دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش:

مهندسی برق الکترونیک

عنوان :

طراحی و ساخت درایور صنعتی جریان بالا به روش Microstep برای موتورهای پله ای

استاد راهنما:

آقای دکتر وحید رشتچی

نگارش:

محمد همتی

شهریور۹۲

تقدیم به خانواده ام که همواره در تمام مراحل زندگی، پشتیبانم بوده اند.

و از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر وحید رشتچی به خاطر تمام زحماتی که برای به ثمر رسیدن این پروژه متحمل شده اند و تمام حمایت های ایشان، تشکر و قدردانی می نمایم.

فهرست مطالب

صفحه

مقدمه..... ۱

فصل ۱: ساختار موتورهای پله ای، کاربردها و مشخصات الکترومکانیکی..... ۴

۱-۱) معرفی موتورهای پله ای..... ۵

۱-۲) ویژگی های متمایزکننده ی موتورهای پله ای از سایر موتورها..... ۶

۱-۳) انواع موتورهای پله ای..... ۹

۱-۴) ویژگی های مکانیکی و توان موتورهای پله ای..... ۱۵

۱-۵) مشخصه های الکترومکانیکی موتورهای پله ای..... ۱۷

فصل ۲: مبانی راه اندازی موتورهای پله ای دوفاز..... ۲۴

۲-۱) یادآوری:پاسخ فاز موتور به پالس مربعی..... ۲۵

۲-۲) انواع سیم پیچی ها و مفهوم درایو..... ۲۶

فصل ۳: مروری بر روش های معمول راه اندازی موتورهای پله ای..... ۴۰

۳-۱) شیب صعود جریان سیم پیچ..... ۴۱

۳-۲) روش های معمول درایو موتورهای پله ای..... ۴۲

فصل ۴: مبانی درایو Microstep و روش های پیاده سازی ۴۹

۴-۱) مبانی درایو مایکرواستپ ایده آل..... ۵۰

۴-۲) مبانی درایو مایکرواستپ عملی..... ۵۳

۴-۳) روش های پیاده سازی درایو مایکرواستپ..... ۵۸

فصل ۵: مدارهای طراحی شده و خروجی های نهایی..... ۶۵

۵-۱) طراحی با آی سی A3986 (یا A4989)..... ۶۶

۵-۲) طراحی با L6207 و میکروکنترلر ATXMEGA32A4U..... ۸۱

فصل ۶: نتیجه گیری و افق های موضوع..... ۹۵

۶-۱) نتیجه گیری..... ۹۶

۶-۲) افق های موضوع..... ۹۷

ضمائم..... ۹۹

ضمیمه شماره ۱) روش درایو H-Bridge و مشکلات آن..... ۱۰۰

ضمیمه شماره ۲) بلوک دیاگرام داخلی و کاربردی آی سی A4989..... ۱۰۶

ضمیمه شماره ۳) جدول درصد جریان سیم پیچ ها برای مدهای مختلف مایکرواستپ..... ۱۰۷

مراجع..... ۱۰۸

مقدمه

موتورهای پله ای یا با اصطلاح استپ موتورها یکی از ادوات پرکاربرد در صنایعی می باشد که در آن ها دقت چرخش و کنترل دقیق بسیار مهم است؛ دستگاه های تراش، فرز و بازوهای مکانیکی ربات های صنعتی، مثال هایی از این کاربردها می باشند. از مهم ترین عللی که موتورهای پله ای را از دیگر ماشین های الکتریکی متمایز کرده و آن ها را مناسب چنین کاربردهایی می سازد، می توان به پله ای و دقیق بودن حرکت، کنترل حلقه باز و گشتاور خروجی مستقل از بار و ... اشاره نمود. البته این موتورها، نقاط ضعفی همچون عملکرد ضعیف در فرکانس های بالا و رزونانس الکترومکانیکی دارند که در مقابل نقاط قوت متعدد آن ها قابل صرفنظر کردن می باشند و با روش هایی می توان حتی الامکان این نقاط ضعف را تقویت نمود. موتورهای پله ای از دیدگاه تکنولوژی ساخت دارای انواع اصلی همچون رلوکتانسی، مغناطیس دائم و هایبرید می باشند که به ترتیب از گذشته تا به امروز در صنعت استفاده می شده اند؛ اما امروزه، عمده موتورهایی که در بازار موجود می باشند از نوع هایبرید بوده و دارای کارایی نسبتا بالایی می باشند. این نوع از ماشین های الکتریکی، از لحاظ الکتریکی نیز تقسیم بندی شده و در آرایش های دو،سه یا پنج فاز موجود می باشند که یا این موتورها تک قطبی (موتورهای قدیمی ۵ یا ۶ سیمه)، یا دوقطبی(موتورهای جدید ۴ یا ۸ سیمه) هستند. برای مثال یک موتور پله ای دوفاز دوقطبی دارای دو سیم پیچ می باشد که جهت جریان در هر فاز از طریق یک H-Bridge عوض می شود. لازم به توضیح است که در انتخاب موتور برای یک سیستم، بایستی نیازمندی ها را در مشخصه های الکترومکانیکی موتور پله ای که توسط شرکت سازنده ارائه می شود، جستجو کرده و بهترین موتور را از لحاظ ابعاد، گشتاور خروجی و دقت انتخاب نمود.

