

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل اول

امروزه کاربرد وسیع موتورهای الکتریکی در بخشهای مختلف و در زندگی روزمره در مصارف خانگی و مصارف صنعتی آنچنان وسعت یافته که تصور دنیای موجود بدون موتورهای الکتریکی اگر نگوییم غیر ممکن باید گفت غیر قابل تصور می باشد. پس از طراحی و ساخت اولین نمونه ماشین الکتریکی توسط ارستد این ماشینها تغییر و تحولات بزرگی را در دهه های اخیر پذیرا بوده اند جهت گیری عمومی این تغییرات افزایش راندمان و بهبود کیفیت کار ماشین همراه با کاهش وزن و حجم و قیمت تمام شده بوده است. گر چه تجمع تمامی این مولفه ها همیشه در یک طرح ممکن نیست اما طراحان ماشینهای الکتریکی بر اساس تجربه دانش و هنر خویش همیشه سعی در تلفیق آنها نموده اند.

تحقیق فوق در رابطه کنترل دور موتورهای DC بدون جاروبک بوده که شامل دو بخش طراحی و کنترل می باشد. که در بخش طراحی به نحوه طراحی بکمک نرم افزار و روابط و فرمولهای حاصله برای توان و گشتاور اشاره شده و در بخش کنترل نحوه کنترل دور موتور بکمک تراشته های MC33035 و MC33039 بیان گردیده است. و مدارات و عناصر مرتبط با تراشه های کنترلی نیز آورده شده است.

در پایان جا دارد از زحمات و راهنماییهای استاد ارجمند جناب مهندس لنگری کمال تشکر را داشته باشم. هم چنین از پدر و مادر عزیزم و برادرانم که در طی این مدت با صبر و تحمل و راهنماییهای دلسوزانه خویش همواره مشوق من بودند سپاسگزارم.

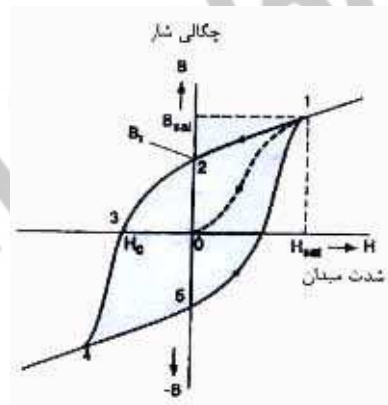
مواد آهنربای دائم

آهنرباهای دائم ممکن است در ماشینهای الکتریکی برای ایجاد تحریک، تولید خواص مشابه الکترومغناطیسهای تحریک شده با جریان مستقیم، مورد استفاده قرار گیرند. یک آهنربای دائم مفید می باشد زیرا انرژی مغناطیسی را ذخیره می کند و این انرژی صرف عملکرد وسیله نمی گردد. نقشی را که این انرژی ایفا می کند قابل مقایسه با یک کاتالیزور در یک واکنش شیمیایی است. هنگام کار در محدوده طبیعی، آهنربا انرژی اش را برای یک دوره نامحدود از زمان حفظ می کند. باید توجه نمود که اگر میدان مغناطیسی با استفاده از آهنربای الکتریکی به جای آهنربای دائم ایجاد شود، انرژی میدان تحریک همچنان باقی می ماند. با این حال قدری انرژی، یعنی تلفات اهمی جریان تحریک، از بین خواهد رفت.

اصول آهنربای دائم

آهنرباهای دائم، همانطور که در شکل نشان داده شده، مواد مغناطیسی سخت با حلقه های هیستریزیس بزرگ می باشند. زمانی که یک ماده آهنربا در معرض میدان مغناطیسی قرار می گیرد (بدین معنی که در میان قطبهای مغناطیسی یک آهنربای الکتریکی قرار گیرد)، چگالی شار در ماده همانطور که منحنی 0-1 در شکل ۱ نشان می دهد افزایش خواهد یافت، که به عنوان، منحنی شروع مغناطیس شدن، شناخته می شود. در نقطه 1 ماده اشباع می شود، و افزایش خواهد یافت، که به عنوان منحنی

شروع مغناطیس شدن،^۱ شناخته می شود. در نقطه ۱ ماده اشباع می شود، و افزایش مجددی به صورت پیشروی حاشیه ای و در لبه منحنی، در شدت میدان مغناطیسی (H) و در چگالی شار (B) نتیجه می شود. چگالی شار در یک نسبت نزدیک به نفوذپذیری فضای آزاد μ_0 افزایش می یابد.



شکل ۱: حلقه هیستریزیس آهنربای دائم

کاهش پایدار مغناطیسی، پس از رسیدن به اشباع، باعث می شود که مسیر خطی B-H، منحنی ۱-۲ را تعقیب کند. مقدار چگالی شار در نقطه ۲ روی حلقه هیستریزیس ($H=0$) به عنوان چگالی شار باقیمانده یا پسماند B_r ^۲ ماده آهنربا شناخته شده، و نشان دهنده مقدار شار مغناطیسی است که ماده می تواند تولید کند.

معکوس شدن جهت و افزایش میدان مغناطیسی، حلقه هیستریزیس را در ربع دوم. یعنی منحنی ۲-۳ ایجاد خواهد کرد که به عنوان منحنی مغناطیس زدایی نرمال^۳ شناخته می شود و این قسمت مهمترین ناحیه مشخصه آهنربا می باشد. مقدار میدان

^۱ - Initial magnetisation curve

^۲ - remanence or residual flux density

^۳ - Normal demagnetisation curve

مغناطیسی که در آن چگالی شار در آهنربا به صفر می‌رسد به عنوان پسماند زدایی یا نیروی پسماند زدا (H_e) شناخته می‌شود.

افزایش مجدد میدان مغناطیسی، ماده آهنربا را در جهت معکوس به اشباع می‌برد (نقطه 4). حلقه هیستریزیس با کاهش میدان مغناطیسی در نقطه 5 به صفر می‌رسد و سپس با معکوس شدن دوباره میدان اعمال شده به پلاریته‌های اولیه و افزایش آن تا رسیدن به نقطه 1، کامل می‌شود.

مقادیر چگالی شار به کار گرفته شده برای ترسیم حلقه هیستریزیس شکل ۱ چگالی شار کلی در ماده آهنربا را نشان می‌دهد. البته همه شار ماده آهنربا از خواص شار در فاصله هوایی وجود خواهد داشت. البته چگالی شار در یک فاصله هوایی که در معرض میدان مغناطیسی H قرار دارد، $\mu_0 H$ می‌باشد. در نتیجه چگالی شار کل (یا نرمال) در ماده آهنربا (B) شامل دو مولفه است، یکی برابر $\mu_0 H$ می‌باشد (که به هر حال در هوا موجود است) و دیگری چگالی شار ذاتی B_i است (متعلق به قابلیت ذاتی ماده برای داشتن شار بیشتر نسبت به آنچه که در فاصله هوایی موجود است با شدت میدان اعمال شده H). از لحاظ محاسباتی $B_i = B - \mu_0 H$ در ربع اول و چهارم، و $B_i = B + \mu_0 H$ در ربع دوم و سوم حلقه هیستریزیس می‌باشد، به طوری که H در ربع دوم و سوم یک علامت منفی دارد. نمودار B_i برحسب H به عنوان حلقه هیستریزیس ذاتی ماده آهنربا معروف است. شکل ۲ حلقه‌های هیستریزیس ذاتی و نرمال یک ماده

آهنربا را نشان می دهد. در حال حاضر ما دو منحنی مغناطیس زدایی داریم: نرمال و

ذاتی.^۴

چگالی شار باقیمانده یا پسماند برای هر دو منحنی مغناطیس زدایی نرمال و ذاتی

یکسان است. با این حال، پسماند زدایی آنها متفاوت می باشد. پسماند زدایی ذاتی، H_{ci}

، بزرگتر از پسماند زدایی نرمال، H_c است. اختلاف بین H_c و H_{ci} به شیب منحنی

مغناطیس زدایی در مجاورت H_c بستگی دارد. هر چه شیب بیشتر باشد، اختلاف کمتر

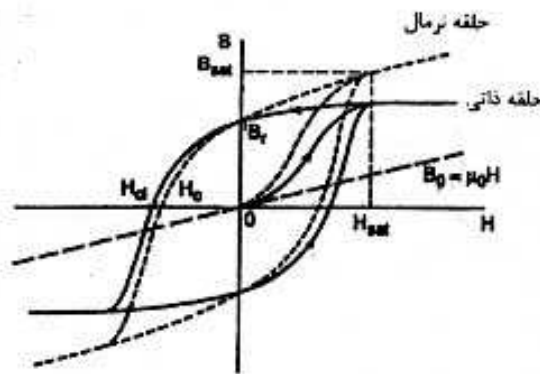
خواهد بود. شیب منحنی مغناطیس زدایی که از محور $-H$ می گذرد برای آهنرباهای

آلنیکو خیلی زیاد است و بنابراین بین پسماند زدایی نرمال و ذاتی اختلاف کمی وجود

دارد. سرامیکها (یا فریتها) و آهنرباهای خاک کمیاب بین B_i و H_c مشخصات

مغناطیس زدایی نرمال تقریباً خطی دارند و اختلاف بین H_c و H_{ci} بیشتر است. در

بعضی از آهنرباهای خاکی H_{ci} حدوداً دو برابر H_c می باشد.



شکل ۲ حلقه های هیستریزس ذاتی و نرمال یک ماده آهنربای دائم.

⁴ - Intrinsic

مواد آهنربای مدرن

مواد آهنربای دائم را بر طبق ترکیب شیمیایی شان می توان به سه گروه اصلی تقسیم نمود. این سه گروه شامل سرامیکها (یا فریتها)، آلنیکوها و آهنرباهای خاک کمیاب می شوند. در این میان فریتها (سرامیکها کاملاً مغناطیسی) عایقهای حرارتی و الکتریکی هستند در حالی که سایر آهنرباها، هادیهای فلزی می باشند. آلنیکوها پسماند نسبتاً زیاد و نیروی پسماند زدای کمی دارند، اما سرامیکها دارای پسماند کم و نیروی پسماند زادی نسبتاً زیادی می باشند، در حالی که در مورد آهنرباهای خاک کمیاب، هر دوی این پارامترها بزرگ می باشد. سرامیکها به عنوان مواد خام فراوان و خیلی ارزان مورد استفاده قرار می گیرند. آلنیکوها و آهنرباهای کبالت - خاک کمیاب (کبالت - ساماریوم) از کبالت اما با درصدهای مختلف استفاده می کنند، در حالی که در سرامیکها و آهنرباهای فریت - خاک کمیاب (آهنرباهای نئودیمیوم - آهن - بورون) اصلاً از کبالت استفاده نمی شود.

خصوصیات مواد آهنربای دائم تابع استاندارد بین المللی (۱۹۸۶) IEC 404-8-1 می باشند بر اساس استاندارد IEC 404-1 مواد آهنربای دائم با یک حرف که همراه آن چند عدد می آید، طبقه بندی می شوند. آهنرباهای آلیاژی با حرف R طبقه بندی می شوند، در حالی که سرامیکها با S مشخص می گردند. عدد اول نوع ماده را در کلاس مربوطه نشان می دهد. برای مثال R1 آهنرباهای آلنیکو را نشان می دهد و R5 گروه کبالت خاک کمیاب را مشخص می کند. عدد دوم از بین : (O) آهنرباهای همگرا، (1)

غیرهمگرا، (3) پیوند پلیمر همگرا و (4) پیوند پلیمر غیرهمگرا تعیین می شود. عدد
سوم به انواع مختلف آهنربای مشابه در یک گروه مربوط می گردد.

خواص مغناطیسی

مناسب ترین پارامتر برای تعیین کیفیت آهنربا، انرژی ماکزیموم آن است که حاصل
ضرب میدان مغناطیسی و القایی آهنربا $(BH)_{max}$ می باشد، به طوری که این پارامتر
بیانگر ماکزیمم انرژی است که می توان از آهنربا بدست آورد. وقتی که آهنربا در نقطه
حاصل ضرب انرژی ماکزیموم خود $(BH)_{max}$ کار می کند، ابعاد آن مینموم می باشد.
بهترین آهنرباهای دائم با قابلیت کار بالا، مواد کبالت-خاک کمیاب (SmCo) بودند که
دارای حاصل ضرب انرژی ماکزیمومی بین $190-130 \text{ (KJ/m}^2\text{)}$ بودند. در سال ۱۹۸۴
با ظهور ترکیب نئودیمیوم - آهن - بورون بدون کبالت که حاصل ضرب انرژی
ماکزیموم $290 \text{ (KJ/m}^2\text{)}$ را داشت، این وضعیت تغییر یافت. سرعت گسترش و
پیشرفت این ماده جدید در طول چند سال گذشته بسیار سریع بوده به طوری که هم
اکنون این ماده در ابعاد تجاری از طریق تولید کنندگان آهنربا، قابل دسترسی است.

قیمت هر واحد انرژی (ϵ / j)	H_c (KA / m)	B_r (T)	$(BH)_{max}$ (KJ / m ³)	
۲/۳	۸۷۰	۱/۲۰	۲۰۰-۲۹۰	Nd-Fe-B
۵/۷	۷۵۰	۰/۹۷	۱۳۰-۱۹۰	SmCo ₅
۵/۱	۶۶۰	۱/۰۵	۱۸۰-۲۴۰	Sm ₂ Co ₁₇
۲/۷	۱۳۰	۱/۱	۷۰-۸۵	Alnico
۰/۳	۲۴۰	۰/۴	۲۷-۳۵	Ceramics

جدول ۱- خواص مغناطیسی مواد آهنربا

در جدول ۱ خواص مغناطیسی گروههای اصلی مواد آهنربا همراه با قیمت تقریبی هر واحد انرژی آنها، نشان داده شده است. هر گروه از مواد، خود دارای چندین درجه است، بنابراین محدوده وسیعی از حاصل ضرب انرژی ماکزیموم وجود خواهد داشت. پسماند و پسماند زدایی برای انواع گروههای به کار گرفته شده در ماشینهای الکتریکی، به صورت مقادیر متوسط داده شده است. خواص انواع مواد نئودیمیم-آهن-بورو و سرامیکهای استحکام یافته با پلیمر و خانواده آلنیکو که قیمت انرژی پایینی دارند در این جدول مورد مقایسه قرار نگرفته اند.

باید توجه شود که قیمت یک آهنربای دائم عمدتاً به ابعاد، پیچیدگی ماشین کاری لازم بر روی آن، و دقتهای مورد نیاز برای ابعاد و خواص مغناطیسی آهنربا بستگی دارد.

بین انواع مواد در هر گروه نیز از نظر قیمت، تفاوت‌هایی وجود دارد. قیمت هر واحد انرژی که در جدول خواص مغناطیسی مواد آورده شده، در واقع قیمت متوسط می باشد و برای مقایسه‌های اولیه می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

خواص حرارتی

وقتی دما افزایش می یابد، خواص مغناطیسی قدری کاهش می یابد، که بخشی از آن برگشت پذیر و بخشی برگشت ناپذیر است. تغییرات برگشت پذیر در پسماند و نیروهای پسماند زدا معمولاً بر حسب درصد بر کلون بیان شده که به ترتیب به کمک ضرایب حرارتی α و β نشان داده می شود. تغییرات برگشت ناپذیر توابعی از دما، نقطه کار آهنربا، و شدت میدان مغناطیس زدا می باشند. در جدول اثرات دما، دمای کوری^۵ (دمای لازم برای از بین بردن خاصیت آهنربایی)، ضرایب حرارتی، و بالاترین دمای پیشنهادی برای عملکرد گروههای اصلی مواد در هر گروه آهنربا، بدست آمده است. در دمای کوری ماده، هر گونه خاصیت مغناطیسی از بین خواهد رفت، و در دمای کمتر مغناطیس کنندگی مجدد مورد نیاز خواهد بود. اغلب مواد هم دارای دمای گذرایی هستند که در آن دما ساختار کریستالی ماده به گونه ای تغییر می یابد که خواص مغناطیسی سخت برای همیشه از بین می رود. بدیهی است که ماکزیموم دمای عملکرد ماده باید پایین تر از این دو مقدار دما تنظیم شود.

باید دقت شود که بعضی از انواع آهنرباهای Nd-Fe-B که در دماهای بالا رفتار نامطلوبی دارند، دارای ضرایب حرارتی زیاد برای نیروی پسماند زدا و نیز پسماند

⁵ - curie temperature

می باشند. این امر ماکزیموم دمای کاری را به حدود ۱۴۰ درجه سانتی گراد محدود می کند.

ماکزیموم دمای کاری	$\beta(\%/K)$	$\alpha(\%/K)$	دمای کوری ($^{\circ}C$)	
۱۴۰	-۰/۶۰	-۰/۱۳	۳۱۰	Nd-Fe-B
۲۵۰	-۰/۲۵	-۰/۰۴۵	۷۲۰	SmCo
۵۰۰	+۰/۰۱	-۰/۰۲	۸۳۰	Alnico
۳۰۰	+۰/۴۰	-۰/۲۰	۴۵۰	Ceramics

جدول ۲- اثرات دما بر مواد آهنربا

تأثیر آهنرباهای Nd-Fe-B روی طراحی موتور

مواد آهنربای دائم جدید بهبود یافته می توانند روی وسایل الکترومغناطیسی تأثیراتی را از طریق زیر داشته باشند:

- ۱- جایگزینی سایر مواد در برخی محصولات فعلی.
- ۲- جایگزینی آهنرباهای الکتریکی در برخی کاربردهای فعلی.
- ۳- تعیین کاربردهای تازه برای آهنرباهای دائم که قبلاً در این موارد از آهنرباهای دائم استفاده نمی شده است.

برای یک ماده جدید، جایگزینی سایر مواد آهنرباهای دائم از نظر موفقیت تجاری از اهمیت بسیاری برخوردار است. جایگزینی مستقیم در مواردی امکان پذیر است که منحنی های مغناطیس زدایی ماده جدید و ماده قدیمی موازی هم باشند، به طوری که

بتوان خط کارکرد یکسانی را مورد استفاده قرار داد. به علت تشابه میان منحنی های مغناطیس زدایی Nd-Fe-B و آهنرباهای SmCo، Nd-Fe-B ها در چندین مورد جایگزین SmCo ها شده اند. با این وجود، SmCo در مواردی که آهنربا در حین کار در معرض میدانهای مغناطیس زدای شدید و در دمای بالا قرار می گیرد. همچنان مورد استفاده واقع می شود.

در میان همه مواد آهنربای دائم، سرامیکها ارزانترین انرژی مغناطیسی را عرضه می نمایند. با این حال حتی آنها نیز در بسیاری از کاربردها که حجم و وزن کم مورد نیاز است، با آهنرباهای Nd-Fe-B جایگزین می شوند. علاوه بر این، مواد نئودیمیوم-آهن- بورون با انرژی زیادی که ایجاد می کند، امکان به کارگیری آهنرباهای کوچکتر را نیز فراهم می کنند. این مسئله موجب کاهش اندازه سایر اجزا، ماشین از قبیل قطعات آهن و سیم پیچی می شود، که ممکن است در مجموع، هزینه کمتر شود.

مواد نئودیمیوم - آهن - بورون با قیمتهای فعلی، انرژی مغناطیسی ارزانتری را نسبت به آلنیکوها ارائه می کنند و از این رو استفاده از آلنیکوها در موتورها، در حال کاهش است. با این وجود، آهنرباهای آلنیکو به علت خصوصیت ممتاز ضرایب حرارتی القایی پایین شان (α)، در وسایل اندازه گیری و سنجش مورد استفاده قرار می گیرند.

طراحی BLDC موتورها

یک شکل از طراحی کلاسیک را می توان با کمک مثالی از یک بالن شرح داد. چنانچه قسمتی از یک بالن را فشار بدهید باعث برآمده شدن قسمت دیگر آن می گردد. این از

وظایف یک مهندس طراح است که بداند کجا را فشار داده و اثر برآمده شدن را باید در کجا مشاهده نماید. یکی از متداول ترین روشهای طراحی شامل تصمیماتی است که که توسط طراح گرفته می شود. که مبتنی بر علم و تجربه است. امروزه تمایل به طراحی با استفاده از بسته های نرم افزاری که عناصر کم و مدرنی آنها را تشکیل داده است، بعنوان مثال ماگست، ماگسافت موتور- کد، ANSYS، Magnet، Elux و خیلای دیگر رو به فزونی گذاشته شده است. طراحی ما در اینجا توسط آزمایشات، تجربه ها آنالیزهایی که مبتنی بر آنالیز FE با استفاده از بسته نرم اقراری Maxwell 2 D می باشد، شدت تأثیر پذیر خواهد بود.

موضوع مورد بحث ما در واقع طراحی یک موتور است، بطوریکه نه تنها به تجهیزات رقابتی انرژی ۲۰۰۳ دست یابیم بلکه در عمل تیر به نتایج خوبی دست پیدا کنیم. در ادامه بحث فرآیند طراحی از نظر جزئیات شرح داده می شود و در نهایت تأثیر پارامترهای طراحی که مبتنی بر آنالیز FE و نتایج آزمایشگاهی و تجربی می باشد، ارائه خواهد شد.

سمبلها:

V_{DC} = ولتاژ DC ورودی به معکوس کننده

$EMF = E_f$ = بین فازهای در حال هدایت موتور.

