گرفته می شود.

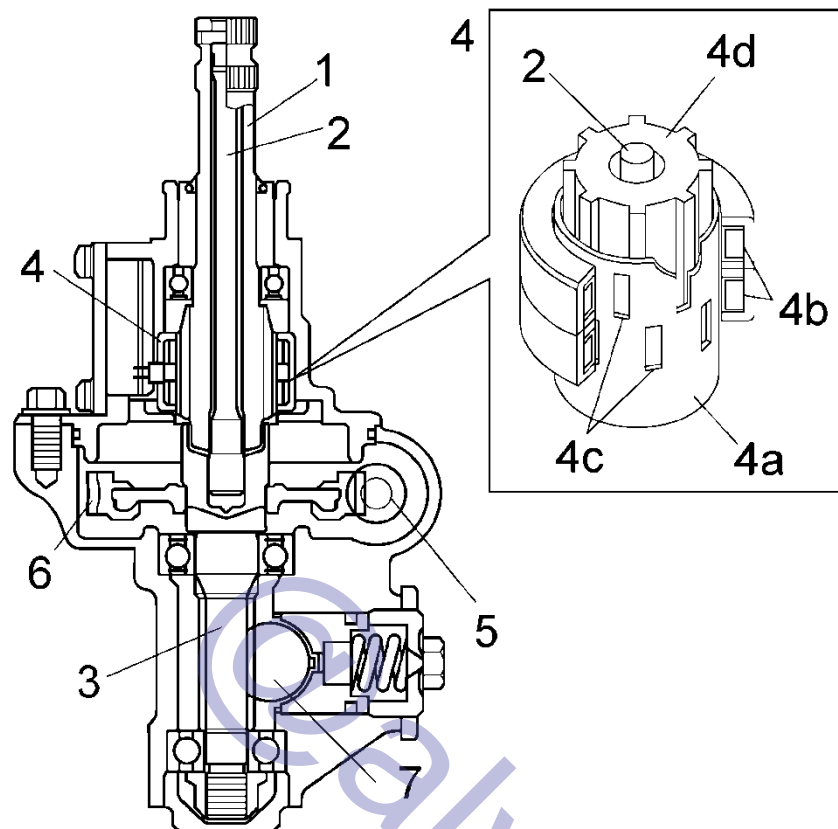
کنترل مدول P/S، سیگنال سنسور گشتاور و resolver را دریافت نموده و سیستم فرمان را کنترل می کند.



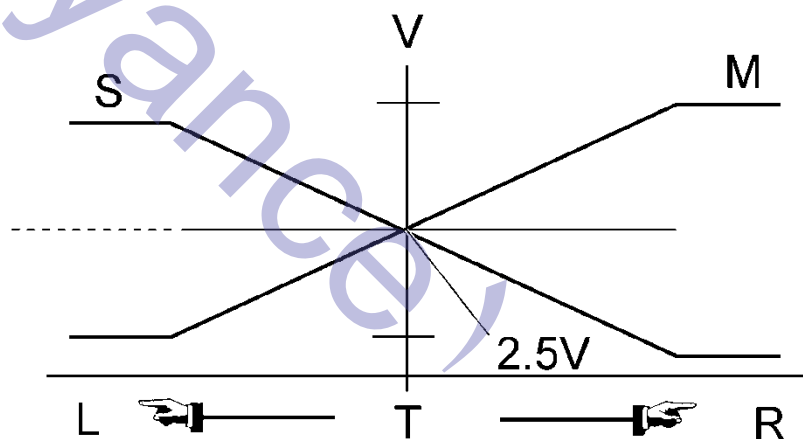
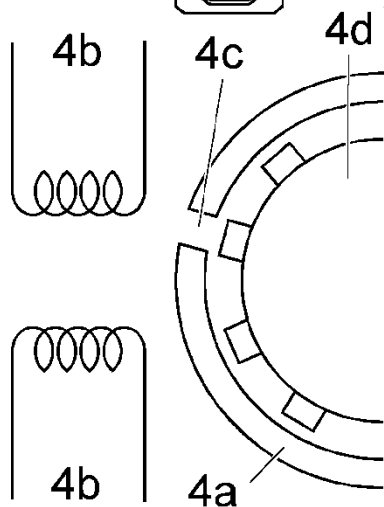
اصول عملکرد سنسور موقعیت فرمان یا گشتاور سنج