از گذشته تا به امروز، روش های راه اندازی مختلفی برای موتورهای پله ای ارائه شده و تقریبا می توان گفت در طراحی اکثر درایورها، مهم ترین اهدافی که در پیشرفت آن ها دنبال می شده است، کاهش تلفات حرارتی و تولید گشتاور خوب در سرعت های بالا بوده است که روش های درایو مقاومتی(L/R)، دوسطحی(Bi-Level) و در نهایت چاپر(Chopper) در این راستا به وجود آمده اند و روش چاپر، امروزه نیز به عنوان یکی از بهینه ترین روش ها برای راه اندازی موتورهای پله ای به کار می رود. در این روش، کنترل روی جریان انجام گرفته و به اصطلاح جریان مرتبا بریده می شود تا جریان موتور پیرامون مقدار نامی بماند و گشتاور خروجی خوبی بدهد؛ همچنین در این روش برای تسریع صعود جریان سیم پیچ به جریان نامی و در نتیجه گشتاور بالا در سرعت های بالا، از ولتاژ تغذیه ای چندین برابر ولتاژ نامی موتور استفاده می شود.

اما امروزه در صنعت، نیازها و انتظارهای فراتری از درایورهای موتور پله ای به وجود آمده است و تنها گشتاور بالا و تلفات پایین مد نظر نبوده و طراحان دنبال روش هایی برای درایو می باشند که نه تنها ویژگی های مذکور را بهبود بخشد، بلکه دقت حرکتی موتور را که رسیدن به آن در تکنولوژی ساخت موتور پر هزینه می باشد، توسط مجموعه ی درایور بالا ببرند. نیاز دیگری که امروزه در کارگاه ها یا کارخانه هایی که آلودگی صوتی برای آن ها مهم می باشد، حرکت نرم و کم صدای موتور می باشد. همچنین فرکانس رزونانس موتور که می تواند در جای خود یک معضل باشد بایستی به فرکانس های بالاتر انتقال داده شود تا مشکلی برای سیستم ایجاد نکند؛ برای این کار بایستی تغییرات سریع مکانیکی در حرکت کاهش یابد یا به عبارتی موتور به نرمی حرکت کند. گشتاور خروجی ثابت نیز حائز اهمیت می باشد که در مد نیم پله ی روش های مذکور، نمی توان به آن ها رسید. حال روش درایو مایکرواستپ به عنوان روشی نسبتا نوین تمام نیازمندی های فوق و ویژگی های خوب را برای ما مهیا می سازد. از این رو، این ویژگی های مهم ما را مجاب کرده است تا در این زمینه کار کنیم.