R = مقاومت آرمیچر هر فاز

i_a = جریان لحظه ای آرمیچر.

$$L = \text{اندوکتانس هر فاز}$$

$$i_0 = \text{جریان اولیه آرمیچر در لحظه } T=0$$

$$n = \text{سرعت رتور}$$

$$k_e = \text{ثابت برای PM} = \text{ثابت EMF برگشتی (همچنین ثابت آرمیچر یا ثابت ولتاژ تیز نامیده می شود).}$$

$$t_d = \text{گشتاور تبدیل شده}$$

$$K_t = \text{ثابت گشتاور (هم چنین حساسیت گشتاور نیز نامیده می شود).}$$

$$\phi_f = \text{شار مغناطیسی تحریک PM}$$

$$k_t L_i = \text{طول موثر پشته آرمیچر}$$

$$p = \text{تعداد جفت قطبها}$$

$$N = \text{تعداد دور هر فاز}$$

$$K = \text{فاکتور سیم پیچی}$$

$$\alpha_i = \text{ضریب زاویه موثر قطب . (موج مربعی)}$$

$$I_i = \text{مقدار سطح بالا از جریان فاز}$$

$$x_f = 0/9 \dots 0/7 \text{ (فاکتور شکل شار تحریک رتور)}$$

$$K_{ad} = \text{فاکتور عکس العمل آرمیچر ، محور } d$$

$$\varepsilon = \frac{E_f}{V} = 0/95 \dots 0/6 \text{ برای حالت زیر تحریک موتورها.}$$

$$\xi = \text{ضریب کاربردی } P_M = 0.3 \dots 0.7$$

$$f = \text{فرکانس ورودی}$$

$$B_r = \text{چگالی شار مغناطیسی پس ماند}$$

$$H_c = \text{نیروی اجبار کننده}$$

$$D = \text{قطر داخلی استاتور}$$

$$\frac{f}{p} = n_s = \text{سرعت سنکرون}$$

$$A_m = \text{مقدار پیک چگالی جریان خطا استاتور}$$

$$\eta = \text{بازده}$$

$$\phi = \text{ضریب زاویه قدرت}$$

$$g = \text{فاصله هوایی (فاصله مجاز بین رتور و استاتور)}$$

$$h = \text{وزن } P_M$$

$$\mu_{rec} = \text{نفوذپذیری پسرفت وابسته}$$

تعیین معادلات

ولتاژ ترمینال موتور را برای یک معکوس کننده پل سه فاز کامل با شش سویچ و

اتصال Y موتور به صورت زیر می توان بیان کرد:

$$V_{DC} = E_F + 2RI_a + 2L \frac{di_a}{dt} \quad (۱)$$

با فرض اینکه سوئیچها ایده آل اند و EMF بین فازهای هدایت کننده ثابت است

(EMF دوزنقه ای)، جریان لحظه ای آرمیچر را می توان بصورت زیر نوشت:

$$i_a(t) = \frac{V_{DC} - EF}{XR} \left[1 - e^{\left(\frac{R}{L}\right)t} \right] + I_{0e}^{\left(\frac{R}{L}\right)t} \quad (۲)$$

ما می توانیم EMF را بسادگی بعنوان تابعی از سرعت رتور بیان کنیم:

$$E_F = k_E n \quad (۳)$$

معادله گشتاور شبیه به یک موتور DC کموتاتوردار کار است که می تواند نوشته شود:

$$T = K_t + I_a$$

عملکردها

گشتاور متوسط تبدیل شده می تواند ماکزیمم شود و ریپل گشتاور می تواند می نیمم

گردد، اگر شکل مربع EMF بصورت دوزنقه ای باشد. با سوئیچینگ ما سفتها و IGBT

ها بگونه ای که همواره دو فاز سیم پیچی بصورت سری با یکدیگر در تمام طول دوره

۶۰° رسانایی به هم متصل باشند، می توان شکل موج دوزنقه ای را بدست آورد.

بعلاوه، شکل بندی مناسب و مغناطیس کردن آهنربای دایمی (PMs) و سیم پیچهای

استاتور عوامل مهمی در بدست آوردن شکل موج دوزنقه ای می باشند. بواسطه

تلورانس ساخت، واکنشهای آرمیچر و دیگر اثرات مزاحم، شکل مربع EMF هرگز

بصورت تخت نخواهد شد. اما می توان ریپل گشتاور را زیر ۱۰٪ نگاه داشت.

شیوه اندازه گیری و ابعاد موتور

حجم همه PM های بکار رفته در موتور را می توان بصورت $v_m = 2ph NL$ بیان نمود.

که در آن p تعداد قطبهاست و L, W, h ارتفاع و عرض و طول PM می باشند. توان

خروجی یک ماشین PM متناسب است با حجم و کیفیت PM و توان الکترومغناطیسی

ماکزیمم را که به وسیله ماشین PM تبدیل می شود را می توان بصورت زیر بیان نمود

(با استفاده از دیاگرام عملکرد ماده PM بکار رفته)

$$p_{\max} = \frac{\pi^2 \xi}{2 K_f k_{ad} (1 + \varepsilon)} f B_r H_c V_m \quad (5)$$

توان الکترومغناطیسی که از شکاف هوایی عبور می کند عبارت است از :

$$S_{elm} = 0.5 \pi^2 k D^2 L_i n_s B_g A_m \quad (6)$$

و ضریب توان خروجی:

$$G_p = 0.5 n^2 k A_m B_g \eta e \phi \quad (7)$$

چگالی شار مغناطیسی شکاف هوایی عبارت است از:

$$B_g = \frac{\phi f}{\alpha i t L_i} \quad (8)$$

شیوه اندازه گیری چگالی شار برای ماشینهای مغناطیس دایمی از ماده NdFeB ساخته

شده باشند در ابتدا می تواند با $B_g = (0.7 - 0.9) B_r$ رابطه تخمین زده شود. هم چنین

چگالی شار مغناطیسی می تواند بر مبنای رابطه

$$B_g = \frac{B_r}{1 + \frac{M_{free} g}{h}} \quad (9)$$

تخمین زده شود.

یک انتخاب آزاد در طول موثر پشته آرمیچر وجود دارد. یعنی نرخ Li/D وابسته به

عملکرد موتور می باشد. توصیه شده که برای ماشینهای PM کوچک شکاف هوایی بین

0.3 تا 100 mm در نظر گرفته بشود. شکاف هوایی کوچکتر، جریان راه انداز

کوچکتری را می طلبد. اما شکاف هوایی کوچکتر منتج به افزایش اثر عکس العمل

آرمیچر و گشتاور نامطلوب (ریپل دار) می گردد. موتورهای DC بدون جاروبک

مغناطیس دایم بصورت برتری دارای رتورهای با مغناطیس های چسبیده شده در سطح،
با ضریب موثر زاویه قطب بزرگ می باشند. برای یک توزیع مستطیلی ایده‌ال از
چگالی شار مغناطیس شکاف هوایی B_g = ثابت در محدوده $0 < x < t$ که t گام
قطب است که از صفر تا 180° می تواند باشد:

$$\phi_f L_i \int_0^t B_g dx = t L_i B_g \quad (10)$$

با در نظر گرفتن عرض کفشک قطب b_p و یک شار حاشیه‌ای، EMF موثر در توان
الکترومغناطیسی عبارت است از:

$$E_f = 8PNn\alpha_i t L_i B_g \eta \quad (11)$$

گشتاور الکتریکی مغناطیسی تولیدی بوسیله موتور عبارت است از :

$$T_d = \frac{4}{\eta} PNk\alpha_i^{(sq)} t L_i B_g \eta \quad (12)$$

ملاحظات طراحی

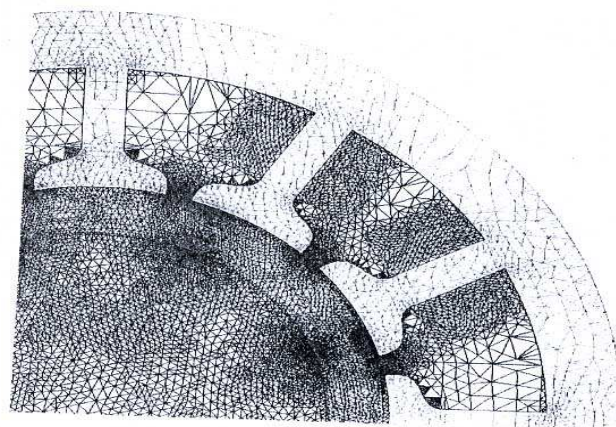
چگالی توان و چگالی گشتاور برای تعیین کردن اینکه چگونه بهترین مواد فعال برای
یک موتور BLDC به کار بروند، اندازه‌گیری می‌شوند. آهنرباهای NdFeB بالاترین
چگالی انرژی را با هزینه قابل قبولی عرضه می دارد. ایراد بزرگ آنها در مقایسه با
SMCO خاصیت گرمایی آنها است. وقتی که مغناطیسهای NdFeB به کار می‌برند،
اندازه‌گیری می‌شوند. آهنربای NdFeB بالاترین چگالی انرژی را با هزینه قابل قبولی
عرضه می دارد. وقتی که مغناطیسهای NdFeB به کار می‌روند، درجه حرارت باید
زیر 160°C تا 250°C حفظ گردد. چون اتلاف حرارتی رتور کم است برای آن خنک

سازی پسیو (غیرفعال) بکار برده می شود. ابعاد اصلی (قطر درونی استاتور و طول موثر هسته) برای BLDC ها بوسیله توان خروجی اندازه گیری شده، چگالی شار مغناطیسی شکاف هوایی و جریان خط آرمیچر همانطور یک به قبلاً توضیح داده شد تعیین می گردد.

شکل ۳: شکل هندسی موتور طراحی شده (PM BLDC)

آنالیز بروش عنصر محدود

طراحی بالا با استفاده از بسته نرم افزاری MaxWell2D آنالیز شده بود و راه حل های گوناگون در بخشهای بعدی ارائه می گردند، نرم افزار فوق شبکه اولیه را تولید کرده و سپس آنرا بصورت موردی پالایش و تجزیه و تحلیل می کنند. نمای بزرگ شده شبکه نهایی در شکل 4 نشان داده شده است.

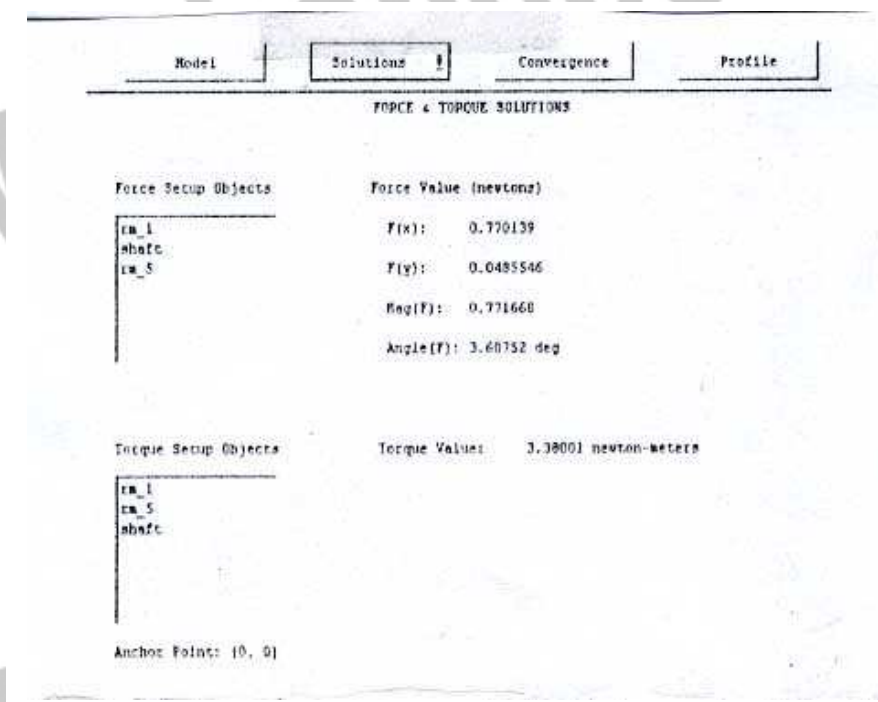


شکل ۴: نمای بزرگ شده شبکه نهایی با استفاده از Maxwell2D

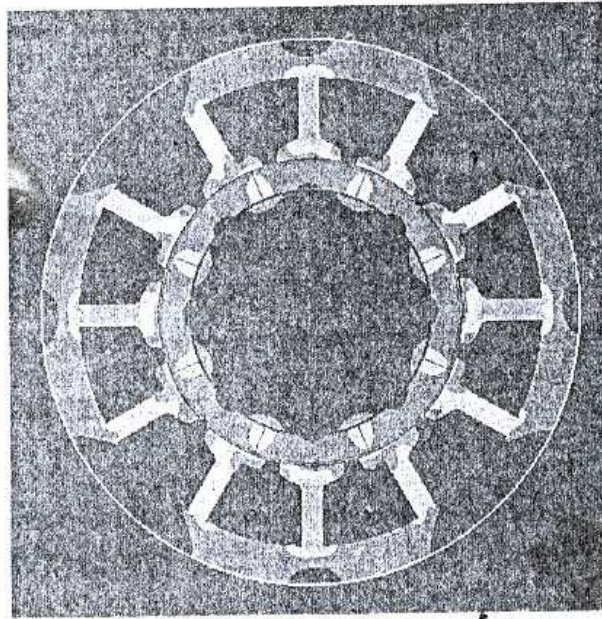
راه‌حلهایی که برای گشتاور بدست آمده بود با ویژگیها و خصوصیات طراحی مقایسه گردید.

گشتاور طراحی و گشتاور بدست آمده با آنالیز FE بسیار بیکدیگر نزدیک هستند که با یکدیگر یکی می شدند، بطوریکه طراحی را بصورت عینی تقویت می کند. هم چنین تأثیرات تجربی تیر این گزارش را در بر می گیرند.

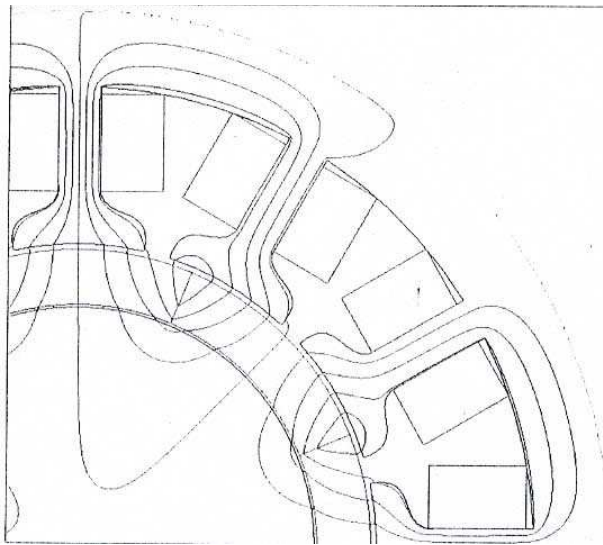
شکل 5 راه حلی برای گشتاور را که مبتنی بر آنالیز FE است برای طراحی مطلوب موتور بمانشان می دهد توزیع خطوط شار و چگالی شار در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۵: گشتاور مبنای آنالیز FE با بکار بردن Maxwell2D



شکل ۶: چگالی شار، مغناطیسی
(موتور طراحی شده)

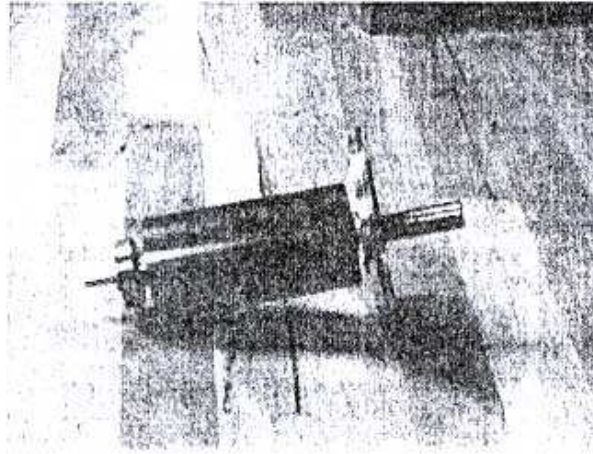


شکل ۷: توزیع خطوط شار (موتور طراحی شده)

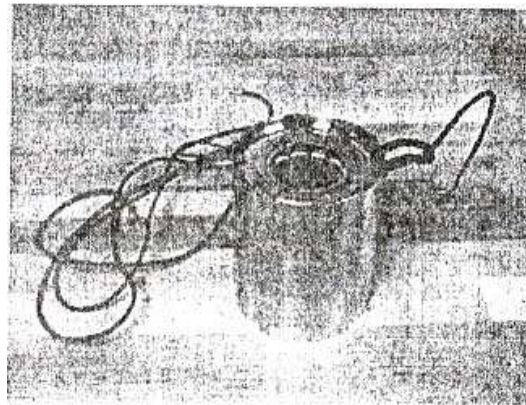
پارامترهای طراحی انتخاب شده همانطوری که در بالا شرح داده شد مبتنی بر روی

تحلیلی است. طراحی با استفاده از بسته نرم افزاری Maxwell2D و آنالیز FE

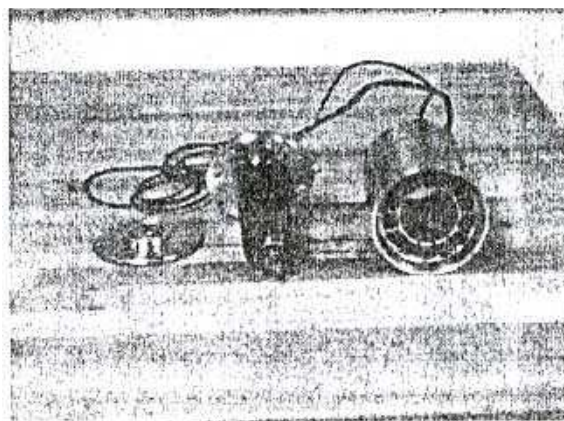
توصیف گردیده است. نتایج روش تحلیلی و آنالیز FE بر هم منطبق می شوند بطوریکه خیلی به هم نزدیک گردند. بنابراین این می تواند آنقدر طراحی را توانا بسازد که عملی بهینه را عرضه نماید، بطوریکه نه تنها تجهیزات مورد نیاز کم گردند، بلکه عملکرد بهتری را نیز تحویل بدهد. نتایج آزمایشگاهی این بحث را نیز تأیید می نمایند. اشکال شماره ۸ تا ۱۰ محصول نهایی یعنی موتور تولید شده را نشان می دهند.



شکل ۸: رتور با مغناطیس دائم BLDC موتور



شکل ۹: استاتور BLDC موتور



شکل ۱۰: رتور و استاتور BLDC موتور

مقایسه BLDC موتورها با موتورهای AC و DC

موتورهای بون جارو بک با مغناطیس دایمی در برگیرنده همان مشخصه های گشتاور سرعت و قوانین عملکرد پایه موتورهای DC است. تفاوت اصلی آنها با موتورهای DC در آنست که در اینجا سیم پیچی رتور با مواد مغناطیسی دایم جایگزین شده است و فرآیند یکسوسازی بصورت الکترونیکی انجام می گیرد.

با بکار بردن PM و حذف کردن جاروبکها مزیت های خاصی را بصورت زیر دربر دارد:

کنترل کردن گشتاور با عملکرد بالا

ریپل کم گشتاور خروجی

تواندهی بالا نسبت به وزن موتور

عمر بالا

نویز پایین و EMI پایین

تبادل حرارت بهتر

هزینه نگهداری پایین

سرعت بسیار بالا

موتورهای DC از راندمان بالایی برخوردارند و بخاطر همین مشخصه برجسته شان است که می توان از آنها بعنوان سر و موتور استفاده نمود. تنها عیب آنها نیاز به جاروبک و کموتاتوری است که دایم در حال فرسایش می باشند و هزینه تعمیر و نگهداری آنها زیاد است.

در موتورهای dc معمولی آرمیچر بر روی رتور و میدان بر روی استاتور واقع شده است. در حالیکه در موتورهای بدون جارو بک اینگونه نمی باشد. بلکه ساختمان این موتورها شباهت زیادی به موتورهای AC سنکرون دارد. یعنی آرمیچر آنها بر روی استاتور و میدان از دو یا چند آهنربا که بر روی رتور واقع می شوند تشکیل می شود. از جمله شباهتهای این موتورها با موتورهای AC سیم بندی آرمیچر آن است که بصورت توزیع شده و چند فاز می باشد که به منظور یکنواخت کردن حرکت موتور بکار می رود. و بالطبع تعداد شیارهای موتور افزایش خواهد یافت.

از جمله تفاوتهای آنها با موتورهای AC می توان بطرز تعیین وضعیت رتور اشاره نمود. که برای این منظور در این موتورها از کلیه های الکترونیکی استفاده می شود که سیگنالهای تعیین وضعیت رتور را تولید می کنند در حالیکه در موتورهای AC اینگونه نیست.

جدول ۳- مقایسه موتورهای DC معمولی و بدون جاروبک

موضوع	موتورهای DC معمولی	BLDC موتور
ساختمان مکانیکی	میدان مغناطیسی بر روی استاتور	میدان مغناطیسی همانند موتور AC سنکرون روی رتور
مشخصات - برجسته	پاسخ سریع و قابلیت کنترل بالا	عمر زیاد، سادگی تعمیرات و نگهداری
اتصال سیم پیچها	اتصال حلقوی- از سیم پیچهای توزیع شده در آن استفاده نمی شود چون باعث افزایش اند و کتانس و ایجاد جرقه بزرگتر و هم چنین لرزش بالاتر از آنها خواهد شد.	نوع پیشرفته: اتصال بصورت سه فازه نوع معمولی : اتصال بصورت سه فازه با نقطه صفر نوع ساده : اتصال بصورت دو فازه با نقطه صفر
روش ارتباط	تماس مکانیکی بین جاروبک و کموتاتور	کلیدهای الکترونیکی با استفاده از ترانزیستور
روش آشکار سازی موقعیت رتور	بصورت اتوماتیک توسط جاروبک قابل آشکار شدن است.	عناصر هال، رمزگشای دورنی و غیره
روش تغییر جهت سرعت	توسط معکوس نمودن ولتاژ ترمینال	توسط مدارات ترتیبی دیجیتال

جهت خرید فایل word به سایت www.kandooocn.com مراجعه کنید
یا با شماره های ۰۹۳۶۶۰۲۷۴۱۷ و ۰۹۳۶۶۴۰۶۸۵۷ و ۰۶۶۴۱۲۶۰-۵۱۱ تماس حاصل نمایید

فصل دوم

توصیف سیستمهای تحریک برای BLDC موتور:

سیستم تحریک ما از سه برد اصلی تشکیل می شود:

۱- مبدل AC/DC بوست با تصحیح ضریب توان

۲- کنترلر BLDC موتور با دارا بودن خاصیت حلقه بسته

۳- مدار معکوس کننده سه فاز دو قطبی

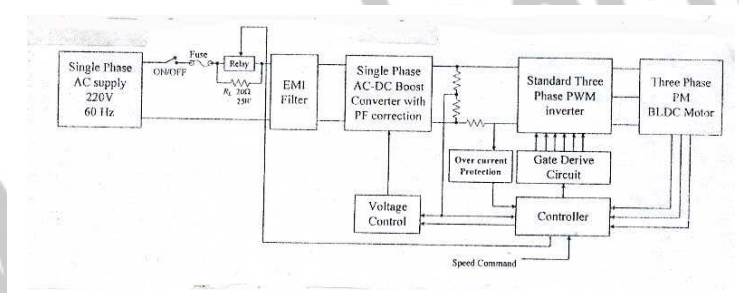
ابزارهای کمکی برای اطمینان از قابل اعتماد بودن و عملکرد موثر و کامل تحریک

اضافه می گردند. نظیر حفاظت در برابر جریان زیاد، قفل ولتاژ پایین، یک عایق بندی

کامل بین مدار کنترل و جهت ولتاژ بالای معکوس کننده و زمین کرده همه قسمت های

فلزی که به مدار فعال (زنده) متعلق نمی باشند. طرح درایو PMBLDC در شکل ۱۱

نشان داده شده است.