- ۱- هنگامیکه راننده غربیلک را می چرخاند ، ابتدا شفت ورودی می چرخد و سپس به تبع آن شفت خروجی خواهد چرخید، به دلیل اصطکاک بین جاده و چرخ . از آنجاییکه شفت ورودی زودتر از شفت خروجی می چرخد ، میل پیچشی می پیچد . به تناسب بیشتر شدن نیروی اصطکاک پیچش میله نیز بیشتر خواهد شد.
- ۲- زاویه پیچش، میله پیچشی توسط ارتباط بین شفت سنسور (4D) و شکاف (4C) معادل سازی می شود . مقدار مغناطیسی ، همان مقدار تغییرات محور سنسور است (4D) با توجه به جابجایی بین شفت سنسور (4D) و شکاف (4C) توسط تغییرات مقاومت (اندوکتانس inductance) دو سیم پیچ تشخیص داده می شود.
- ۳- تغییرات مقاومت که توسط سیم پیچها تشخیص داده شده توسط آمپلی فایر به سیگنال تبدیل می شود و پس از آن به کنترل مدول P/S ارسال می گردد.
- ۴- هنگامیکه فرمان در حالت طبیعی است ولتاژ سیگنال خروجی اصلی و فرعی 2.5v است و گشتاور فرمان 0 N.M است. در گردش به راست سیگنال اصلی از 2.5v بالاتر می رود و در گردش به چپ از 2.5v پایین تر می آید.

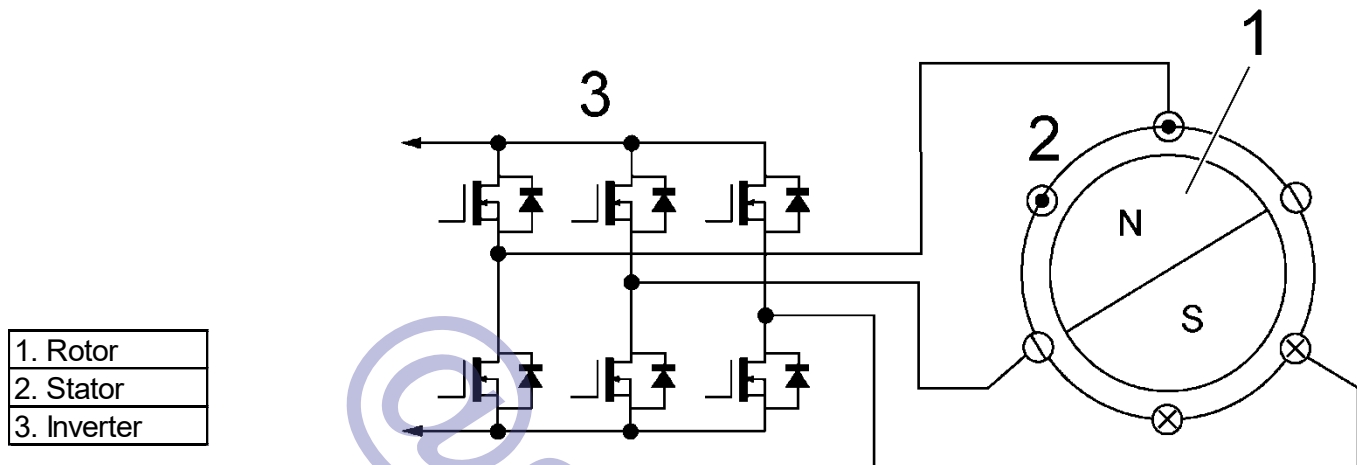
تصویر صفحه بعد



1. Input shaft
2. Torsion bar
3. Pinion gear (output shaft)
4. Torque sensor
4a. Sleeve (input axis)
4b. Detecting coil
4c. Slit
4d. Sensor shaft (output axis)
5. Worm gear
6. Worm wheel
7. Steering rack
T : Torque
R : Right turn
L : Left turn
V : Output voltage
M : Main signal
S : Sub signal