از آن جایی که جریان ایده آل برای درایو موتور پله ای، سینوسی می باشد، در روش درایو مایکرواستپ حتی الامکان سعی می شود یکی از فازها دارای جریان سینوسی و دیگری دارای جریان کسینوسی باشد و هر چقدر شکل موج جریان به سینوسی نزدیکتر باشد، موتور عملکرد بهتری خواهد داشت. به عبارتی دیگر، در این روش، هر پله به قسمت های ریزتر تقسیم شده و توسط روتور طی می شود. بایستی توجه شود که می توان با استفاده از این درایو، به دقت هایی در حد یک چهارم، یک شانزدهم، یک سی و دوم و... رسید که هر چقدر دقت افزایش یابد مدار کنترلی پیچیده تر و پرهزینه تر شده اما دقت حرکتی بالا می رود. همچنین به دلیل سینوسی بودن جریان، گشتاور خروجی در تمامی حالت و مکان های که روتور در آن ها قرار می گیرد، برابر مقدار ثابتی می شود که از مهم ترین ویژگی های این روش می باشد. قابل ذکر است که مدار پایه ی این نوع درایو، همان چاپر می باشد و تنها چند واحد دیگر همچون مبدل های دیجیتال به آنالوگ و مرجع ولتاژ سینوسی به مدار اضافه می شود که این سربار با توجه به ویژگی های فوق العاده ای که این روش به ما می دهد،قابل چشم پوشی می باشد.

به این دلیل که این درایور امروزه در صنعت نیاز می باشد و قیمت نمونه های مشابه خارجی بالا بوده و استفاده از آن ها شاید در برخی سیستم ها مقرون به صرفه نباشد، ما اقدام به طراحی و ساخت یک درایور مایکرواستپ صنعتی جریان بالا نمودیم که بتواند موتورهایی با جریان بالای دو آمپر را درایو نماید. برای این طراحی از کاری که قبلا در این زمینه انجام شده بود(مرجع [۳]) و دارای مشکلاتی بود، کمک گرفته و با تدابیری برای رفع مشکلات آن طراحی را انجام داده و برد را ساختیم. در این طرح از یک آی سی درایور مایکرواستپ با نام A3986(یا A4989) استفاده نمودیم. اما تا زمان نگارش

پایان نامه علی رغم تغییرات اعمال شده و صرف هزینه ی زیاد، نتوانستیم مشکل آن را به طور دقیق برطرف نماییم. در حالی که به حل مشکل این درایو مشغول بودیم، یک مدار دیگر را با استفاده از یک درایور پل کامل با نام L6207 و یک میکروکنترلر XMEGA به عنوان توالی ساز و مولد مرجع ولتاژ سینوسی -با استفاده از دو واحد مبدل دیجیتال به آنالوگ خود آن- طراحی و ساختیم. خوشبختانه نتایجی که در این طرح گرفتیم، رضایت بخش بوده و توانستیم اکثر ویژگی های خوب روش درایو مایکرواستپ را تجربه نماییم که نتایج آن به طور کامل در فصول پایانی آمده است.

در این پایان نامه، روند کلی مطالعه و طراحی برای ساخت یک درایور صنعتی جریان بالا به روش مایکرواستپ آمده است. در فصل نخست، به ساختار موتورهای پله ای و ویژگی های الکترومکانیکی آن ها پرداخته شده و مفاهیم کلی در مورد مشخصه های یک موتور پله ای مورد بررسی قرار گرفته است. سپس در فصل دوم روش های راه اندازی یا درایو موتورهای پله ای معرفی شده و توضیح مفصلی راجع به مفاهیم و مبانی درایو موتورهای تک قطبی و دوقطبی در حالت های تمام پله و نیم پله ارائه شده است. در فصل سوم، روش های معمول درایو موتورهای پله ای مانند روش مقاومتی،دو سطحی و چاپر به همراه مزایا و معایب هرکدام به طور کامل تشریح شده است و روند پیشرفت این روش ها آورده شده است. در فصل چهارم، مبانی و انواع روش های پیاده سازی درایور مایکرواستپ توضیح داده شده است و دو روش عمده- یکی یا استفاده از آی سی های آماده و دیگری استفاده از میکروکنترلرها در کنار طبقه ی قدرت- ارائه شده است. در فصل ششم، شماتیک مدارهای طراحی شده و نتایج و خروجی مدارهای ساخته شده آمده است. در پایان نیز، طی یک فصل کوتاه،یک نتیجه گیری برای کارهای انجام شده آورده شده و افق های موضوع برای طراحی های آینده تبیین شده است.

فصل ۱

ساختار موتورهای پله ای .کاربردها
و
مشخصات الکترومکانیکی

در این فصل ، ابتدا شرح مختصری از اهمیت موتورهای پله ای و کاربردهای آن ها در صنعت و ویژگی های متمایز کننده ی آن ها از موتورهای دیگر ، ارائه می شود . سپس انواع موتورهای پله ای را از دیدگاه ساختار داخلی بررسی کرده و سپس به انواع موتورها که در تعیین نحوه ی درایو نقش دارند، می پردازیم . در بخش پایانی، به روابط ریاضی موجود در بحث موتورهای پله ای پرداخته و مشخصه های الکتریکی و الکترومکانیکی آن ها را مورد بحث قرار می دهیم .