شکل ۱۱: بلوک دیاگرام درایو BLDC با مغناطیس دائم

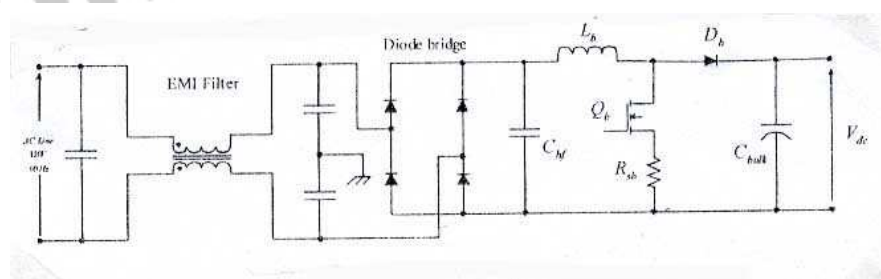
مبدل بوست AC/DC (تولید ولتاژ بالای DC جهت تغذیه اینورتر)

برای رسیدن به سرعت بالای مطلوب موتور (5000rpm) و طبق عامل حساسیت ennf

برگشتی $\left(0.75 \frac{V}{rpm}\right)$ ولتاژ DC برای تغذیه معکوس کننده باید در $375 \frac{V}{DC}$

ثابت شود. برای بدست آوردن این ولتاژ DC بالا از مبنای 60HZ ، $220 \frac{V}{ac}$ همراه با

عامل توان بالا و اعوجاج هارمونیک منبع جریان پایین (TMD)، مبدل بوست بکار برده می شود. مبدل بوست در هر وضعیت شرطی، بی وقفه کار می کند. (CCM) که انتخابی عالی را برای بدست آوردن ولتاژ DC مطلوب با فاکتور توان بالا و شکل موج جریان ورودی نزدیک و شبیه به سینوسی را عرضه می کند. همانطوری که در شکل نشان داده شده است، مبدل بوست، یک مبدل پل، یک سلف، یک ما سفت، یک دیود سویچینگ سریع و یک خازن بزرگ را دارا می باشد. اضافه کردن فیلتر EMI در ورودی سبب کاستی EMI خواهد شد.



شکل ۱۲: دیاگرام مدار مبدل بوست

برای اینکه مبدل بوست براحتی کنترل شود، IC 1650 Ncp مورد استفاده قرار می گیرد. این IC جدید یک IC پیشرفته برای تصحیح فاکتور توان است. که می تواند فراتر از محدوده پهنای ولتاژ ورودی و سطوح توان خارجی عمل نماید. این مدار برای کار در روی سیستمهای توان 50/60 HZ طراحی گردیده است. این کنترلر برای اطمینان از ایمن بودن و قابل اعتماد بودن کارکرد تحت هر شرایط چندین روش حفاظت متفاوت را عرضه می کند.

PWM یک کنترلر با فرکانس ثابت، حالت جریان متوسط با تجهیزات تکمیلی وسیع می باشد. این تجهیزات و ویژگیها هم قابلیت انعطاف پذیری و هم قابلیت ظریف کاری را بخوبی در کاربردهایشان در یک مدار عرضه می دارند. اجزاء بحرانی مدار داخلی با دقت بالایی طراحی شده اند بطوریکه قابلیت عرضه توان صحیح و محدودسازی جریان را داشته باشند. بنابراین می نیمم کردن مقدار طراحی خیلی بالا برای اجزاء طبقه توان ضروری بنظر می رسد Ncp 1650 برای مداری با توان محدود، بطور صحیح طراحی می گردد، که حتی در وضعیت توان ثابت، فاکتور توان را بطور عالی حفاظت خواهد نمود. هم چنین ابزاری را دارا می باشد که برای جریانهای بار در حال تغییر و ولتاژهای خط پاسخ گذاری سریع ایجاد کند. تمام ابزار و ویژگیهایی را که کنترلر بکار می برد

می توان بصورت زیر جمع بندی نمود:

عملکرد فرکانس ثابت

عملکرد بصورت پیوسته یا غیر پیوسته

مدار محدودسازی توان صحیح

قفل حداقل ولتاژ

میزان شیب که بر دقت نوسانساز تأثیری ندارد.

حالت جریان متوسط PWM

حالت جبران گذاری بار/ خطا بصورت سریع

چند برابر کننده و با دقت بالا.

مقایسه گر حد ولتاژ بالا.

عملکرد از 25 تا 250 کیلو هرتز

ویژگیها و ابزار حفاظتی عبارتند از:

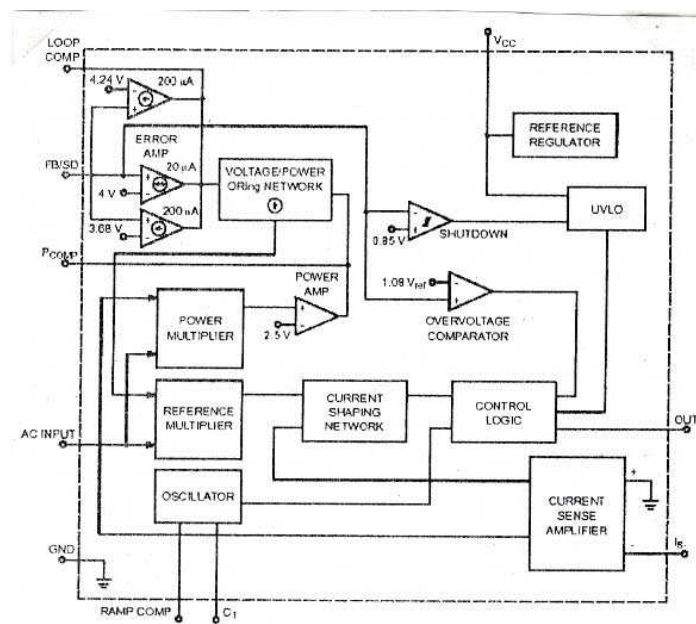
حفاظت اور شوت ولتاژ خارجی

حفاظت ورودی خط پایین

حد جریان آنی

حد جریان فرکانس خط

حد توان ماکزیمم



شکل ۱۳: بلوک دیاگرام ساده شده NCP1650

در حقیقت این IC وظیفه تولید پالس و کنترل پایه گیت ماسفت بکار رفته در مبدل

بوست را بر عهده دارد.

جدول ۴- نحوه عملکرد و توصیف پایه های IC را بیان می کند.

توضیحات	تابع عملکرد	شماره پایه
تغذیه قطعه را فراهم می سازد، این پایه، ولتاژ حداقل را نیز نمایش داده و اگر ولتاژ V_{CC} در محدوده U_{vlo} نباشد، قطعه کار نخواهد کرد.	V_{CC}	1
خروجی مرجع تنظیم شده $6/25^{\circ}$ است. موقعی که چیپ در وضعیت خاموش باشد، این ولتاژ مرجع غیرفعال می گردد.	V_{REF}	2
برای تقویت کننده مرجع ac قطب فراهم میسازد. این تقویت کننده جمع ولتاژ ورودی ac و جزء فرکانس پایین جریان ورودی را با سیگنال مرجع مقایسه می نماید. پاسخ باید به اندازه کافی کند باشد تا اکثر فرکانسهای بالا را از سیگنال جریان فیلتر کرده یعنی آنهایی را که از تقویت کننده جریان تزریق گردیده اما به اندازه کافی سریع باشد تا اطلاعات فرکانس خطا حداقل را انحراف پیدا کند.	جبران AC	3
این پایه یک خازن را با زمین برای فیلتر کردن و پایداری تقویت کننده خطای ac سازگار می نماید. تقویت کننده های خطای ac یک تقویت کننده ابر رسانا بوده و به یک بار امپدانس بالای داخلی منتهی می گردد.	فیلتر مرجع	4
موج سینوسی ac ورودی یکسو شده به این پایه متصل می گردد. این اطلاعات برای مقایسه کننده مرجع، مدار توان ماکزیمم و مدار جریان	ورودی AC	5

		متوسط بکار می شود.
توضیحات	تابع عملکرد	شماره پایه
خروجی DC مبدل از طریق یک تقسیم کننده ولتاژ مقاومتی به یک سطح 4v کاهش یافته و برای مهیا ساختن فیدبک برای حلقه تنظیم ولتاژ به این پایه متصل می گردد. هم چنین موقعیکه ولتاژ خروجی تقسیم شده از $0.75V$ فراتر رود این پین با غیرفعال کردن چپ یک ابزار قفل ولتاژ پایین را مهیا می سازد. این پایه بعنوان پایه خاموش کننده نیز می تواند بکار برده شود. با یک مقایسه کننده کلکتور باز یا یک ترانزیستور سیگنال کوچک آنرا بزمین متصل کرده و بعنوان خاموش کننده بکار ببرید.	فیدبک / خاموش	6
یک شبکه جبران ساز برای لوپ تنظیم ولتاژ به خروجی تقویت کننده خطای ولتاژ در این پایه متصل شده است.	جبران لوپ	7
یک شبکه حیران برای لوپ تغذیه به خروجی تقویت کننده و خطای تغذیه در این پایه متصل گردیده است.	جبران تغذیه	8
این پایه به خروجی چند برابر کننده توان اجازه می دهد برای سطح محدود توان ماکزیمم مطلوب مقیاس بندی شود. این چند برابر کننده یک طراحی سوئیچینگ مناسب و مورد نیاز برای هر دو مقاومت و خازن متصل بزمین می باشد. مقدار این مقاومت در اتصال با R_{10}	توان حداکثر	9

		مشخص می شود.
توضیحات	تابع عملکرد	شماره پایه
یک مقاومت خارجی با یک ضریب حرارتی پایین از این ترمینال بزمین متصل می گردد تا بهره جریان خروجی تقویت کننده تنظیم و پایا گردد. بطوریکه چند برابر کننده های توان و تقویت کننده خطای ac را تحریک نماید این مقاومت باید شبیه نوعی باشد که در مورد پایه ۹ بکار گرفته شده مقدار این مقاومت حداکثر جریان متوسط را مشخص خواهد نمود که قبل از اینکه عمل محدود سازی انجام شود اجازه این کار را خواهد داد.	جریان متوسط	10
خازنی که متصل به این پین است اجزاء فرکانس بالا را از شکل موج جریان آنی فیلتر نموده تا شکل موجی شبیه جریان خطا متوسط خلق گردد.	جریان متوسط فیلتر	11
ورودی حس شده جریان منفی برای اتصال به جهت منفی مدار فرعی جریان طراحی شده است.	I_s	12
این پایه مدار جبران شیب را با یاس می کند تا مقدار جبران تنظیم گردد که به جریان آنی و خروجیهای تقویت کننده خطای ac اضافه شده است.	جبران شیب	13
خازن زمان سنجی برای نوسان از ورودی این خازن فرکانسی و	خازن زمانی	14

	سنگ CT	نوسانساز را تنظیم می کند
15	Cnd زمین	مرجع زمین برای مدار
16	تحریک خروجی	تغذیه FET یا IGBT خروجی را بر عهده دارد. برای قطعات کوچک قادر به تحریک بوده یا می تواند برای ترانزیستورهای بزرگتر به یک تحریک کننده خارجی متصل گردد.

MC 33035, NCV 33035

کنترلر موتور DC بدون جاروبک

MC 330.5 یک کنترلر موتور ساده بدون جاروبک یکپارچه نسل دوم با عملکرد بالاست که حاوی تمام عملکردهای فعالی مورد نیاز برای تحقق یک سیستم کنترل موتور سه یا چهار فازی مدار باز کامل می باشد. این وسیله از اجزای زیر تشکیل شده است: یک دکدر وضعیت رتور برای ترتیب یکسوسازی مناسب، مرجع متعادل کننده و با قابلیت تامین توان برای حسگر، نوسانگر دنداناره ای قابل برنامه ریزی فرکانس، سه محرکه فوقانی کلکتور باز و سه محرکه تحتانی توتم پل جریان بالا، مناسب برای تحریک ما سفتهای قدرت.

هم چنین ویژگیهای محافظتی نظیر قفل ولتاژ پایین، محدودیت جریان سیکل به سیکل با یک حالت خاموشی قفل شده قابل انتخاب با تأخیر زمانی، خاموشی حرارتی داخل و یک خروجی خطا منحصر بفرد که می تواند در سیستمهای کنترل شونده با ریزپردازنده به صورت رابطه قرار داده شود، گنجانده شده اند.

نمونه‌ای از عملکرد های کنترل موتور عبارتند از: سرعت مدار باز جهت حرکت مستقیم یا معکوس، فعال سازی چرخش موتور، ترمز کردن دینامیکی، mc33035 برای کار با تغییر فازهای سنسور الکتریکی از $60^\circ/300^\circ$ یا $120^\circ/240^\circ$ طراحی شده است و هم چنین می تواند موتورهای DC جاروبکدار را بطرز موثری کنترل نماید.

ویژگیها

کار با ۱۰ تا ۳۰ ولت

قفل ولتاژ پایین.

مرجع ۶/۲۵ ولتی با قابلیت تأمین توان برای حسگر

آمپلی فایر خطای کاملاً قابل دسترس برای کاربردهای سرو و مدار بسته.

محرکه های جریان بالا که یک پل ما سفت سه فاز خارجی را می توانند کنترل نمایند.

محدودیت سیکل به سیکل جریان

مرجع حس کننده جریان دارای پین خارجی.

خاموشی حرارتی داخلی

تغییر فازهای سنسور $60^\circ/360^\circ$ یا $120^\circ/240^\circ$ قابل انتخاب.

می تواند بطور موثر موتورهای DC جاروبکدار دارای پل MOSFet- H خارجی را کنترل نماید.

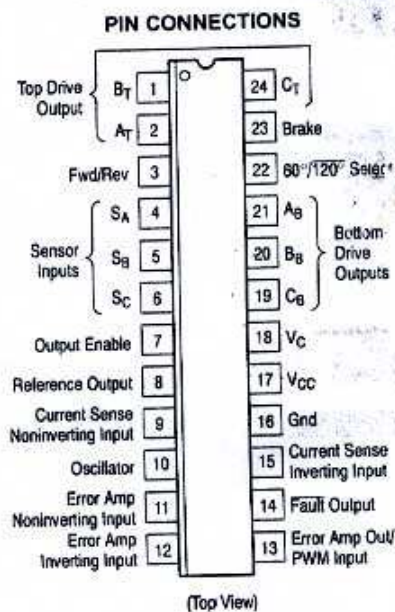
پیشوند Ncv برای کاربردهای اتومبیل سازی و کاربردهای دیگر که نیازمند تغییرات

محل و کنترل هستند.

بسته های فاقد سرب موجودند.



DW SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751E
(SO-24L)



ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 27 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

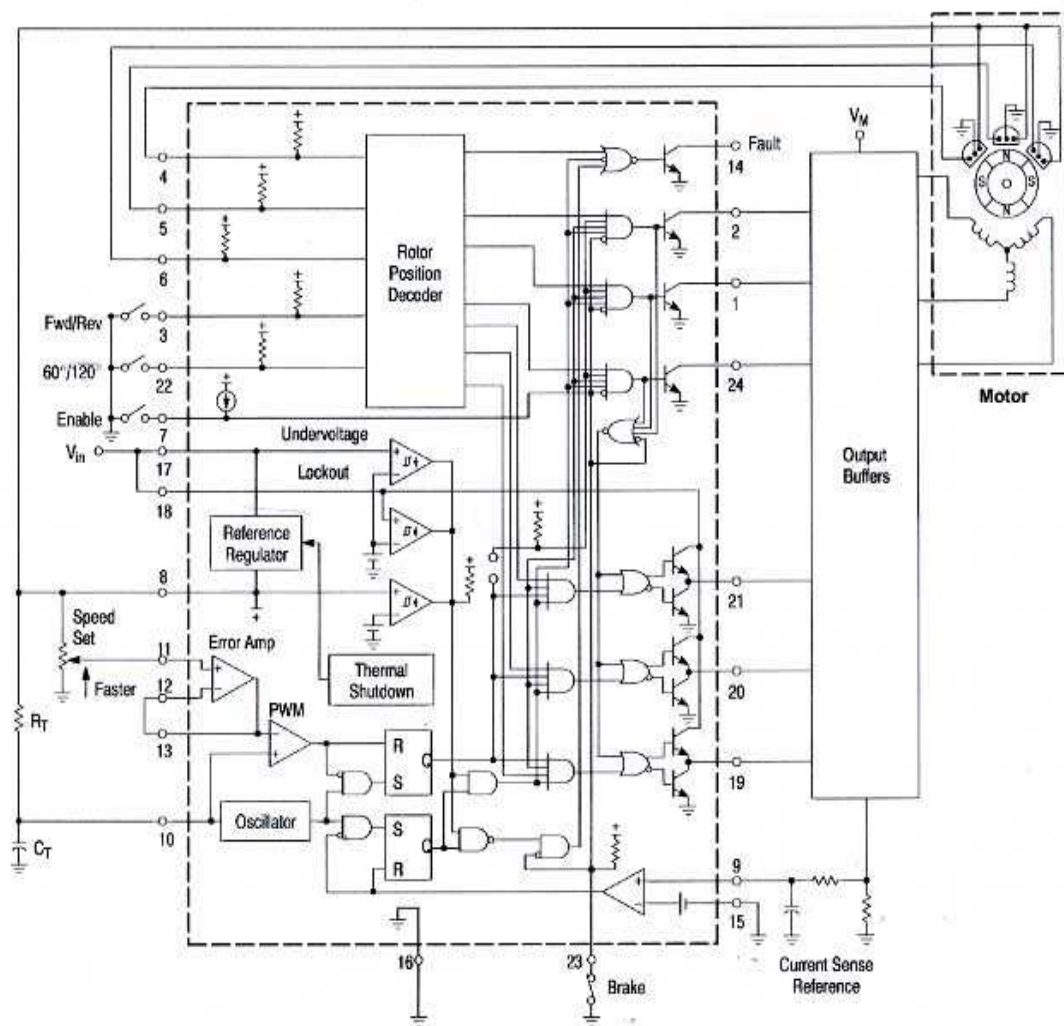
See general marking information in the device marking section on page 27 of this data sheet.

Publication Order Number:
MC33035/D

شکل ۱۴

MC33035, NCV33035

Representative Schematic Diagram



This device contains 285 active transistors.

شکل ۱۵ :

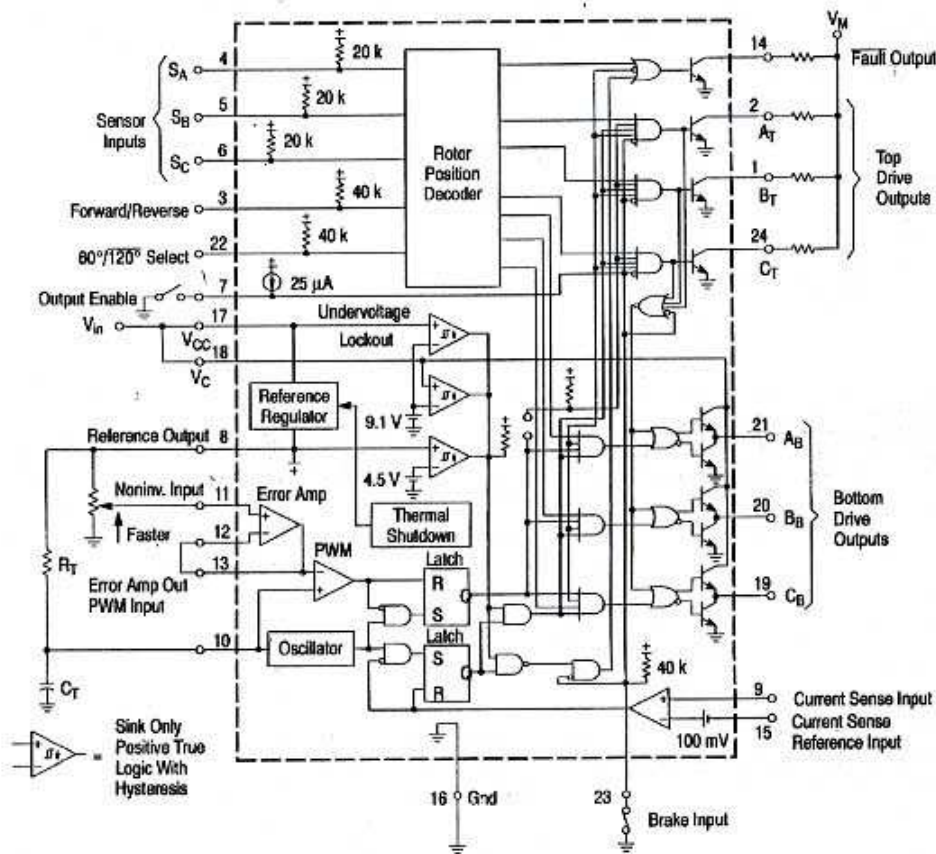
جدول ۵- عملکرد پایه‌های MC33035

پایه	سمبل	توصیف عملکرد پایه‌ها
1,2,24	B_T, A_T, C_T	این سه محرکه خروجی بالای کلکتور باز طراحی شده‌اند تا تحریک کنند کلید ترانزیستورهای قدرت خارجی فوقانی را.
3	fwd/Rev	ورودی مستقیم یا معکوس بکار رفته است تا جهت چرخش موتور را تغییر دهد.
4,5,6	S_A, S_B, S_C	این سه ورودی سنسور ترتیب کموتاسیون را کنترل می کنند.
7	فعال ساز خروجی	منطق ۱ در این ورودی سبب می شود که موتور بچرخد تا زمانیکه منطق صفر باعث خلاص شدن و از کار افتادن موتور نگردد.
8	خروجی مبنا	این خروجی بهبودی بخشد جریان شارژ کننده برای زمان‌بندی نوسانگر، خازن C_T و یک مرجع برای آمپلی فایر خطا. همچنین می تواند سنسورهای قدرت را نیز تغذیه کند.
9	ورودی غیر معکوس کننده حس کننده جریان	یک سیگنال 100 mv با رجوع به پین ۱۵ در این ورودی قطع خواهد کرد هدایت کلیه خروجی در طول یک سیکل نوسانگر داده شده. این پایه معمولاً به سر بالای مقاومت حس کننده جریان وصل میشود.
10	نوسانگر	فرکانس کار نوسانگر برنامه‌ریزی می‌شود بوسیله مقادیر

		انتخاب شده برای عناصر زمانبندی شده برای عناصر زمانبندی C_t, R_t
11	ورودی غیر معکوس کننده آمپلی فایر خطا	بطور معمول این ورودی به پتانسیومتر تنظیم سرعت متصل شده است.
12	ورودی معکوس کننده آمپلی فایر خطا	این ورودی معمولاً به خروجی آمپلی فایر خطا در کاربرهای حلقه باز متصل می شود.
13	خروجی آمپلی فایر خطا یا ورودی PWM	این پین برای کاربردهای جبران سازی در حلقه بسته موجود می باشد.
14	خروجی خطا	خروجی کلکتور باز فعال در حالت پایین است در طول هر کدام از یک یا چند شرایطی که بیان می شوند: کد ورودی سنسور غیرمعتبر، قراردادن ورودی فعال ساز در منطق ۰ ، ورودی حس کننده جریان بیشتر از 100 mv (پایه ۹ با توجه به پایه ۱۵) فعال شدن قفل ولتاژ حالت پایین ، و خاموش کننده حرارتی.
15	ورودی معکوس کننده حس کننده جریان	پایه مرجع برای آستانه 100mv داخلی. این پایه بطور معمول به قسمت پایین مقاومت حس کننده جریان متصل شده است.
16	زمین	این پایه تهیه می کند یک زمین برای مدار کنترل و بایستی مرجعی باشد برای بازگشت زمین منبع قدرت

17	V_{CC}	این پایه یک تغذیه مثبت برای کنترل IC است. کنترلر ما عمل خواهد کرد هنگامیکه مقدار V_{CC} بین ۱۰ تا ۳۰ ولت قرار داشته باشد.
18	V_C	منطق ۱ (v_{OH}) خروجیهای محرک پایین تنظیم می گردند بوسیله خروجیهای بکار گرفته شده از این پایه. کنترلر ما عمل خواهد کرد هنگامیکه مقدار V_C بین ۱۰ تا ۳۰ ولت قرار داشته باشد.
19,20,21	A_B, C_B, B_B	این سه محرک خروجی توتم پل طرحی شده اند برای تحریک مستقیم کلید ترانزیستورهای قدرت پایین خارجی.
22	انتخاب 60° تا 120°	حالت الکتریکی این پایه تشکیل می دهد عملکرد کنترل مدار برای هر 60° (حالت بالا یا ۱) یا 120° (حالت پایین یا صفر) ورودیهای تغییر فاز الکتریکی سنسور.
23	ترمز	حالت منطقی پایین در این ورودی به موتور اجازه گردش می دهد تا زمانیکه یک حالت بالا، جلوی عملکرد موتور را بگیرد و هم چنین اگر عمل کننده باعث کاستن سریع سرعت بشود.