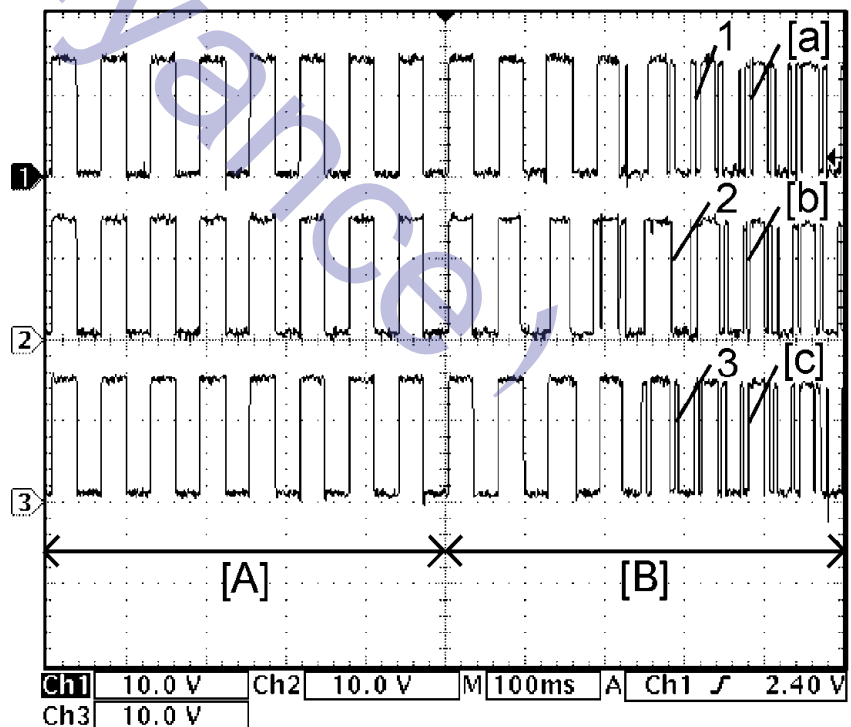


وقتی که فرمان می چرخد ، ماژول کنترل P/S سیگنال سنسور گشتاور را دریافت می کند. محاسبه ارسال جریان متناوب به ترانزیستورها بر اساس سیگنالهای دریافتی انجام می شود. با چرخاندن فرمان در ماژول کنترل P/S شش ترانزیستور به صورت ON/OFF در می آیند و باعث ایجاد جریان سه فاز در سیم پیچ استاتور موتور الکتریکی می شود. با تغییر قطبیت هر یک از سیم پیچهای استاتور روتور به صورت گام به گام به چرخش در می آید.



[P/S Motor]

[A] : Steering wheel neutral
[B] : Steering wheel turned
1. EPS motor signal 1
2. EPS motor signal 2
3. EPS motor signal 3



وقتی که روتور می چرخد میدان مغناطیسی در سیم پیچها تولید می شود. توسط کوئل تشخیص ۱ و ۲ تغییر نیروی الکتروموتیو بوسیله میدان مغناطیسی مدوله شده تشخیص داده می شود و همچنین بوسیله کوئل تشخیص ۱ و ۲ ماژول کنترل P/S موقعیت زاویه دقیق موتور را محاسبه می نماید. کوئلهای تشخیص ۱ و ۲، در زاویه ۹۰ درجه ای نسبت به هم نصب شده اند به همین دلیل نیروی ناشی از الکتروموتیو اختلاف فاز ۹۰ درجه ای دارند و باعث می شود سیم پیچها تولید موج سینوسی و کسینوسی نمایند.

[Resolver]

- | |
|---------------------|
| 1. Motor shaft |
| 2. Rotor |
| 3. Exciting coil |
| 4. Detecting coil 1 |
| 5. Detecting coil 2 |