۱-۱) معرفی موتورهای پله ای

موتورهای پله ای(شکل ۱-۱) یکی از انواع پرکاربرد ماشین های DC هستند که دارای حرکت گسسته و به اصطلاح پله ای می باشند. و از دیدگاهی دیگر این موتورها نوع خاصی از موتورهای سنکرون[1] محسوب می شوند .[۱] این ویژگی بسیار بارز و ویژگی های کنترلی منحصر به فرد آن ها، در مقایسه با ماشین های DC و AC که حرکت پیوسته دارند ، باعث شده است که در کاربردهای کنترلی و ابزار دقیق همچون پرینترهای لیزری ، دستگاه های CNC و ... مورد استفاده قرار گیرند.

شکل ۱-۱ – موتورهای پله ای

در واقع یک موتور پله ای، پالس های الکتریکی را به جابجایی مکانیکی گسسته تبدیل می کند. در صورتی که پالس های الکتریکی با ترتیب مشخص و صحیحی به فازهای موتور اعمال شوند، شفت موتور می چرخد. در واقع، بسیاری از مشخصه های چرخشی روتور، به ویژگی های پالس های اعمالی، بستگی دارد؛ به طوری که ترتیب پالس ها، جهت چرخش روتور را تعیین می کند. برای کنترل سرعت چرخش روتور، می توان فرکانس پالس های اعمالی را تغییر داد. همچنین میزان جابجایی یا حرکت روتور را تعداد پالس های اعمال شده به سیم پیچ های موتور تعیین می کند که در فصل راه اندازی موتورهای پله ای به بررسی تمامی این ویژگی ها خواهیم پرداخت .

[1] Synchronous

۱-۲) ویژگی های متمایز کننده موتورهای پله ای از سایر موتورها

۱-۲-۱) موتورهای پله ای بدون جاروبک هستند.

همواره یکی از عوامل مشکل ساز در موتورهای قدیمی وجود جاروبک و کموتاتور در آن ها بوده است که مشکلات ناخواسته ای اعم از ایجاد جرقه، کاهش طول عمر موتور و هزینه های بالای نگهداری و تعمیر را موجب می شده است.

در موتورهای پله ای به دلیل ویژگی های ساختاری- نداشتن جاروبک- بسیاری از این مشکلات مرتفع شده و هزینه های تعمیر، نگهداری و جرقه های ناخواسته حذف گردیده است.

۱-۲-۲) موتورهای پله ای مستقل از بار خود درایو می شوند.

در صورتی که بار موتور از حداکثر گشتاور ممکن برای موتور پله ای تجاوز نکند ، موتور با یک جریان خاص و گشتاور ثابت در سرعت های مختلف حرکت می کند .در صورتی که در موتورهای دیگر از جمله موتورهای DC، جریان و پارامترهای درایو موتور با تغییر بار و سرعت موتور تغییر می کنند. البته قابل توجه است که در صورت عدم تخمین صحیح جریان اعمالی به سیم پیچ های موتور پله ای با توجه به رنج گشتاور مورد نیاز در یک کاربرد، تلفات بالایی ممکن است داشته باشیم. لذا جریان سیم پیچ موتور پله ای بایستی با توجه به گستره ی باری که بر روی روتور آن قرار خواهد گرفت، تخمین زده شود. جالب توجه اینکه امروزه IC های درایوری با امکاناتی همچون «تشخیص بدون سنسور بار[۲]» ادعا می کنند که قابلیت آن را دارند، با توجه به بار موتور و بدون هیچ سنسور فیزیکی، جریان مورد نیاز موتور را در حالت بهینه تنظیم کنند.آی سی های شرکت Trinamic از این دسته می باشند.

۱-۲-۳) کنترل حلقه باز

این ویژگی موتورهای پله ای از بارزترین ویژگی های متمایزکننده این نوع موتور از موتورهای دیگر از دیدگاه نحوه ی درایو و کنترل می باشد.