MC33035, NCV33035



شکل ۱۶: بلوک دیاگرام نمایش دهنده

Inputs (Note 2)										Outputs (Note 3)							
Sensor Electrical Phasing (Note 4)						F/R	Enable	Brake	Current Sense	Top Drives			Bottom Drives			Fault	
S _A	60° S _B	S _C	S _A	120° S _B	S _C					A _T	B _T	C _T	A _B	B _B	C _B		
1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	(Note 5) F/R = 1
1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	(Note 5) F/R = 0
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	(Note 5) F/R = 0
1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	
0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	(Note 6) Brake = 0
0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	
0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	
1	0	1	0	1	1	X	X	0	X	X	1	1	1	0	0	0	(Note 6) Brake = 0
0	1	0	0	0	0	X	X	0	X	X	1	1	1	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	X	X	1	X	X	1	1	1	1	1	1	(Note 7) Brake = 1
0	1	0	0	0	0	X	X	1	X	X	1	1	1	1	1	1	
V	V	V	V	V	V	X	1	1	X	X	1	1	1	1	1	1	(Note 8)
V	V	V	V	V	V	X	0	1	X	X	1	1	1	1	1	1	
V	V	V	V	V	V	X	0	0	X	X	1	1	1	0	0	0	(Note 9)
V	V	V	V	V	V	X	0	0	X	X	1	1	1	0	0	0	
V	V	V	V	V	V	X	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	(Note 10)
V	V	V	V	V	V	X	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	(Note 11)

شکل ۱۷- جدول جهت کموتاسیون سه فاز، شش مرحله ای

ملاحظات شکل شماره ۲۰ (جدول صحت کموتاسیون ۶ مرحله‌ای، سه فاز)

۱- $V =$ هر کدام از شش ترکیب درایو یا سنسور معتبر $x =$ اهمیت‌ای ندارد.

۲- ورودیهای دیجیتال (پایه‌های ۳ و ۴ و ۵ و ۶ و ۷ و ۲۲ و ۲۳) که همگی با TTL سازگار هستند. ورودی حس‌کننده جریان (پایه ۹) یک آستانه 100 mv دارد با توجه به پایه ۱۵. مقادیر کمتر از ۸۵ mv برای این ورودی بعنوان منطق ۰ تلقی می‌شود و مقادیر بیشتر از ۱۱۵ mv برای ن بعنوان منطق ۱ به شمار می‌رود.

۳- خروجیهای خطا و محرکهای بالا بصورت کلکتور باز طراحی شده‌اند. و در منطق پایین (0) فعال می‌گردند.

۴- با انتخاب 60° یا 120° (پایه ۲۲) در حالت ۱، ورودیها شکل می‌گیرد برای تغییر فاز الکتریکی 60° بین سنسورها و با گذاشتن پین ۲۲ در حالت پایین (0) ورودیها شکل می‌گیرد برای تغییر فاز الکتریکی 120° بین سنسورها.

۵- ترکیبات سنسور معتبر 60° یا 120° برای ارتباط معتبر ایجاد کردن بین خروجیهای درایوهای بالا و پایین.

۶- ورودی سنسور غیر معتبر با $= 0$ ترمز؛ همه درایوهای بالا و پایین خاموش اند و خطا فعال است.

۷- ورودی سنسور غیر معتبر با $= 1$ ترمز؛ همه درایوهای بالا خاموش و درایوهای پایین روشن و خطا فعال است.

۸- ورودی سنسور معتبر 60° یا 120° با ۱ = ترمز؛ همه درایوهای بالا خاموش و درایوهای

پایین روشن و خطا غیرفعال است.

۹- ورودیهای سنسور معتبر یا ۱ = ترمز و ۰ = فعالساز، همه درایوهای بالا خاموش و

درایوهای پایین روشن و خطا فعال است.

۱۰- ورودی سنسور معتبر با ۰ = ترمز و ۰ = فعالساز، همه درایوهای بالا و پایین

خاموش اند و خطا فعال است.

۱۱- همه درایوهای پایین خاموش و خطا فعال است.

MC33035 یکی از مجموعه کنترلرهای موتور بدون جاروبک DC یکپارچه عملکرد بالا است که توسط موتورولا تولید می شود. MC33035 حاوی تمام عملکردهای مورد نیاز برای تحقق یک سیستم کنترل موتور سه یا چهار فازی مدار باز کامل می باشد. علاوه بر این، می توان کنترلر را برای کار با موتورهای جاروبکی DC استفاده کرد. این کنترلر که با تکنولوژی آنالوگ دو قطبی ساخته شده است میزان بالایی از عملکرد و استحکام را در محیط های صنعتی بانویز بالا را ارائه می کند.

MC33035 دارای یک دکدر وضعیت روتور برای توالی یکسو سازی مناسب، یک مرجع متعادل کننده دما با قابلیت تامین قدرت حسگر، یک نوسانگر داندانه ارای قابل برنامه ریزی فرکانس، یک آمپلی فایر خطا کاملاً قابل دسترس، یک مقایسه کننده مدولاتور پهنای پالس، سه خروجی محرکه فوقانی کلکتور باز، و سه خروجی محرکه تحتانی قطب نمادین جریان بالای مناسب برای تحریک ماسفتهای قدرت را دار می باشد.

ویژگی های محافظتی نظیر قفل ولتاژ پایین، محدودیت جریان سیکل با یک حالت خاموشی ضامن دارد قابل انتخاب با تأخیر زمانی، و یک خروجی خطا منحصر بفرد که می تواند در یک کنترلر ریز پردازنده ای به صورت رابط قرار داده شود در MC33035 گنجانده شده اند.

عملکردهای کنترل موتور معمول عبارتند از: کنترل سرعت مدار باز، چرخش رو به جلو یا معکوس، فعال سازی و ترمز کردن دینامیک. علاوه بر این بین انتخاب $60^\circ/120^\circ$ دارد که دکدر وضعیت روتور را برای ورودی های تغییر فاز الکتریکی حسگر 60° یا 120° ترکیب بندی می کند.

توصیف عملکردی

یک نمودار بلوکی نمایش دهنده در شکل ۱۶ و کاربردهای مختلف در شکل های ۳۳، ۳۶، ۳۶، ۴۰، ۴۲، ۴۳ نشان داده شده است. مرجع بحث و ویژگی ها و عملکرد هر یک از بلوک های داخلی ارائه شده در زیر شکل های ۱۶ و ۳۳ می باشد.

دکدر وضعیت روتور

یک دکدر وضعیت روتور داخلی سه ورودی حسگر (نقاط ۴ و ۵ و ۶) را برای ارائه توالی مناسب خروجی های محرکه فوقانی و تحتانی کنترل می کند. ورودی های حسگر طوری طراحی شده اند که در ارتباط مستقیم با کلیدهای اژ هال نوع کلکتور باز یا جفتگرهای شکاف دار [نوری] opto باشند. مقاومت های pull-up داخلی برای به حداقل رساندن تعداد اجزای خارجی مورد نیاز در نظر گرفته شده اند. ورودی ها با TTL سازگار هستند و آستانه های آنها معمولاً در $V_{CC}/2$ است. مجموعه های MC33035 برای کنترل این موتورهای سه فازی و کار با چهار مواد از رایج ترین تغییر فازهای حسگر طراحی شده است. یک انتخاب $60^\circ/120^\circ$ (بین ۲۲) به راحتی ارائه می شود و موجب می شود که MC33035 بتواند خود را برای کنترل موتورهای دارای تغییر فازهای حسگر الکتریکی 60° ، 120° ، 240° یا 300° ترکیب بندی کند. با سه ورودی

سنسور، ۸ ترکیب کد ورودی میسر می گردد که ۶ مورد آنها وضعیت های روتور معتبر هستند. دو کد باقی مانده غیر معتبر هستند و معمولاً بوسیله یک خط حسگر باز یا کوتاه ایجاد می شوند. با ۶ کد ورودی معتبر، دکدر می تواند وضعیت روتور موتور را تا درون یک پنجره دارای ۶۰ درجه الکتریکی تعیین نماید.

ورودی رو به جلو/ معکوس (پین ۳) برای تغییر جهت چرخش موتور بوسیله معکوس کردن ولتاژ در طول سیم پیچ قسمت های ساکن استفاده می شود. زمانی که ورودی، حالت را با یک کد ورودی حسگر ویژه (بطور مثال ۱۰۰) از بالا به پایین تغییر می دهد. ورودی های محرکه فوقانی و تحتانی فعالی با تخصیص آلفا مشابه تبادل می شوند (A_T به A_B و B_B به C_T و C_B). در عمل، توالی یکسوسازی معکوس شده و موتور جهت چرخش خود را عوض می کند.

کنترل روشن/ خاموش موتور با فعال سازی خروجی (پین) انجام می شود. زمانی که چپ قطع می شود، یک منبع جریان ۲۵ mA داخلی توالی خروجی های محرکه فوقانی و تحتانی را فعال می سازد. به هنگام اتصال به زمین، خروجی های محرکه فوقانی خاموش می شوند و محرکه تحتانی کاهش داده می شوند که این کار باعث می شود که موتور خلاص شود و خروجی خطا فعال شود.

ترمز کردن دینامیک موتور اجازه می دهد که یک حاشیه ایمنی اضافی در محصول نهایی طراحی شود. ترمز کردن با قرار دادن ورودی ترمز (پین ۲۳) در یک حالت بالا انجام می شود. این کار باعث می شود که خروجی های محرکه فوقانی خاموش شوند و

محرکه تحتانی روشن شود که emf برگشتی تولید شده بوسیله موتور را کاهش می دهد. ورودی ترمز نسبت به تمام ورودی های دیگر اولویت غیرشرطی دارد. مقاومت $40\text{ k} - \Omega$ pull-up داخلی با تضمین فعال سازی ترمز در صورت باز یا بسته شدن، ارتباط با کلید ایمنی سیستم را ساده می کند. جدول صحت منطقی یکسو سازی در شکل ۱۷ نشان داده شده است. یک گیت NOR چهار ورودی برای کنترل ورودی ترمز و ورودی ها به سه ترانزیستور خروجی محرکه فوقانی استفاده می شود. و هدف آن، غیر فعال کردن ترمز گیری تا زمانی که خروجی های محرکه فوقانی به یک حالت بالا برسد می باشد. این امر به جلوگیری از هدایت همزمان کلیدهای قدرت فوقانی و تحتانی کمک می کند. در کاربردهای محرکه موتور نیم موج، خروجی های محرکه فوقانی لازم نیستند و بطور معمول قطع باقی می ماند. تحت این شرایط. ترمز گیری هنوز انجام خواهد شد چون گیت NOR ولتاژ پایه به ترانزیستورهای خروجی محرکه فوقانی را حس می کند.

آمپلی فایر خطا

یک آمپلی فایر خطای عملکرد بالا و کاملاً تنظیم شده با دسترسی به خروجی ها و ورودی ها (پین های ۱۱، ۱۲، ۱۳) برای تسهیل اجرای کنترل سرعت موتور مدار بسته ارائه شده است. ویژگی های آمپلی فایر عبارتند از: یک بهره ولتاژ DC معمول ۸۰ dB، پهنای باند بهره ۰/۶MHz و یک دامنه ولتاژ حالت راجع ورودی گسترده که از زمین تا V_{ref} گسترش می یابد. در اکثر کاربردهای کنترل سرعت مدار باز. آمپلی فایر

به صورت یک دنبال کننده ولتاژ بهره یکپارچگی با وردی غیروارونگر متصل شده به منبع ولتاژ تنظیم سرعت ترکیب بندی می شود. ترکیب بندی های دیگر در شکل های ۲۸ تا ۳۲ نشان داده شده اند.

نوسانگر

فرکانس نوسانگر فرا جهشی بوسیله مقادیر انتخاب شده برای اجزای زمانبندی R_T و C_T برنامه ریز می شود. خازن C_T با خروجی مرجع (پین ۸) از طریق مقاومت R_T شارژ می شود و بوسیله یک ترانزیستور تخلیه داخلی تخلیه بار می شود. ولتاژهای پیک فرا جهشی فرو جهشی معمولاً به ترتیب $V/4$ و $V/5$ هستند. برای ارائه یک مصالحه خوب بین نویز قابل شنود و کارایی سوئیچینگ خروجی، یک فرکانس نوسانگر در دامنه ۲۰ تا ۳۰ khz توصیه می شود. برای انتخاب اجزا به شکل ۱ مراجعه نمائید.

مدولاتور پهنای پالس

استفاده از مدولاسیون پهنای پالس، با تغیر دادن ولتاژ متوسط اعمال شده در هر سیم پیچ استاتور در طول توالی یکسو سازی، یک روش مقرون به صرفه از نظر انرژی را برای کنترل سرعت موتور را ارائه می کند. زمانی که C_T تخلیه می شود، نوسانگر هر دو نگهدارنده را تنظیم (ست) می کند و هدایت خروجی های محرکه فوقانی و تحتانی را میسر می سازد. مقایسه کننده PWM قفل بالایی را به حالت ری ست بر می گرداند و زمانی که پله مثبت C_T بیشتر از خروجی آمپلی فایر خطا است هدایت خروجی محرکه تحتانی را پایان می دهد. نمودار زمانبندی مدولاتور پهنای پالس در شکل ۱۸

نشان داده شده است. مدولاسیون پهنای پالس برای کنترل سرعت فقط در خروجی های محرکه تحتانی ظاهر می شود. (بر روی خروجیهای محرکه فوقانی تأثیری نمی گذارد).

حد جریان

عملیات پیوسته موتوری که بار بیش از حد زیادی دارد موجب گرم شدن بیش از حد و خرابی نهایی می شود. این وضعیت مخرب می تواند به بهترین نحو با استفاده از محدودیت جریان سیکل به سیکل پیشگیری شود. یعنی، هر سیکل به عنوان یک رویداد مجزا تلقی می شود.

محدودیت جریان سیکل به سیکل بوسیله کنترل تجمع جریان استاتور هر بار که یک کلید خروجی هدایت می شود انجام خواهد شد، و پس از حس کردن یک وضعیت جریان بیش از حد، بلافاصله کلید را خاموش کرده و آن را برای مدت زمان باقیمانده دوره فرا جهش بالای شکل موج نوسانگر خاموش نگه می دارد. جریان استاتور با گنجاندن یک مقاومت حسی اتصال به زمین R_s (شکل ۳۳) به صورت سری با سه ترانزیستور کلید تحتانی $(\theta_4, \theta, \theta_6)$ به یک ولتاژ تبدیل می شود. ولتاژ ایجاد شده در مقاومت حسی بوسیله ورودی حس جریان (پین های ۹ و ۱۵) کنترل شده و با مرجع 100MV داخلی مقایسه می شود. ورودی های مقایسه گر حس کننده جریان، یک دامنه حالت رایج ورودی حدود $3/0\text{ V}$ دارند. و اگر آستانه حس جریان 100MV بالاتر رود، مقایسه گر قفل (نگهدارنده) حس کننده پایینی را بحالت ری ست باز می گرداند و

هدایت کلید خروجی را پایان می دهد. مقدار برای مقاومت حس جریان به صورت زیر است:

$$R_s = \frac{0.1}{I_{\text{Stator (max)}}$$

خروجی خطا در طول یک وضعیت جریان بیش از حد فعال می شود. ترکیب بندی PWM دو قفلی نگهدارنده ای تضمین می کند که فقط یک پالس هدایت خروجی منفرد در طول هر سیکل نوسانگر خاص رخ دهد که یا با خروجی آمپلی فایر خطا یا مقایسه کننده حد جریان پایان داده می شود.

تنظیم کننده $6/25\text{ V}$ روی چیپ (پین ۸) جریان شارژ کننده را برای خازن زمان بندی نوسانگر، یک مرجع برای آمپلی فایر خطا، ارائه می کند و می تواند 20 ma جریان مناسب برای حسگرهای نیرودهنده مستقیم را در کاربردهای ولتاژ پایین تامین کند. در کاربردهای ولتاژ بالاتر، ممکن است انتقال نیروی منتشر شده بوسیله تنظیم کننده به خارج از IC ضرورت پیدا کند. این کار به سادگی با اضافه کردن یک ترانزیستورگذری خارجی به گونه ای که در شکل ۱۹ نشان داده شده است انجام شود. یک سطح مرجع $6/25\text{ V}$ برای میسر ساختن اجرای مدار NPN ساده تر که در آن، $V_{\text{ref}} - V_{\text{BE}}$ از ولتاژ حداقل مورد نیاز حسگرهای اثرهال در طول دما فراتر می رود انتخاب شده است. با انتخاب ترانزیستور مناسب و گرماگیری کافی، تا یک آمپر جریان بار می تواند حاصل شود.

قفل ولتاژ پایین

یک قفل ولتاژ پایین سه گانه برای جلوگیری از صدمه به IC و کلیه ترانزیستورهای قدرت خارجی گنجانده شده است. تحت شرایط تامین نیروی کم، این قفل تضمین می کند که IC و حسگرها کاملاً عملکردی باشند و ولتاژ خروجی محرکه تحتانی کافی وجود داشته باشد. تامین های نیروی مثبت به V_{CC} IC و محرکه های تحتانی (V_C) هر یک بوسیله مقایسه کننده های مجزایی که آستانه های آنها $9/1V$ است کنترل می شوند. این سطح محرکه گیت کافی ضروری برای کسب $R_{DC(on)}$ کم به هنگام راه اندازی وسایل MOSFET نیروی استاندارد را تضمین می کند. به هنگام نیرودهی مستقیم حسگرهای هال از مرجع، در صورتی که ولتاژ خروجی مرجع تا زیر $4/5 V$ افت پیدا کند، عملیات حسگر نامناسب خواهد شد. یک مقایسه کننده سوم برای تشخیص این وضعیت استفاده می شود. اگر یک یا چند مقایسه کننده یک وضعیت ولتاژ پایین را تشخیص دهد، خروجی خطاب فعال می شود، محرکه فوقانی خاموش می شود و خروجی های محرکه تحتانی در یک حالت پایین نگه داشته می شود. هر یک از مقایسه کننده ها برای جلوگیری از نوسانها هنگامیکه آستانه های تعبیه شده شان فراتر می روند، پسماند دارند. (منحنی مسیتزریس) (اشمیت تریگر)

خروجی خطا

خروجی خطای کلکتور باز (پین ۱۴) برای ارائه اطلاعات تشخیصی در صورت اختلال سیستم طراحی شده است. این خروجی قابلیت نگهداری $16 mA$ جریان را دارد و این امر را می توان با استفاده از یک دیود نوری مشاهده کرد. بعلاوه، این خروجی با منطق

TTL/CMOS برای استفاده در یک سیستم کنترل شونده با ریزپردازنده به راحتی

مرتبط می شود. زمانی که یک یا چند حالت زیر رخ دهند، خروجی خطای فعالیت

پایین دارد:

(۱) کد ورودی حسگر غیرمعتبر

(۲) فعال سازی خروجی در منطق [۰]

(۳) ورودی حس جریان بیشتر از 100mV

(۴) قفل ولتاژ پایین، فعال سازی یک یا چند مقایسه کننده

(۵) خاموشی حرارتی، دما از دمای پیوند حداکثر فراتر می رود.

این خروجی منحصر بفرد همچنین می تواند برای تمایز بین شروع به کار موتور یا

عملکرد مداوم در یک وضعیت بار بیش از حد استفاده شود. با اضافه کردن یک شبکه

RC بین خروجی خطای و ورودی فعال سازی، ایجاد یک خاموشی قفل دارا با تأخیر

زمانی برای جریان بیش از حد ممکن می گردد. مدار اضافه شده نشان داده شده در

شکل ۲۰ شروع به کار سیستم های موتوری دارای بارهای اینرسی بالا را با ارائه

گشتاور شروع اضافی آسان می سازد و در عین حال در برابر جریان بیش از حد

محافظت می کند. این کار با تنظیم حد جریان تا یک میزان بالاتر از مقدار اسمی برای

یک زمان از پیش تعیین شده انجام می شود. در طول یک وضعیت جریان بیش از حد

خیلی طولانی، خازن C_{DLY} شارژ خواهد شد که موجب می شود ورودی فعال سازی

از آستانه خود تا یک حالت پایین تغییر کند. سپس، یک قفل (نگهدارنده) بوسیله

حلقه فیدبک مثبت از خروجی خطای تا فعال ساز خروجی تشکیل می شود. این قفل پس از ست شدن بوسیله ورودی حس کننده جریان فقط می تواند بوسیله اتصال کوتاه کردن C_{DLY} یا قطع و وصل کردن منابع تغذیه reset شود.

خروجی تحریک کننده ها

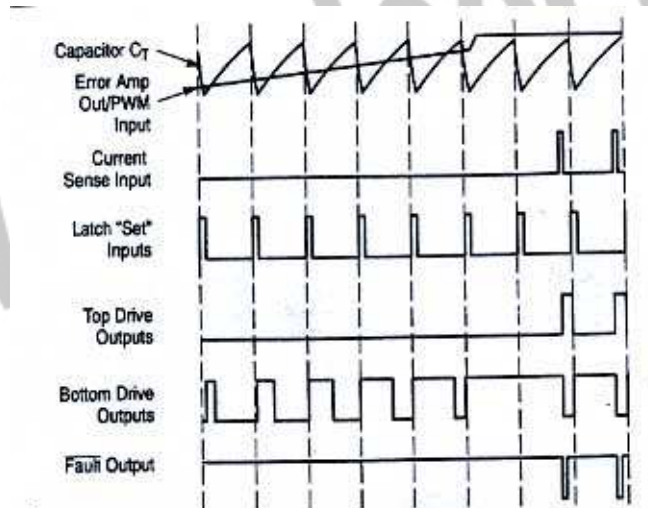
سه خروجی تحریک کننده فوقانی (پین های ۱ و ۲ و ۲۴) ترانزیستورهای NPN کلکتور باز قابلیت نگهداری ۵۰ MA با ولتاژ شکست حداقل ۳۰ V هستند. مرتبط کردن با کاربردهای ولتاژ بالاتر به راحتی با مدارهای نشان داده شده در شکل ۲۱ و ۲۲ قابل انجام است.

سه خروجی تحریک کننده تحتانی قطب نمادین (پین های ۱۹، ۲۰، ۲۱) اختصاصاً برای راه اندازی مستقیم MOSFET های N-کانال یا ترانزیستورهای دو قطبی NPN مناسب هستند (شکل های ۲۳ و ۲۴ و ۲۵ و ۲۶) هر خروجی قادر به تامین منبع و نگهداری تا ۱۰۰ MA می باشد. توان برای محرکه های تحتانی از V_C تأمین می شود (پین ۱۸). این رودی تامین مجزا، انعطاف پذیری افزوده ای را در سازگار ساختن ولتاژ محرکه بطور مستقل از V_{CC} فراهم می آورد. به هنگام تحریک MOSFET ها در سیستم هایی که در آنها V_{CC} بیشتر از ۲۰ V هستند، یک کلامپ زبر باید برای جلوگیری از گسیختگی گیت های MOSFET به این ورودی متصل شوند.

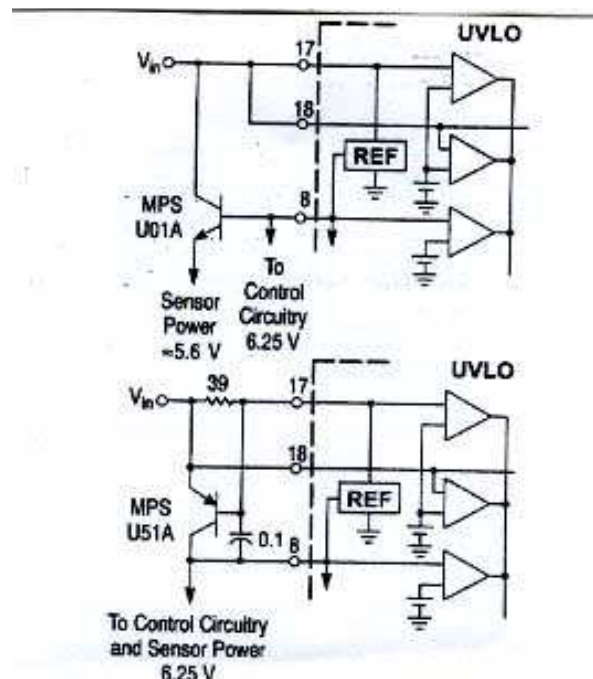
زمین مدار کنترل (پین ۱۶) و ورودی معکوس ساز حس کننده جریان (پین ۱۵) باید طی مسیرهای مجزا به زمین منبع ورودی مرکزی باز گردند.

خاموش گرمایی (حرارتی)

مدار خاموش کننده گرمای داخلی برای محافظت از IC در صورت بالا رفتن بیش از حد دمای پیوند ارائه شده است. زمانی که این ویژگی فعال می شود (بطور معمول در 170°C)، LC بگونه ای عمل می نماید که گویی فعالساز خروجی زمین شده باشد.

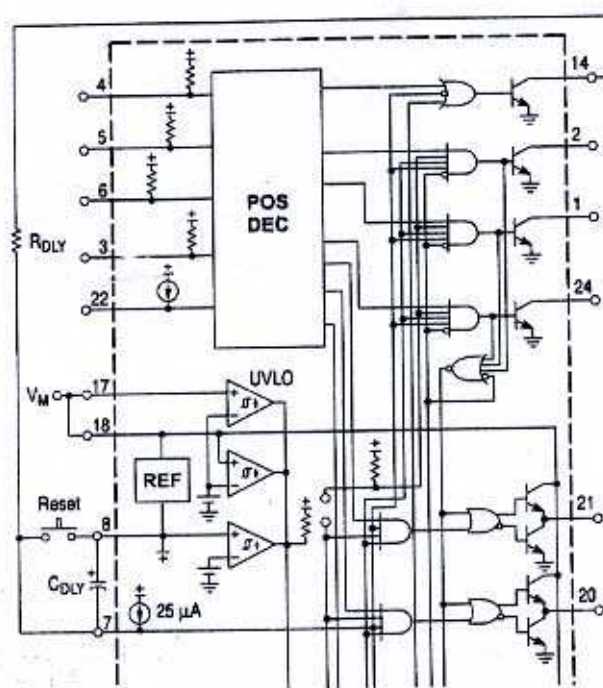


شکل ۱۸: نمودار مبنای زمانبندی برای PWM



شکل ۱۹: بافرهای خروجی مبنا

مدار NPN پیشنهاد شده برای تغذیه کردن سنسورهای هال یا نوری در جایی که ضریب حرارتی ولتاژ خروجی بحرانی نمی باشد. مدار PNP ارائه شده به وضوح پیچیده تر شده است. اما هم چنین قابلیت بیشتری در برابر دماهای بالاتر رادار است. هر دو مدار محدود کننده جریان را نیز دارا می باشند.



$$t_{DLY} \approx R_{DLY} C_{DLY} \ln \left(\frac{V_{ref} - (I_{IL} \text{ enable } R_{DLY})}{V_{th} \text{ enable} - (I_{IL} \text{ enable } R_{DLY})} \right)$$

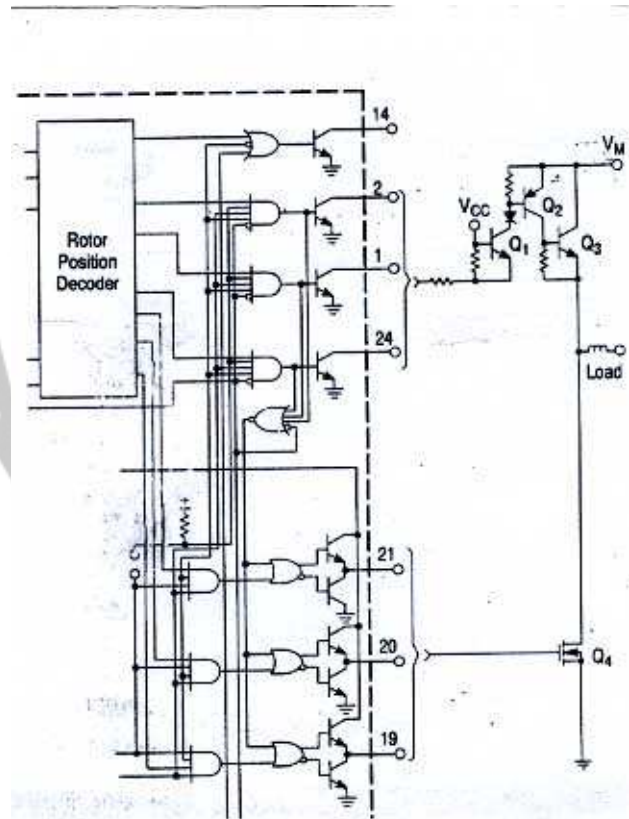
$$= R_{DLY} C_{DLY} \ln \left(\frac{6.25 - (20 \times 10^{-6} R_{DLY})}{1.4 - (20 \times 10^{-6} R_{DLY})} \right)$$

شکل ۲۰: مدار نگهدارنده (قفل کننده) با ناحیه زمانی و قطع کننده

در برابر اضافه جریان. [در مدار فوق جریانهای راهاندازی موتور بعنوان اضافه جریان تلقی نشده و موتور بکار عادی خود ادامه می دهد در همین حین خازن شارژ شده و اگر پس از راهاندازی موتور باز هم اضافه جریانی وجود داشته باشد بعنوان اضافه

جریان تلقی شده و موتور خاموش می گردد با ریست کردن خازن سیکل بالا مجدداً

تکرار خواهد شد.

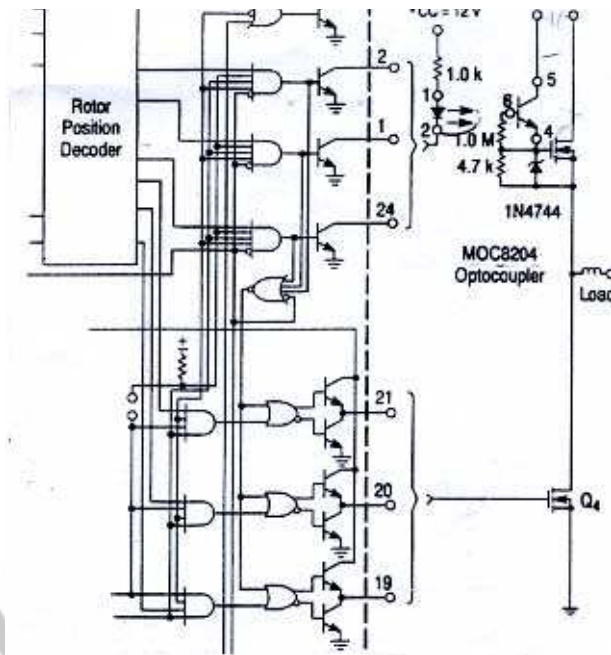


شکل ۲۱: ایجاد ولتاژ بالای داخلی با ترانزیستورهای توان از نوع NPN.

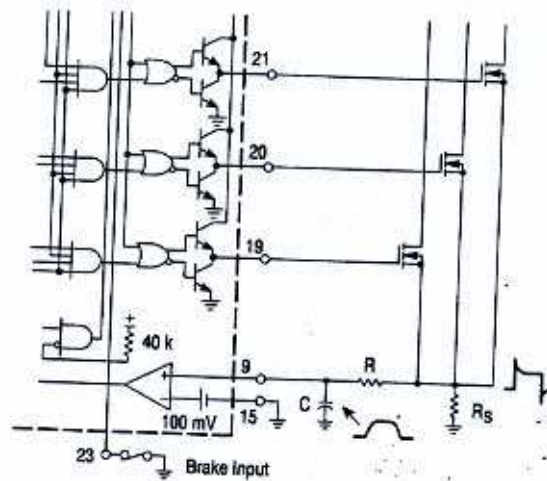
ترانزیستور Q_1 در حالت common base بکار گرفته شده است، برای رساندن سطح

ولتاژ V_{cc} به ولتاژ بالای V_m . گذاشتن دیود در پایه کلکتور Q_1 نیاز می شود اگر V_{cc} ای

داشته باشیم و در همان حال مقدار V_m افت پیدا نکند. (خروجی تحریک کننده ها)



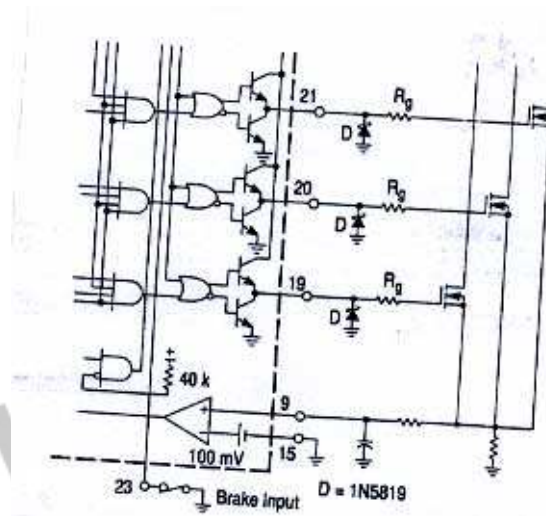
شکل ۲۲: ایجاد ولتاژ بالای داخلی به کمک ترانزیستورهای ماسفت توان N کانال .



شکل ۲۳: از بین بردن تیزی شکل موج جریان

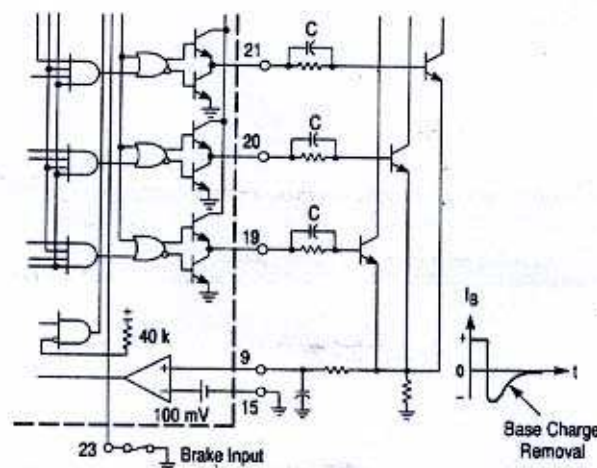
فیلتر RC اضافه شده خواهد کرد تزلزل حد جریان ای را که ایجاد شده بوسیله

تیزی سر لبه شکل موج جریان مقاومت R_s بایستی از نوع کم اندوکتانس باشد.



شکل ۲۴: حفاظت درایو ماسفت.

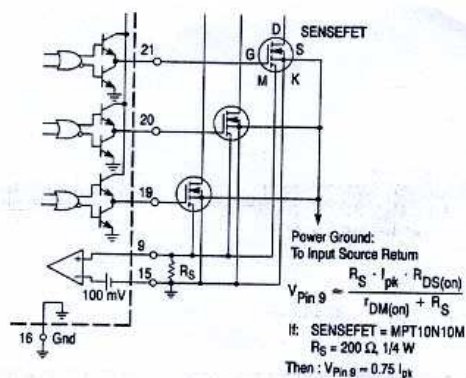
مقاومت R_g سری شده با گیت هر نوسان با فرکانس بالا را که ایجاد شده بوسیله ظرفیت خازنی ورودی ماسفت و هر اندوکتانس سیم پیچی سری در مدار گیت-سورس دمپ خواهد کرد. دیود D لازم می شود اگر قسمت منفی جریان ای که از داخل خروجی های درایو تحتانی می آید فراتر از 50 MA بشود.



شکل ۲۵: درایو ترانزیستورهای دو قطبی

خروجی totempole می تواند مجهز شود به یک جریان base منفی برای سرعت

بخشیدن به خاموشی ترانزیستورها با اضافه کردن خازن C.



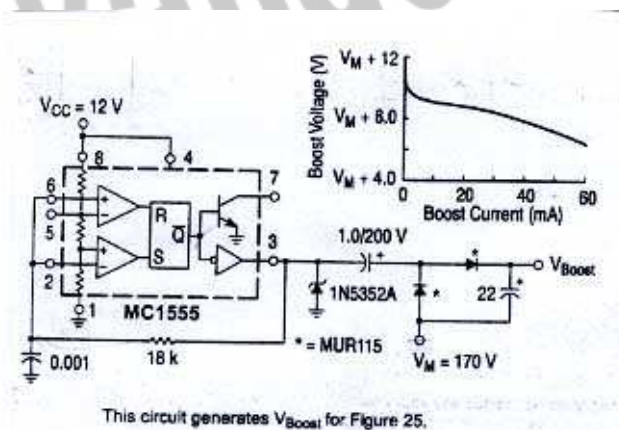
شکل ۲۶: ماسفتهای توان از نوع حس کننده جریان

زمین مدار کنترل (پایه ۱۶) و ورودی معکوس کننده حس جریان (پایه ۱۵) بایستی از

طریق مسیره های مجزا به زمین منبع ورودی مرکزی بازگردند.

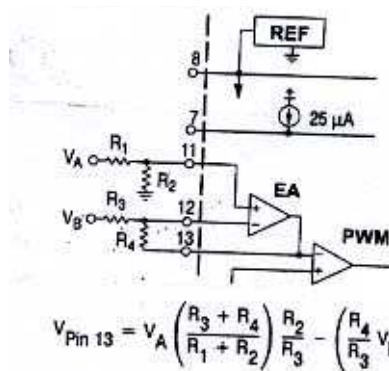
واقعاً حس کردن جریان می تواند بی نیاز از ابزار اضافی با استفاده از وسیله ای بنام

کلیدهای قدرت SENS EFET بدست آید. (بدون نیاز به فیلتر RC)



شکل ۲۷: مداری برای تهیه ولتاژ بالای بوست.

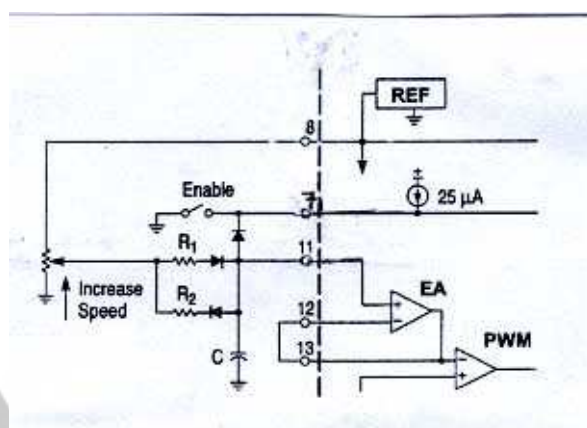
این مدار V_{BooST} برای شکل ۲۵ را تهیه می کند.



شکل ۲۸: مدار کنترل کننده سرعت ورودی با کمک استفاده از تقسیم ولتاژ بر روی

مقاومتها . [با استفاده از مقادیر متفاوت مقاومتها می توان، ولتاژهای متفاوتی در پایه ۱۳

دست یافت]



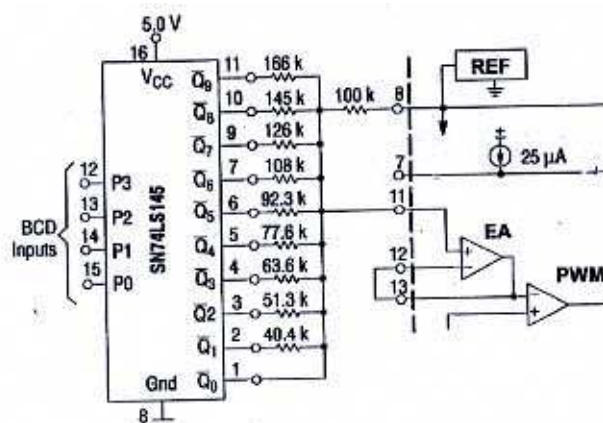
شکل ۲۹: شتابدهی یا کندسازی کنترل شده.

مقاومت R_1 با خازن C ثابت زمانی شتابدهی را تنظیم می کند در حالیکه R_2

کندسازی را کنترل می کند. مقادیر R_1 و R_2 دست کم بایستی ۱۰ بار بزرگتر از

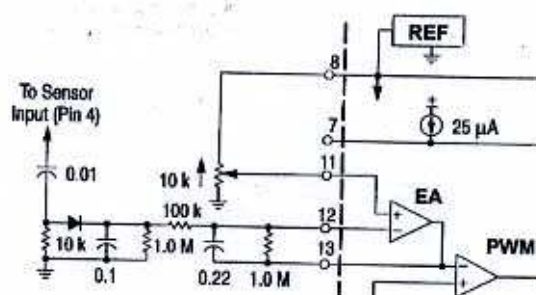
سرعت تنظیم شده پتانسیومتر باشد برای به حداقل رساندن تعبیرات ثابت زمانی با

تغییراتی که در طول کار موتور در سرعت داده می شود.



شکل ۳۰: کنترل سرعت بروش دیجیتالی

IC SN74 LS 145 یک نوع OPEN کلکتور می باشد از نوع BCD به یکی از ده رمز بردار خروجی . اگر اتصال پایه ها هانند شکل روبرو باشد، سر تا سر کدهای ورودی از 0000 تا 1001 سبب می شود افزایش تقریبی ده درصدی پهنای باند PWM از 0~۹٪ زمان روشن بودن: و کدهای ورودی از ۱۰۱۰ تا ۱۱۱۱ سبب خواهد شد که زمان فعالیت pwm به ۱۰۰٪ برسد یا اینکه موتور با تمام سرعت کار کند.

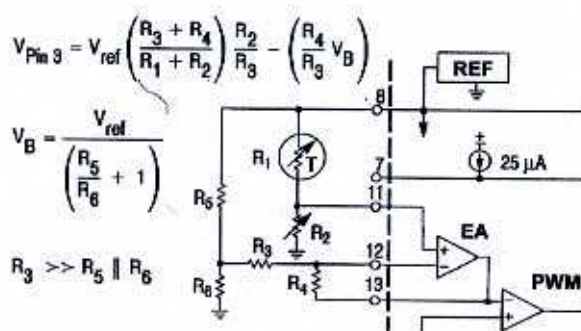


شکل ۳۱: کنترل سرعت بصورت حلقه بسته.

سنسورهای تعیین کننده موقعیت رتور می تواند همانند یک تا کومتر استفاده شوند.
بوسیله تشخیص دادن لبه های مثبت شده پالسهای تولیدی سنسورها و سپس جمع کردن آنها بصورت فراتر از زمانی، یک ولتاژ متناسب با سرعت موتور می تواند تولید

بشود. این ولتاژ تولیدی با ورودی دیگر آمپلی فایر خطا مقایسه شده که در نهایت

سیگنالی برای تنظیم سرعت در ورودی PWM ایجاد می گردد.



شکل ۳۲: مدار کنترل حلقه بسته دما

این مدار می تواند کنترل کند سرعت فن خنک کننده را که این سرعت متناسب است

با اختلاف بین دماهای تنظیم شده و سنسور. حلقه کنترل از طریق ترمیستور ntc که

هوای خنک را جاری می سازد بسته می گردد برای کاربردهای گرمایی کنترل شده

کافیست جای دو مقاومت R_1 و R_2 را با هم عوض کنیم.

کاربرد سیستم

یکسوسازی موتور سه فازی

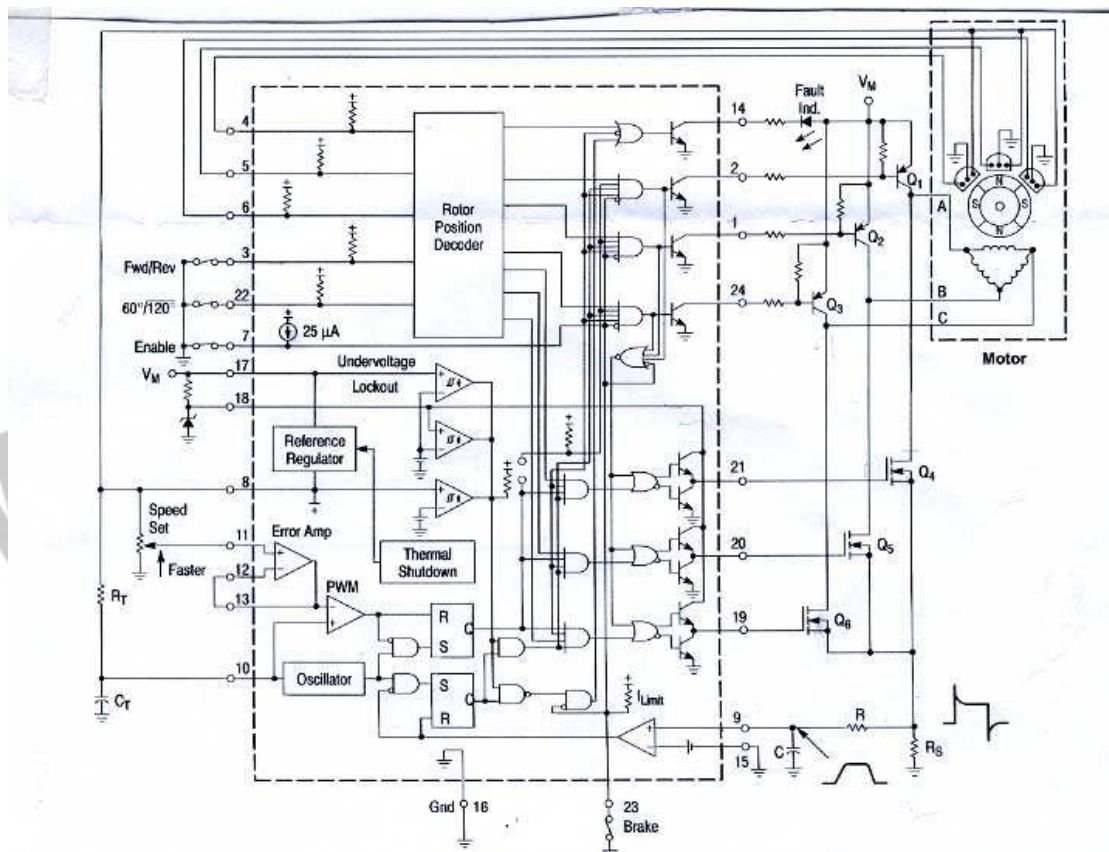
کاربرد سه فازی نشان داده شده در شکل ۳۳ یک کنترلر موتور مدار باز کامل با محرکه ۶ مرحله‌ای تمام موج است. ترانزیستورهای کلید توان فوقانی دارلینگتون هستند در حالی که ترانزیستورهای پایین MOSFET های توان می‌باشند. هر یک از این وسایل حاوی یک دیود پارازیت گیر داخلی می‌باشد که برای باز گرداندن انرژی القایی استاتور به منبع قدرت استفاده می‌شود. خروجی ها قادر به تحریک یک استاتور متصل شده بصورت مثلث یا ستاره‌ای بوده و در صورتی که از منبع های دو بخشی استفاده شود، دارای یک نقطه ستاره خنثی متصل به زمین هستند. در هر وضعیت روتور خاص، فقط یک کلید توان فوقانی و یک کلید توان تحتانی فعال می‌شود. این ترکیب بندی هر دو انتهای سیم پیچ استاتور را از منبع به زمین تغییر می‌دهد که موجب می‌شود شار جریان دو جهتی یا موج کامل شود. یک لبه تیز بالا رونده معمولاً در شکل موج جریان وجود دارد و می‌تواند موجب بی‌ثباتی حد جریان شود. لبه را می‌توان با افزودن یک فیلتر RC به صورت سری با ورودی حس کننده جریان رفع کرد. استفاده از یک مقاومت نوع اندوکتانس پایین برای R_s نیز به کاهش لبه کمک خواهد کرد. در انتخاب ترانزیستورهای کلید توان تحتانی باید احتیاط شود، طوری که جریان در طول ترمز گیری از میزان تعیین شده برای دستگاه فراتر نرود. در طول ترمز گیری، جریان پیک ایجاد شده فقط بوسیله مقاومت سری کلید تحتانی هدایت کننده و سیم پیچ محدود می‌شود.

$$I_{Peak} = \frac{V_m + EMF}{R_{switch} + R_{winding}}$$

اگر موتور بدون بار با حداکثر سرعت کار کند، emf برگشتی می تواند به اندازه ولتاژ منبع بالا باشد، و در شروع ترمزگیری، جریان پیک ممکن است به دو برابر جریان ایستای موتور نزدیک شود. شکل ۳۴ شکل موج های یکسوسازی در طول دو چرخه الکتریکی را نشان می دهد. چرخه اول (۰° تا ۳۶۰°) عملکرد موتور را در سرعت کامل ترسیم می کند، در صورتی که چرخه دوم (۳۶۰° تا ۷۲۰°) یک سرعت کاهش یافته با حدود ۵۰٪ مدولاسیون پهنای پالس را نشان می دهد. شکل موج جریان ها منعکس شده از یک بار با گشتاور ثابت و برای وضوح بیشتر، همزمان با فرکانس یکسوسازی نشان داده شده است.

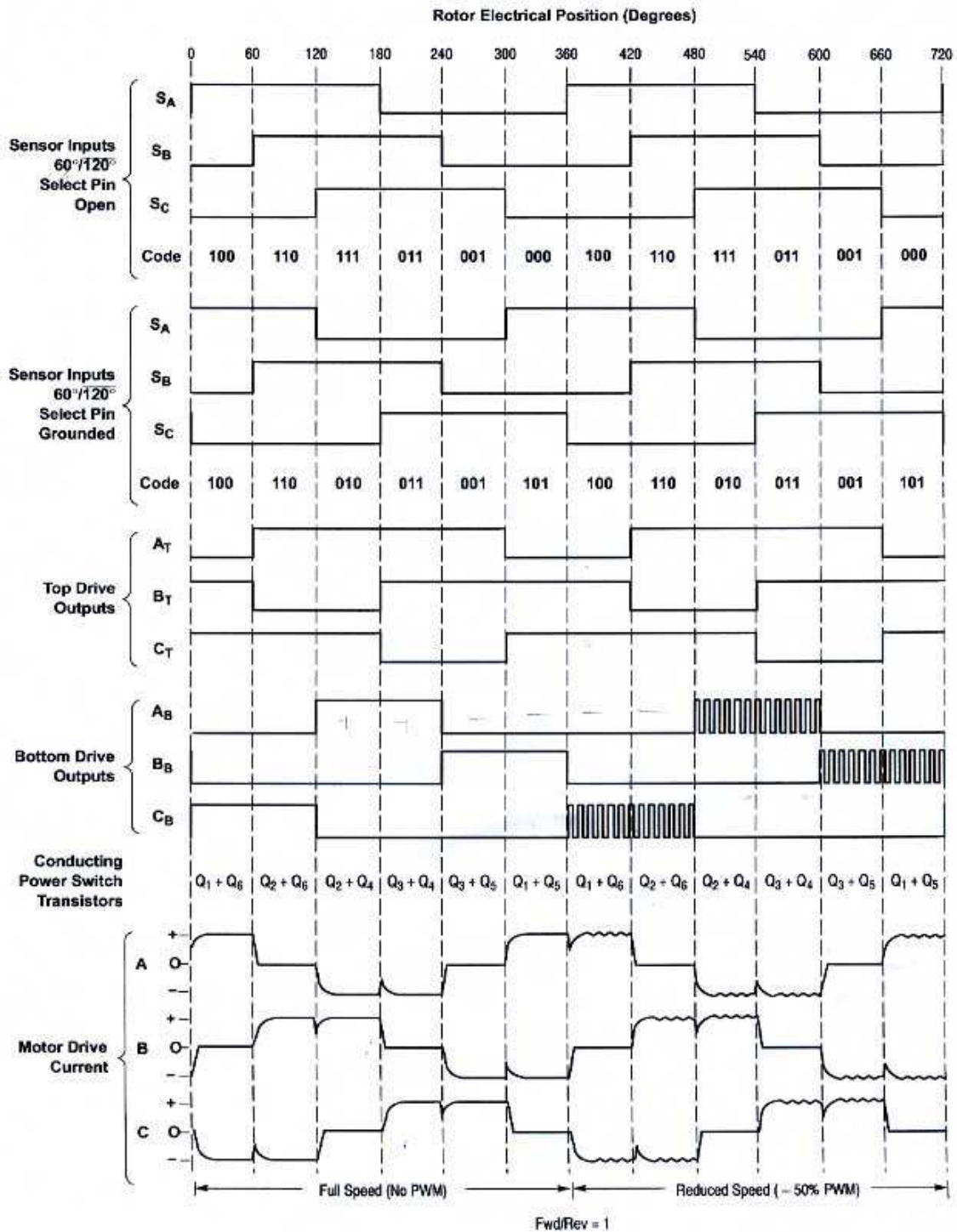
شکل ۳۵ یک کنترلر موتور نیم موج سه مرحله ای سه فازی را نشان می دهد. این ترکیب بندی بطور ایده آل برای کاربردهای اتومبیل سازی و کاربردهای ولتاژ پایین دیگر مناسب است چون فقط یک افت ولتاژ بر روی کلیدی که با سیم پیچ استاتور بصورت سری قرار گرفته بوجود می آید و شار جریان یک جهته یا نیم موج است چون فقط یک انتهای هر سیم پیچ، تغییر می کند. ترمز گیری پیوسته با ترکیب نیم موج معمولاً گرم شدن بیش از حد برای موتور را پدید می آورد. چون جریان استاتور فقط بوسیله مقاومت سیم و پیچ محدود می شود. این امر به دلیل فقدان ترانزیستورهای کلید توان فوقانی است، بطوریکه در مدار تمام موج مورد استفاده واقع شدند برای قطع کردن سیم پیچ ها از ولتاژ منبع V_m یک راه حل منحصر بفرد، ارائه ترمزگیری تا زمان متوقف

شدن موتور و سپس خاموش کردن محرکه‌های فوقانی است. این کار می‌تواند با استفاده از خروجی خطای به همراه فعال‌سازی خروجی به عنوان یک تایمر جریان بیش از حد انجام شود. اجزای R_{DLY} و C_{DLY} برای ارائه زمان کافی به موتور برای متوقف شدن قبل از قفل شدن فعال ساز خروجی و صفر شدن گیت‌های AND محرکه فوقانی انتخاب می‌شوند. به هنگام فعال‌سازی موتور، کلید ترمز بسته می‌شود و ترانزیستور PNP (به همراه مقاومتهای R_1 و R_{DLY}) برای تنظیم مجدد ضامن بوسیله تخلیه C_{DLY} استفاده می‌شوند. ولتاژ برگشتی استاتور بوسیله یک زبر منفرد و سه دیود گرفته می‌شود.

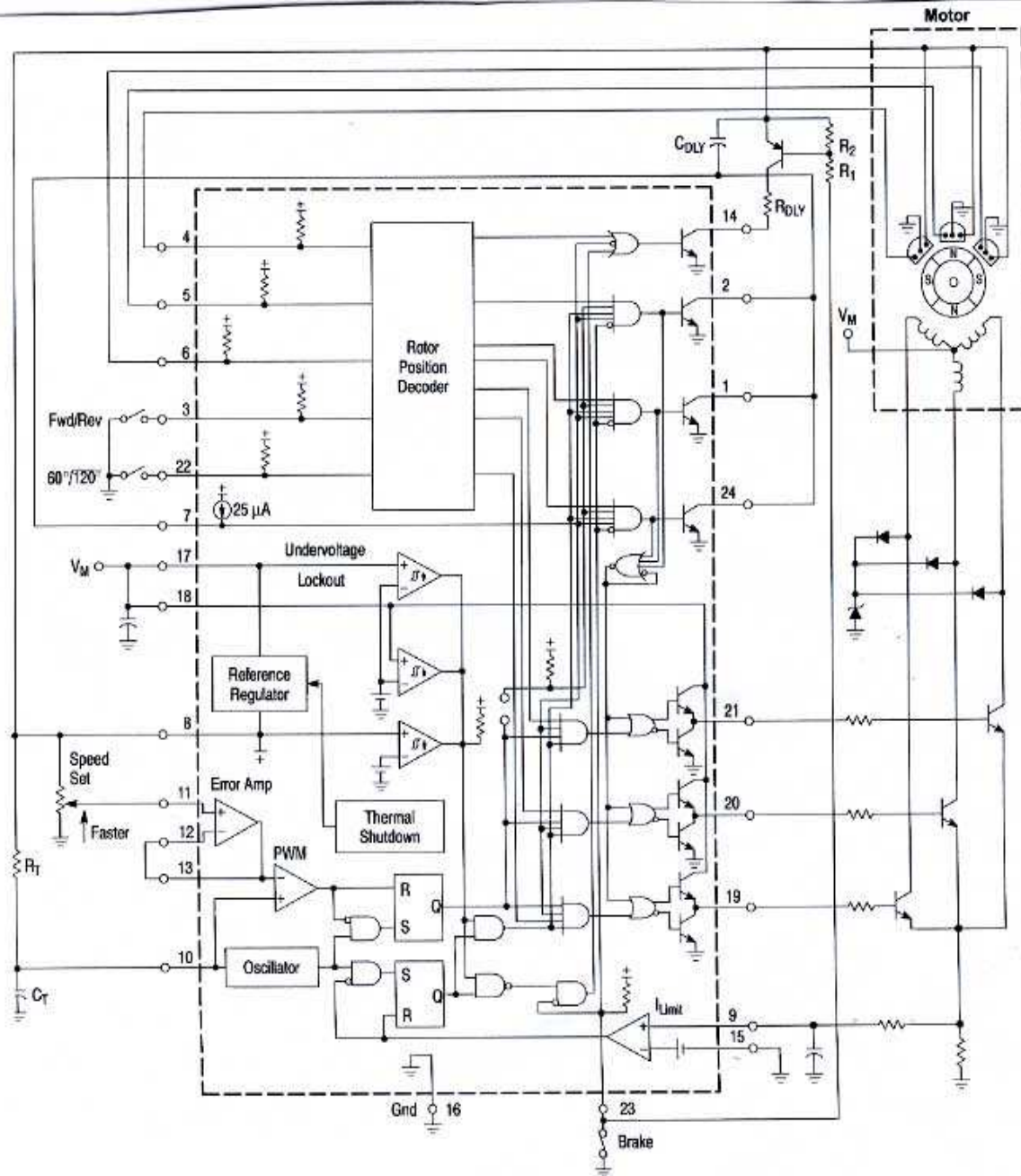


شکل ۳۳: کنترل کننده سه فاز، شش مرحله‌ای تمام مرجع موتور

MC33035, NCV33035



شکل ۳۴: شکل موجهای کموتاسیون سه فاز، شش مرحله‌ای، تمام موج



شکل ۳۵: کنترل کننده سه از، سه مرحله‌ای، نیم موج موتور

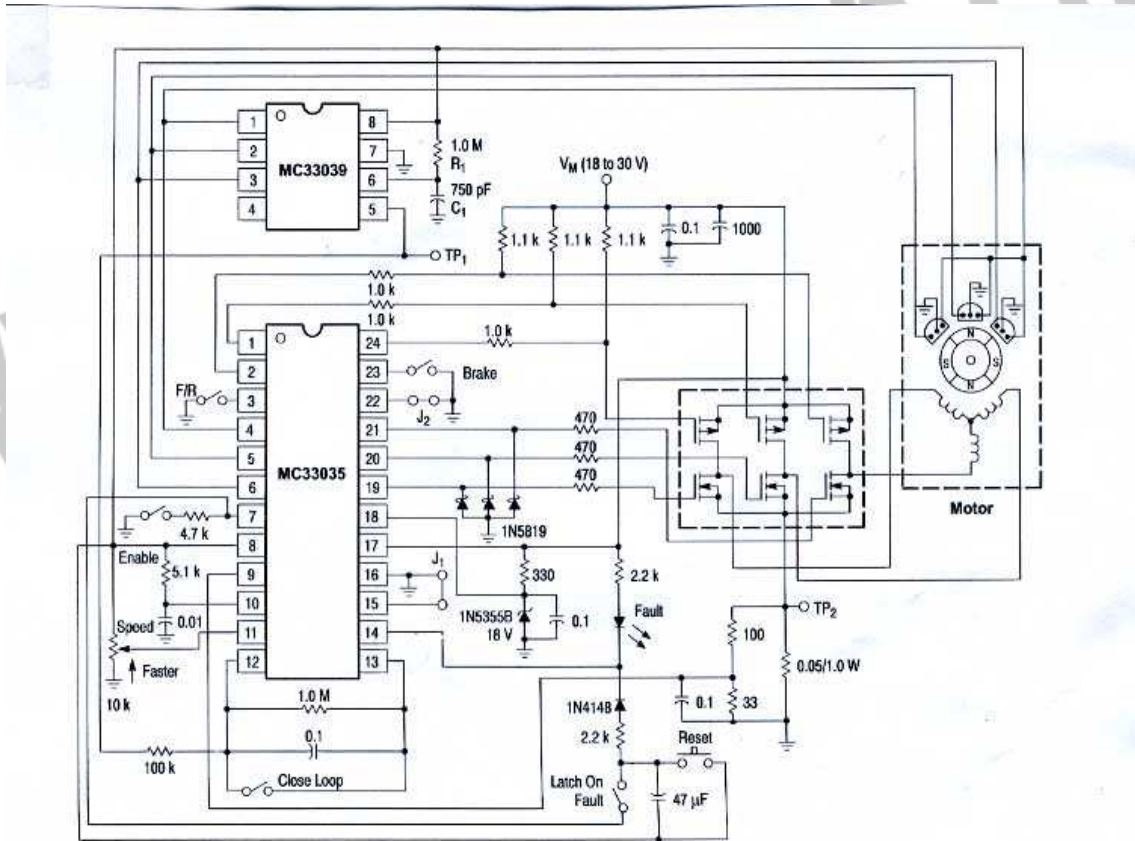
کنترلر مدار بسته سه فازی

خود MC33035 فقط قادر به کنترل سرعت موتور مدار باز می باشد. برای کنترل سرعت موتور مدار بسته، MC33035 یک ولتاژ ورودی متناسب با سرعت موتور نیاز دارد. سابقاً این کار بوسیله یک دورسنج برای تولید ولتاژ فیدبک سرعت موتور انجام می شد. شکل ۳۶ کاربردی را نشان می دهد که در آن یک MC33039 تغذیه شونده از مرجع $6/25V$ (پین ۸) MC33035 برای تولید ولتاژ فیدبک مورد نیاز بدون نیاز به یک دورسنج پرهزینه استفاده می شود. سیگنال های سنسورهای مشابه مورد استفاده در MC33035 برای رمز برداری وضعیت روتور بوسیله MC33039 به کار گرفته می شوند. هر تغییر حالت مثبت یا منفی روی سیگنال های سنسور هال در هر یک از خطوط حسگر باعث می شود که MC33039 یک پالس خروجی دارای مدت زمان و دامنه معین که بوسیله مقاومت خارجی R_1 و خازن C_1 تعیین می شود را ایجاد کند. قطار خروجی پالس ها در پین ۵ MC33039 بوسیله آمپلی فایر MC33035 ترکیب بندی شده به عنوان یک یکپارچه ساز برای تولید یک سطح ولتاژ DC متناسب با سرعت موتور یکپارچه می شود. این ولتاژ متناسب با سرعت، سطح مرجع PWM را در پایه ۱۳ کنترلر موتور MC33035 تثبیت می کند و حلقه فیدبک را می بندد. خروجی های MC33035 یک پل سه فازی MOSFET توان TMOS را تحریک می کنند. جریان های بالا می توانند در طول شرایط راه اندازی به ترمزگیری و تغییر جهت موتور انتظار روند. سیستم نشان داده شده در شکل ۳۶ برای یک موتور دارای تغییر فاز

الکتریکی سنسورهای ۱۲۰/۲۴۰ درجه طراحی شده است. این سیستم می تواند برای

سازگاری با تغییر فاز الکتریکی سنسور هال ۶۰/۳۰۰ درجه با برداشتن جامپر (J_2) در

پین ۲۲ MC33035 به راحتی تغییر داده شود.



شکل ۳۶: کنترل حلقه بسته BLDC موتور با استفاده از IC های MC33035 و

MC33039

مقایسه تغییر فاز حسگر

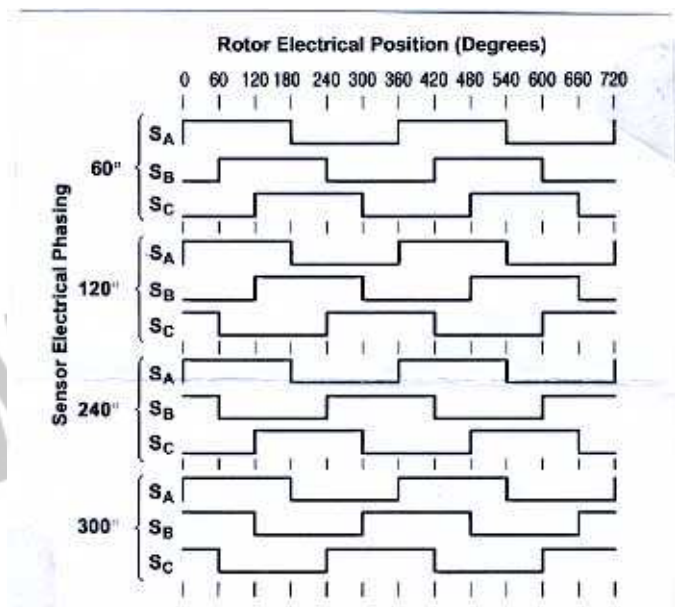
۴ قاعده برای اثبات تغییر فاز نسبی سیگنال‌های سنسور در موتورهای سه فازی استفاده شده است. با محرکه ۶ مرحله‌ای، یک تغییر سیگنال ورودی باید هر ۶۰ درجه الکتریکی رخ دهد؛ با این وجود، تغییر فاز نسبی سیگنال به محل مکانیکی سنسور بستگی دارد. مقایسه قاعده‌ها به درجات الکتریکی در شکل ۳۷ نشان داده شده است. از جدول تغییر فاز سنسور شکل ۳۸ می‌توان متوجه شد که ترتیب کدهای ورودی برای فاز ۶۰° معکوس ۳۰۰° است. این بدان معنی است که MC33035 زمانی که برای تغییر فاز الکتریکی ۶۰° ترکیب بندی می‌شود، یک موتور دارای تغییر فاز الکتریکی ۶۰° یا ۳۰۰° را راه اندازی می‌کند ولی جهت های چرخش معکوس خواهند بود. این مورد تا حدودی برای زمانی که MC33035 برای تغییر فاز الکتریکی سنسور ۱۲۰° ترکیب بندی می‌شود صدق می‌کند؛ موتور به طور مشابه کار خواهد کرد ولی برای قاعده‌های ۱۲۰° و ۲۴۰° جهت‌های چرخش معکوس خواهند بود.

در این دیتا شیفِت، وضعیت روتور همیشه به درجه الکتریکی بیان می‌شود چون وضعیت مکانیکی تابعی از تعداد قطب‌های مغناطیسی چرخان می‌باشد. رابطه بین وضعیت الکتریکی و مکانیکی به صورت زیر است:

$$\text{درجات الکتریکی} = \frac{\text{\# قطب‌های روتور}}{۲} \text{ درجات مکانیکی}$$

علاقه به تعداد قطب های مغناطیسی تحولات الکتریکی بیشتری را برای یک تحول مکانیکی خاص ایجاد می‌کند. موتورهای سه فازی همه منظوره معمولاً حاوی یک

روتور ۴ قطبی هستند که دو تحول الکتریکی را برای یک تحول مکانیکی نتیجه می دهد.



شکل ۳۷: مقایسه تغییر فاز سنسور

Sensor Electrical Phasing (Degrees)											
60°			120°			240°			300°		
SA	SB	SC	SA	SB	SC	SA	SB	SC	SA	SB	SC
1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1

شکل ۳۸: جدول تغییر فاز سنسور

یکسوسازی موتور دو و چهار فازی

MC33035 همچنین قادر به ارائه یک خروجی ۴ مرحله ای است که می تواند برای راه اندازی موتورهای دو یا چهار فازی استفاده شود.

جدول صحت موجود در شکل ۳۹ نشان می دهد که با متصل کردن ورودیهای سنسور

S_B و S_C به همدیگر، کم کردن تعداد حالت های خروجی محرکه از ۶ به ۴ میسر

می گردد. کلیدهای توان خروجی به C_B, B_B, C_T, B_T متصل می شوند. شکل ۴۰

یک کاربرد کنترل موتور تمام موج ۴ مرحله ای ۴ فاز را نشان می دهد.

ترانزیستورهای کلید توان θ_1 تا θ_8 از نوع دارلینگتون هستند و هر کدام یک دیود

پارازیت گیر داخلی دارد. با محرکه ۴ مرحله ای، فقط دو سنسور وضعیت روتور قرار

داده شده در ۹۰ درجه الکتریکی لازم هستند. شکل موج های یکسوسازی در شکل ۴۱

نشان داده شده است.

شکل ۴۲ یک کنترلر موتور نیم موج چهار مرحله ای چهار فاز را نشان می دهد. این

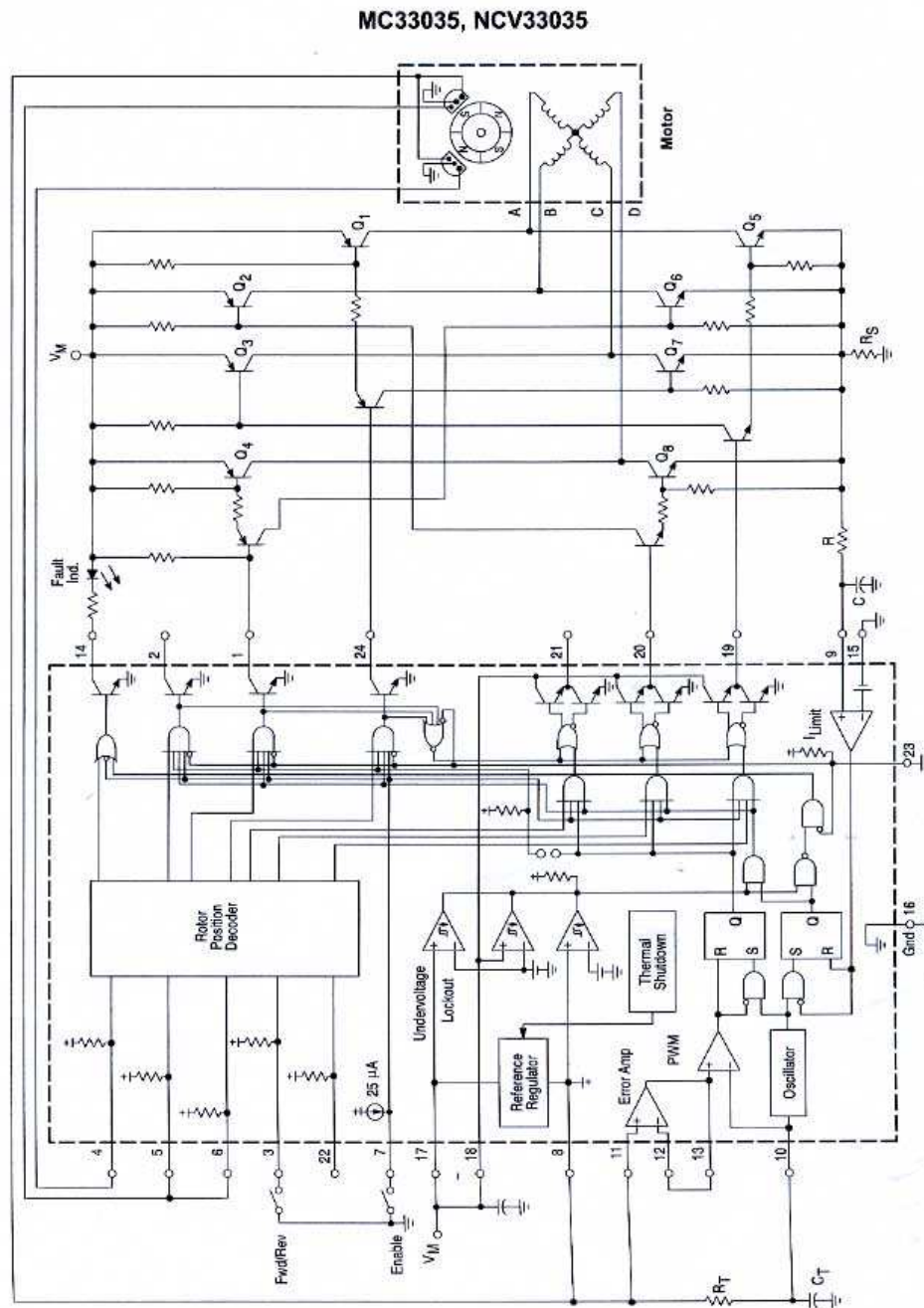
کنترلر ویژگی های مشابه با مدار نشان داده شده در شکل ۳۵ را دارد با این تفاوت که

کنترل سرعت و ترمز حذف شده اند.

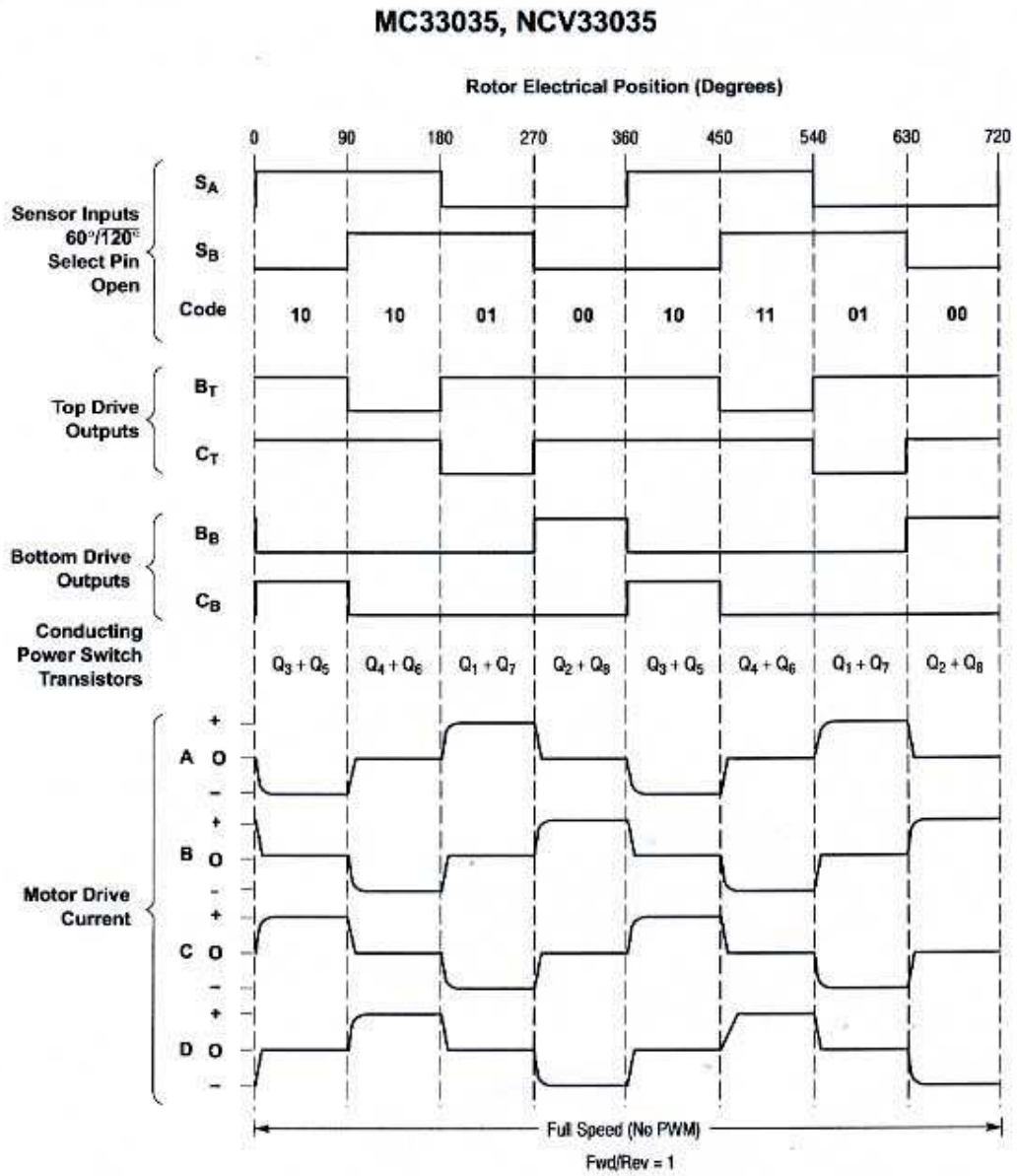
MC33035 (60°/120° Select Pin Open)						
Inputs			Outputs			
Sensor Electrical Spacing* = 90°		F/R	Top Drives		Bottom Drives	
S_A	S_B		B_T	C_T	B_B	C_B
1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1	0
1	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	1	1	0
0	1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	1	0	0

*With MC33035 sensor input S_B connected to S_C .

شکل ۳۹: جدول صحت کموتاسیون دو یا چهار فاز و چهار مرحله ای

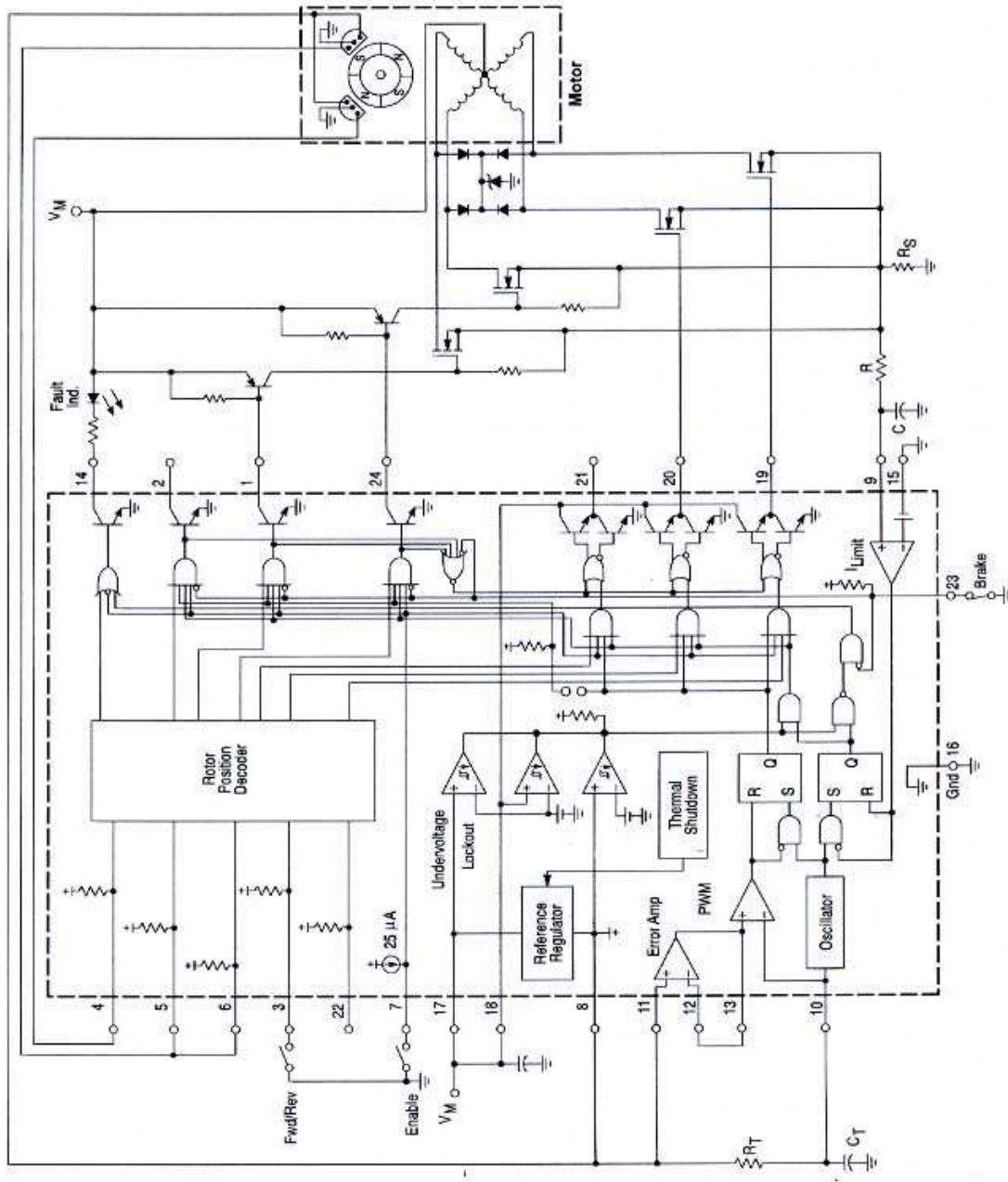


شکل ۴۰: کنترل کننده تمام موج، چهار مرحله‌ای و چهار فاز موتور



شکل ۴۱: شکل موجهای کنترل کننده تمام موج، چهار فاز و چهار مرحله‌ای

MC33035, NCV33035

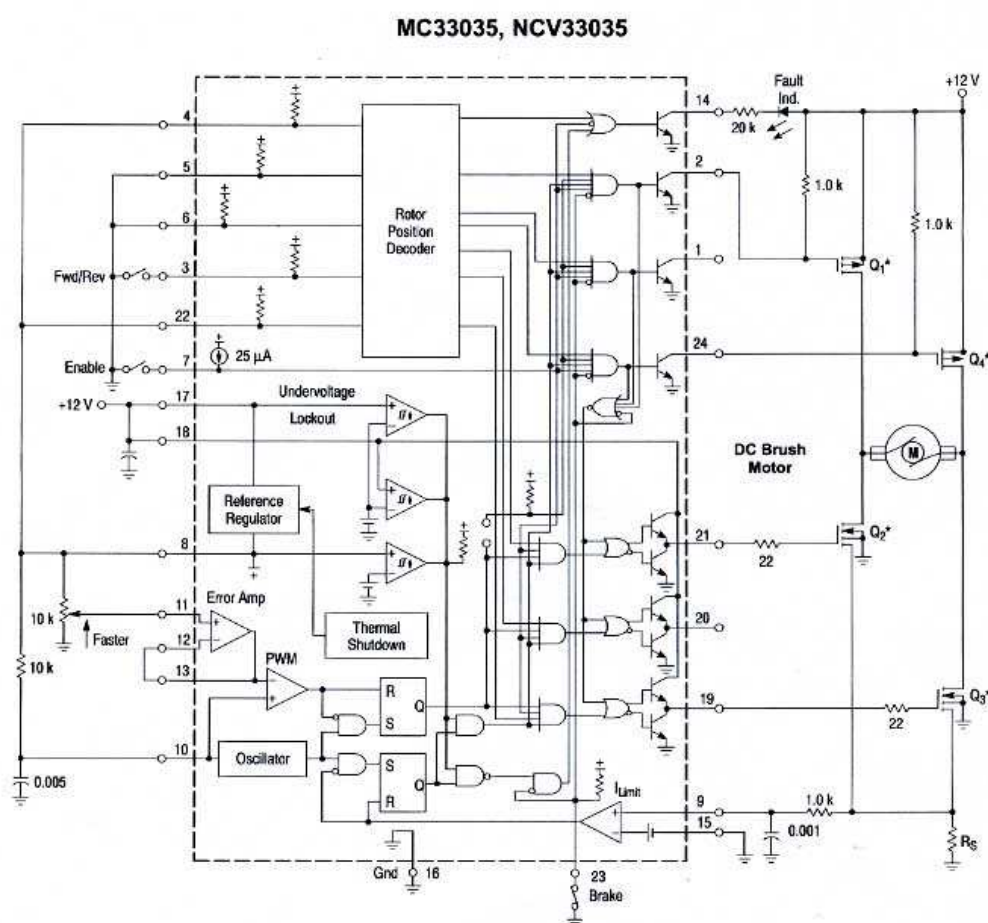


شکل ۴۲: کنترل کننده نیم موج، چهار مرحله‌ای و چهار فاز موتور

کنترل موتور جاروبکی

اگر چه MC33035 برای کنترل موتورهای DC بدون جاروبک طراحی شده است، می تواند برای کنترل موتورهای نوع جاروبکی DC استفاده شود. شکل ۴۳ یک کاربرد MC33035 با تحریک کننده پل MOSFET H دارای حداقل تعداد قطعه را برای راه اندازی موتور نوع جاروبکی نشان می دهد. کلید عملکردن کد سنسور ورودی [۱۰۰] است، که زمانی که پین پیشرو/ معکوس کنترلر در منطق [۱] است یک محرکه فوقانی θ_1 و یک محرکه تحتانی - راست (θ_3) را فعال می کند؛ محرکه فوقانی راست (θ_4) و تحتانی - چپ (θ_2) زمانی فعال می شوند که پین پیشرو/ معکوس در منطق [۰] باشد. این کد نیازهای ضروری برای تحریک پل H را فراهم می کند که هم جهت و هم سرعت را کنترل می کند.

کنترلر در یک روش نرمال با یک فرکانس تنظیم شده پهنای پالس حدود ۲۵KHZ کار می کند. سرعت موتور با تنظیم ولتاژ ارائه شده به ورودی غیر وارنر آمپلی فایر خطا کنترل می شود که سطح مرجع یا PWM slice را ایجاد می کند. محدودیت جریان سیکل به سیکل جریان موتور با حس کردن ولتاژ (۱۰۰ mv) در بین مقاومت R_2 تا زمین جریان پل - H موتور انجام شده است. مدار حس جریان بیش از حد، برگرداندن جهت موتور را با استفاده از کلید نرمال پیشرو/ معکوس در حال کار کردن موتور میسر می سازد و لازم نیست که موتور قبل از برگرداندن جهت کاملاً متوقف شود.



شکل ۴۳: کنترل کننده موتور از نوع جاروبکی با پل H -

ملاحظات طرح

هیچ یک از مدارهای کنترل موتور بدون جاروبک را در بوردهای اولیه سیم بندی شده یا فیشی (plug-in) نصب نکنید. تکنیک های طرح مدار چاپی فرکانس بالا برای جلوگیری از لرزش پالس لازم هستند. این امر معمولاً بوسیله برداشتن نویز اضافی اعمال شده روی ورودی های آمپلی فایر خطا یا حس جریان ایجاد می شود. طرح مدار چاپی باید حاوی یک صفحه زمین دارای سیگنال جریان کم و زمین های بافر خروجی و محرکه زیاد باشد که به مسیرهای مجزایی به خازن فیلتر ورودی منبع تغذیه V_m باز می گردند خازن های کنار گذر سرامیکی ($0/1\mu f$) که نزدیک به مدار مجتمع در V_{cc} ،

V_c و V_{ref} و ورودی غیر وارنر آمپلی فایر خطا ممکن است بسته به طرح مدار لازم

شوند. این خازن یک مسیر کم امپدانس را برای فیلتر کردن هر گونه نویز فرکانس بالا

ارائه می کند. تمام حلقه های جریان بالا باید با استفاده از مسیرهای مسی کلفت برای به

ب حداقل رساندن EMI ساطع شده تا حد امکان کوتاه نگه داشته شوند.

معکوس کننده (INVERTER)

اینورتر بکار برده شده یک نمونه سه فاز دو قطبی استاندارد می باشد که از شش

ماسفت که در سه ستون دوتایی جای داده شده اند تشکیل شده است. همانند شکل .

اینورتر استاندارد همیشه برای کاربردهایی که توان بالا دارند توصیه می شود. (نوعاً

بالتر از ۱۰۰W) ترانزیستورهای Power Mosfet انتخاب می شوند چون تحریک

کردن آنها ساده و در عین حال موثر است و گران نیز نمی باشند. ترانزیستور بکار گرفته

شده در اینجا از نوع FDH27 N50 است که دارای نرخ جریان به میزان ۲۷A و

نرخ ولتاژی بمقدار ۵۰۰ V و مقاومت حالت خاموش ۱۹۰ M. سه چیز را به این

ترانزیستور ها نسبت می دهند که باعث می گردد آنها مطمئن تر باشند برای اینکه در

اینورتر BLDC و دیگر سیستمهای PWM بکار برده بشوند. نخست اینکه دیود داخلی

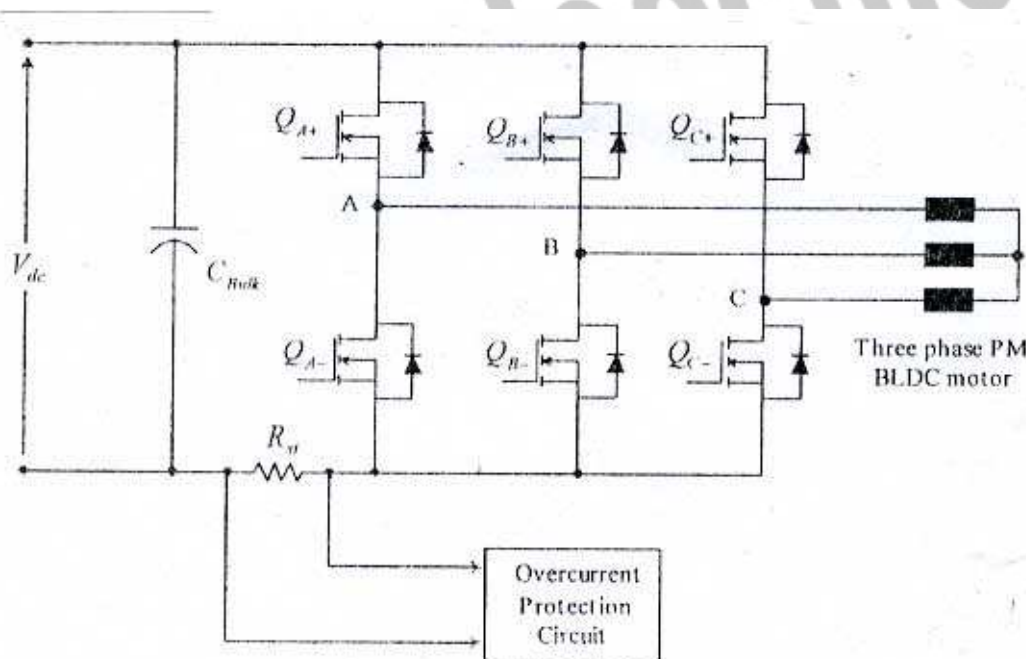
سورس- در بین آنها در طول فرآیند یکسوسازی قابلیت تحمل فشار و استرسی بالا را

دارا می باشد. دوم اینکه ما سنتها کمترین تأثیر را از ولتاژ حالت گذاری بالای درین به

سورس می پذیرند. سرانجام اینکه ما سفتها حداقل ولتاژ قطع گیت- سورس بمیزان

۴۰V را دارا می باشند. ولتاژ قطع بزرگتر نه تنها تلرانس و شارژ الکترواستاتیکی و

جرقه‌های ولتاژ گیت به سورس غیرقابل پیش‌بینی را بهبود می‌بخشد بلکه عمر ما
سفتها را نیز در همه ولتاژهای کارکردی توسعه می‌دهد. همانگونه که سرعت
PMBLDC با ولتاژ عملکرد آن متناسب است، کنترل PWM برای کنترل ولتاژ لینک



DC موثر سیم‌پیچهای آرمیچر بکار برده می‌شود.

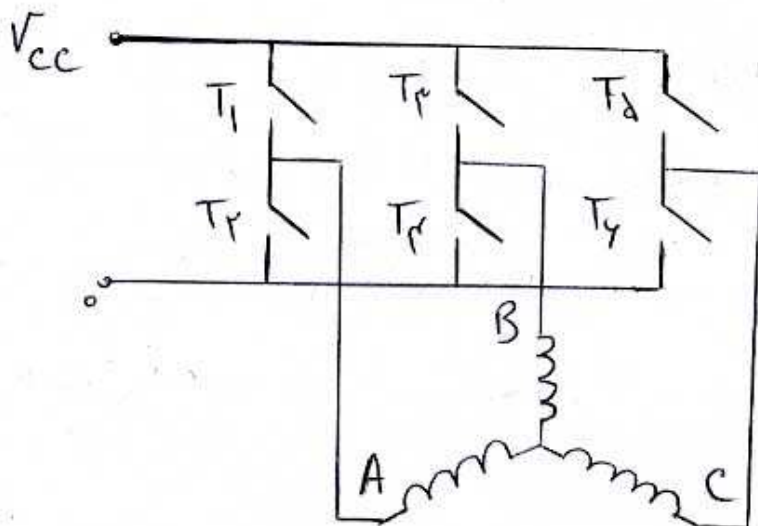
شکل ۴۴: اینورتر سه فاز دو قطبی

- نقش دیودهایی که بطور موازی با اینورترها بسته شده‌اند: وقتی جریان i از سلفی با
اندوکتانس L عبور نماید، انرژی $\frac{1}{2}Li^2$ در آن ذخیره شده و با قطع جریان سیم پیچ
این جریان بصورت جرقه در دو سر کلید تخلیه می‌گردد. در واقع دیودهای موازی با
اینورترها جریانی را مستهلک می‌کنند که حتی پس از خاموش شدن کلید در سیم
پیچها بخاطر خاصیت سلفی آنها وجود دارد. اگر این دیودها وجود نداشتند، جریان آن

صفر می شد و ولتاژ بزرگ $L \frac{di}{dt}$ در دو سر کلید با ترانزیستور پدیدار شده که باعث

سوختن آنها می شود. پس در یک BLDC موتور انرژی مغناطیسی ذخیره شده در هر

کلاف از طریق دیود به منبع تغذیه برگشت می نماید و بنابراین جرقه ای وجود نخواهد



داشت.

سیم‌های به درآمده	A, B	A, C	B, C	B, A	C, A	C, B
جهت میدان مغناطیسی						
کلیدهای فعال شده	T_1, T_4	T_1, T_2	T_3, T_2	T_4, T_2	T_5, T_2	T_5, T_4
زاویه محور مرجع	$0^\circ - 60^\circ$	$60^\circ - 120^\circ$	$120^\circ - 180^\circ$	$180^\circ - 240^\circ$	$240^\circ - 300^\circ$	$300^\circ - 360^\circ$

شکل ۴۵: مدار اینورتر دو قطبی برای تحریک سیم پیچهای استاتور

شکل ۴۶: ترتیب کلید زنی و جهت میدان مغناطیسی بوجود آمده در فاصله هدایی

IC های اثر هال

چنانچه جریان IC از یک قطعه نیمه هادی به ضخامت D که در میدان مغناطیسی B عمود بر سطح آن قرار گرفته عبور کند، نیروی الکترو موتوری V_H در دور طرف قطعه نیمه هادی، عمود بر I_C و میدان B ظاهر می گردد.

این پدیده برای اولین بار توسط آقای E.HHALL در سال ۱۸۷۸

$$V_H = \text{ولتاژ هال} = \frac{1}{D} B I_C R_H$$

هنگام آزمایش سوی تیغه ای فلزی کشف شد و از هال نام گرفت.

اثر هال بر روی بعضی فلزات ترکیبی مخصوص یا نیمه هادیها قوی است. و عناصر نیمه هادی را که برای آشکار نمودن میدان مغناطیسی بکار می روند، عناصر هال یا ژنراتورهای ژنراتورهای هال می نامند. در موتورهای DC بدون جاروبک مدرن از نوع I_{nsbn} (آنایم و انتیمونی) بطور گسترده استفاده می شود. همچنین نوع GAAS (گالیم-

ارکینه) تیر به کار می روند. وقتی که جریان IC که جریان کنترل یا بایاس نامیده می شود از ترمینال ۳ به ۴ جاری شده و عنصر هال در معرض میدان مغناطیسی عمود

بر سطح آن قرار گیرد، ولتاژ V_H در دو سر ترمینالهای آن ظاهر می شود. (۲،۱)

چنانچه ترمینال ۴ بعنوان نقطه مرجع در نظر گرفته بشود، با فرض اینکه $R_1 = R_2$ و

$$R_3 = R_4 \text{ آنگاه پتانسیل ترمینالهای ۱ و ۲ نسبت به این ترمینال به ترتیب } \frac{V_H}{2}, -\frac{V_H}{2}$$

خواهند بود.

مطابق اشکال روبرو چنانچه یک عنصر هال در نزدیکی میدان مغناطیسی روتور قرار

بگیرد، می تواند وضعیت قطب و شدت میدان مغناطیس را توسط ولتاژهای V_{H1} و

V_{H2} نشان بدهد.

سیگنالهای خروجی از عنصر هال برای راه اندازی ترانزیستورهای استفاده می شود که

وظیفه ای ترانزیستورها کنترل کردن جریان در سیم پیچهای استاتور است. (بعبارتی با

تعویض جریان آنها قطبهای استاتور را از N به S و بالعکس عوض می نماید).

موتورهای دو فاز با عنصر هال عیب بزرگی دارند و آن اینست که در آنها نقاط مرگ

وجود دارد. نقاطی که میدان مغناطیسی به عنصر هال نمی رسد. و جریانی در سیم

پیچها برای برقراری گشتاور پدیدار نمی گردد. برای حذف نقاط مرگ از روش چند فاز

کردن موتورها و یا استفاده از هارمونیک میدان مغناطیسی استفاده می کنند.

این سنسورها باید به اندازه کافی از استاتور دور باشند تا اثرات میدان مغناطیسی حاصل

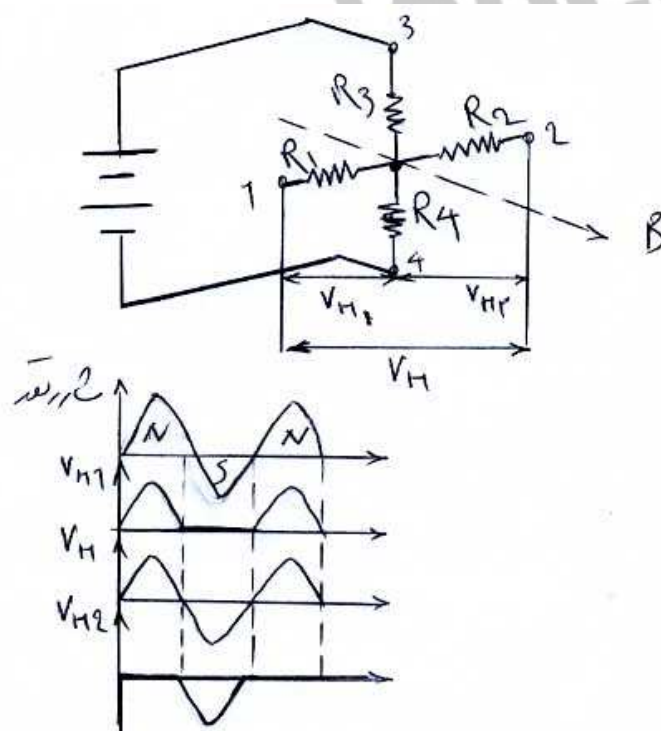
از جریان سیم پیچی های استاتور باعث تداخل در کار سنسورها نشود از جمله

امتیازات آنها عبارت است از، قابلیت استفاده از آنها در رنج وسیعی از شرایط کاری و

دقت بالا. در گذشته مهندسان تمایلی به استفاده از این سنسورها نداشتند، چون قیمت

هایبریدهای هال و مدارات مجتمع این روش، بسیار گرانتر از اجزای سنسورهای دورانی و ... بود.

اما چون اخیراً هزینه قطعات سنسورهای هال شدت کاهش پیدا کرده است، اکنون در بسیاری از کاربردها از آنها استفاده می شود.



شکل ۴۷: مدار معادل عنصر هال و شکل موجهای خروجی آن

MC33039 IC

مدارات MC33035 شامل یک سری عناصر اصلی برای کنترل حلقه بسته سرعت می باشد. تنها قطعه کسری آن چیزی است که از دور (RPM) موتور مراقبت کند و یک سیگنال متناسب با سرعت موتور را تولید می نماید، قطعه ای که مطابق گفته های بالا چنین عملکردی از خود نشان می دهد یک دورسنج است. در این قطعه سیگنالی

از سرعت موتور تولید می شود که عملکرد منطقی را در MC33035 باعث می گردد.

آمپلی فایر خطا و نوساز - داخلی بخشهای انتهایی حلقه را تشکیل می دهند.

تنظیم کننده حلقه بسته، MC33039، یک آی سی کم هزینه و یا کم جا می باشد. در

حالت گذرای مثبت یا منفی سنسورهای اثر هال، MC33039 یک پالس با زمان ثابت

شده بر روی ON تولید می نماید. سیگنال خروجی بعداً می تواند برای بدست آمدن

یک ولتاژ مناسب با سرعت موتور فیلتر گردد. طراحی سیستم مبتنی بر MC33039 /

MC33035 باید با تنظیم زمان سیستم شروع شود بطوریکه در مورد MC33039 انجام

گردد.

انتخاب اجزاء زمان بندی برای MC33039 مبتنی بر ماکزیمم دور مطلوب موتور

می باشد. چون موتور ما چهار جفت قطب و سه سنسور هال دارد، برای هر تحول

اساسی مکانیکی، هر سنسور اثر هال چهار پاس می دهد و سه سنسور هال دوازده پاس

تولید می کنند MC33039، ۲۴ پالس تولیدی نماید. برای هر لبه موجود کننده یا

سقوط کننده یک پاس. برای یک سرعت موتور ماکزیمم داده شده، پهنای پاس

خروجی یک حد ماکزیمم دارد. سرعت مطلوب ماکزیمم RPM ۵۰۰۰ است بطوریکه

برای حدوداً ۸۳ تحول در ثانیه، MC33039، ۸۴×۲۴ یا ۲۰۰۰ پالس در ثانیه تولید

می نماید. فرکانس ۲ KHZ نشان می دهد که پهنای پاس ماکزیمم باید کمتر از $0.5\mu\text{SEC}$

باشد.

از مرکز اطلاعاتی MC33039 ، می توان مقادیر اجزاء زمانبندی R و C را مشخص

نمود که به ترتیب $200^{K\Omega}$ و $2.2^{\mu F}$ می باشند. این ها منتج به پهنای پالس $450 \mu s$

می شوند.

هر دوی ورودیها و خروجیهای تقویت کننده خطای MC33035 برای سازگار کردن

روش های کنترل در دسترس می باشد. این مهم می تواند با فیلترینگ خروجی

MC33039 با یک فیلتر پائین گذرا برای تولید یک ولتاژ متناسب با سرعت موتور و

تغذیه سیگنال نتیجه به ورودی معکوس شده مقایسه کننده MC33035 ، انجام گردد.

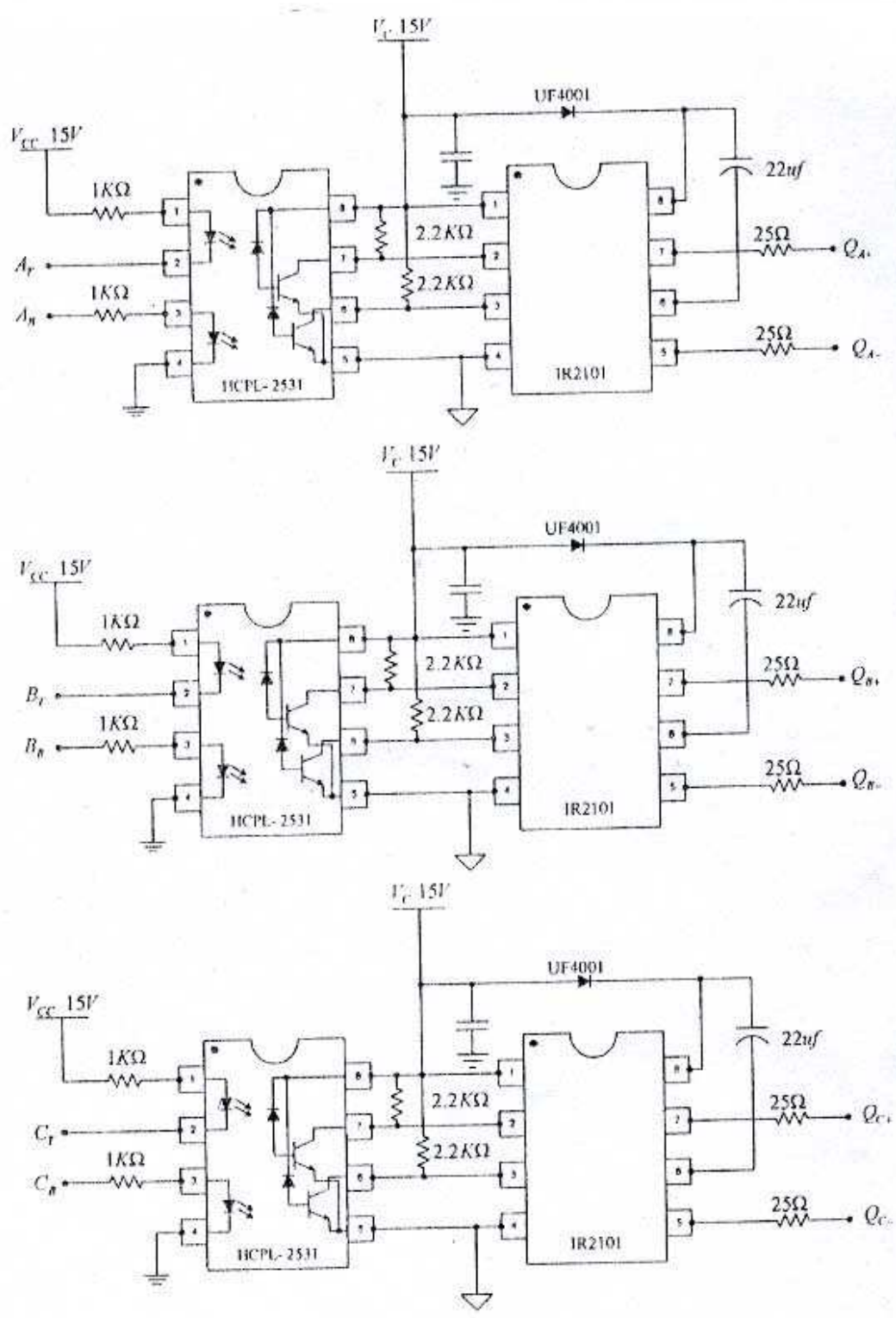
یک سیگنال تناسب با سرعت موتور مطلوب قادر است تا ورودی غیر معکوس شده را

نیز تحریک نماید. وقتی که سرعت موتور به زیر سرعت مطلوب افت می نماید،

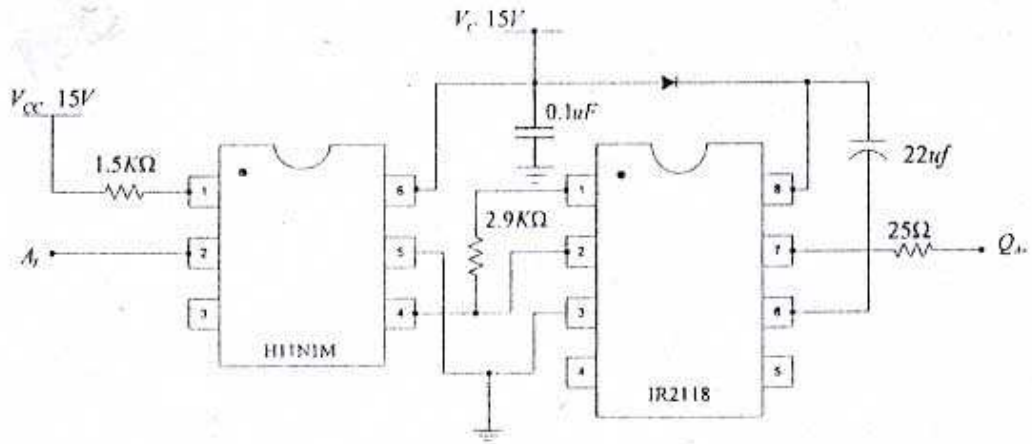
MC33035 پهنای پالس خروجی را برای تحریک ترانزیستورها توسعه می دهد.

موقعی که سرعت موتور بیشتر از سرعت مطلوب باشد، سیکل وظیفه در جهت کاهش

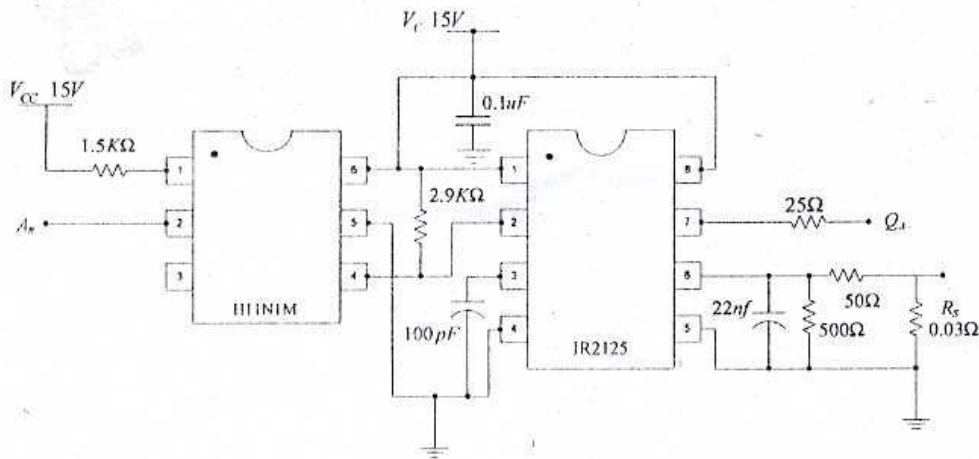
عمل می کند.



شکل ۴۸: مرحله تحریک (ایزوله کردن برد کنترل از برد قدرت)



شکل ۴۹: مدار تحرک کننده برای ترانزیستورهای بالایی



شکل ۵۰: مدار تحریک کننده برای ترانزیستورهای پایینی.

مراجع و منابع استفاده شده:

۱- عنوان: طراحی ماشینهای الکتریکی، مولف: Essams. Hamdi . مترجم: دکتر

ابوالفضل واحدی- مهندس سعید دهرویه.

۲- عنوان: موتورهای الکتریکی مغناطیس دایم و بدون جاروبک، مؤلف: تی، گنجو .

اس ناگاموری مترجم: دکتر هاشم اورعی- مهندس احمد غفوری

آدرس سایتهای اینترنتی:

1- www.datasheet 44.com

2- www.onsemi.com

3- www.energy challenge. Org//iitfinal – report.pdf