از آن جا که در موتورهای پله ای یک دور چرخش کامل روتور به قسمت های کوچکتر(پله) تقسیم شده است، با اعمال هر پالس می توان یک پله را طی نمود. با داشتن توالی پالس های داده شده به موتور و دانستن موقعیت اولیه ی روتور، می توان از موقعیت جدید آن- بدون استفاده از المان ها و حلقه های فیدبک- اطلاع حاصل کرد.

[2] Sensorless Load Detection

با توجه به این ویژگی مهم، از مشکلاتی همچون هزینه ی بالای حلقه های فیدبک، غیر خطی شدن احتمالی سیستم کنترلی و پیچیدگی سیستم، رهایی می یابیم. البته مسائلی در کنترل حلقه باز در موتورهای پله ای مطرح است که در کاربردهای کنترلی دقیق بایستی به آن ها توجه شده و راه کارهای لازم برای جلوگیری از آن ها اندیشیده شود. یکی از مهمترین این مسایل به اصطلاح "گم کردن" پالس است که موتور پله ای برخی اوقات همچون شتاب گیری، شروع حرکت و پایان حرکت و برخی اوقات در سرعت های بالا دچار گم کردن یک یا چند پله می شود. لذا توصیه می شود در انتخاب موتور، به نمودارهای الکترومکانیکی موتور توجه کرده و ضمن انتخاب صحیح موتور برای بار مورد نظر و گستره ی سرعت دلخواه، موتور را به نحوی درایو کنیم که دچار این مشکل نشویم.

۱-۲-۴) گشتاور نگهدارنده

گشتاور نگهدارنده در موتورهای پله ای، خود عامل بسیار مهمی در کاهش تلفات و سادگی کنترل گشتاور درحالت های ایستا می باشد.

در حالتی که شفت موتور ثابت است، به شرط جریان دار کردن سیم پیچ های موتور، می توان گشتاور نگه دارنده ی بالایی داشت.

۱-۲-۵) پاسخ فرکانسی خوب در فرکانس های پایین

موتورهای پله ای در سرعت های پایین نسبت به موتورهای دیگر، کنترل پذیری بسیار بالایی دارند به گونه ای که حتی در سرعت های در حد چند RPM[۳] می توان بدون هیچ نگرانی موتور را کنترل نمود؛ قابل ذکر است که این ویژگی جالب ، به دلیل خاصیت کنترلی- پالسی و پله ای بودن حرکت- می باشد. از دیگر ویژگی های برتری موتورهای پله ای نسبت به سایر موتورها می توان به عدم نیاز به گیربکس برای گستره ی وسیعی از بارها، آسیب ندیدن موتور در اضافه بار به دلیل ویژگی های درایو و کنترل روی جریان اشاره نمود.

درکنار ویژگی های مذکور، که به حق از مزایا و برتری های موتورهای پله ای نسبت به سایر موتورها هستند، ویژگی های دیگری از موتورهای پله ای نیز وجود دارند که عیب محسوب می شوند:

[3] Revolutions Per Minute

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

فصل ۶

نتیجه گیری
و
افق های موضوع

۶-۱)نتیجه گیری

در این پروژه، مطالعه ی نسبتا جامعی در موضوع مبانی موتورهای پله ای و روش های درایو انجام شد و اطلاعات زیادی راجع به موتورهای پله ای و روش های سنتی درایو آن ها مثل مقاومتی و چاپر کسب شد که در فصل های گذشته راجع به آن ها به طور مفصل صحبت شده است. پس از مطالعات اولیه ی پروژه به این نتیجه رسیدیم که روش مایکرواستپ چه از لحاظ گشتاور و چه از لحاظ صدای موتور و دقت حرکتی بهینه ترین روش برای درایو موتورهای پله ای می باشد و تصمیم گرفتیم که این موضوع را دنبال کنیم تا ویژگی های مذکور را خود تجربه نماییم. پس از ساخت اولین درایور مایکرواستپ و تست آن که موفقیت آمیز نبود، شروع به طراحی درایور مایکرواستپی با L6207 و یک میکروکنترلر XMEGA نمودیم که از L6207 به عنوان طبقه ی قدرت خروجی و از XMEGA به عنوان تولید کننده ی توالی فازها، ولتاژ مرجع سینوسی و مدیریت میرایی جریان هنگام خاموش شدن فاز استفاده است. مدارچاپی این درایور را نیز ساخته و نتایج آن را در فصل ۵ آورده ایم. نتایجی که از این درایور حاصل شد مطلوب ما بود که توانستیم نتیجه بگیریم، درایور مایکرواستپ ویژگی ها و مزایای زیر را برای ما ایجاد می کند:

- ✓ گشتاور خروجی ثابت و خوب در مدهای نیم پله، یک چهارم و ... به طوری که هر چقدر شکل موج جریان شبیه سینوسی ایده آل شود ، گشتاور خروجی تثبیت می شود.
- ✓ افزایش دقت حرکتی بالاتر؛ البته این دقت به ساختار مکانیکی و کیفیت موتور نیز بستگی دارد و ممکن است موتور از یک مد مایکرواستپ(مثلا یک-شانزدهم) به بعد دیگر دقت خوبی نداشته باشد؛ به عبارتی کیفیت موتور از کیفیت درایور پایین تر باشد. لذا پیشنهاد می شود در طراحی ها فقط به درایور توجه نشود و در یک نگاه کلی برای یک کاربرد، یک مجموعه ی درایو و موتور انتخاب گردد.
- ✓ حرکت نرم وکاهش سر و صدای موتور؛ پس از تست درایور، به این نتیجه رسیدیم که هر چقدر مد مایکرواستپ را بالاتر برده و دقت را افزایش دهیم، سر و صدای موتور کاهش یافته و موتور به نرمی می چرخد که این مسئله در محیط های صنعتی که چندین موتور وجود دارد می تواند مفید باشد تا آلودگی های صوتی در محیط کار به حداقل برساند.
- ✓ انتقال فرکانس رزونانس به فرکانس های بالاتر؛ به دلیل حرکت نرم موتور پله ای در مد مایکرواستپ و نداشتن تغییرات شدید مکانیکی، فرکانس رزونانس موتور-که گشتاور موتور در این فرکانس به صفر می رسد- به فرکانس های بالاتر انتقال می یابد که این بسیار مطلوب است

و در بهبود عملکرد الگوریتم شتاب گیری و عملکرد موتور در فرکانس های نزدیک فرکانس طبیعی خود موتور، می تواند مفید واقع شود. نکته ی دیگری که از لحاظ اقتصادی مهم می باشد آن است که اگر تغییرات شدید مکانیکی نداشته باشیم ممکن است در بسیاری از کاربردها به دیسک های ویسکوز که نسبتا گران قیمت هستند، نیاز نداشته باشیم.

طبق آزمایش های انجام شده، تنها مسئله ای که به عنوان ضعف برای درایور L6207 مطرح می باشد، آن است که این درایور در مد مایکرواستپ می تواند حداکثر جریان ۲.۵ آمپر را به ما بدهد که برای موتورهای توان بالا قابل استفاده نمی باشد. اما اگر در آینده مشکل درایور A3986 مشخص شده و حل شود، آن گاه می توان رنج قابل توجهی از موتورهای پله ای دوفاز- از ۳۰ تا ۵۰۰ وات- را درایو نمود که می تواند به عنوان یکی از درایورهای صنعتی داخلی با قابلیت های قابل توجه به بازار عرضه شود.

۶-۲) افق های موضوع و پیشنهادها

قابل توجه است بدانیم، در بازار داخلی، تعدد درایورهایی با رنج جریانی، دقت و کیفیت بالا کم می باشد و می توان درایورهایی را که برای این پروژه طراحی شده است، ادامه داده و از آن ها در بازار و صنعت داخلی استفاده نمود. به عنوان افق هایی برای خود جهت ادامه ی کار در این زمینه، ابتدا به تشخیص عیب درایور ساخته شده خواهیم پرداخت و قسمت هایی را که محتمل است عیب ناشی از آن باشد، بررسی خواهیم نمود؛ یکی از این موارد محتمل، می تواند مدار تغذیه ی سویچینگ باشد که ممکن است در عملکرد آی سی تاثیر بگذارد؛ لذا در آینده، شاید به جای تغذیه ی سویچینگ از یک تغذیه ی خطی استفاده کنیم که تلفات روی آن بسیار قابل توجه و اجتناب ناپذیر خواهد بود! قسمت دیگری که احتمال آن می رود عیب پیش آمده از آن باشد، صفحه ی GND روی مدار چاپی می باشد که هر چقدر بتوانیم بایستی زمین مدار را تقویت کرده و در سطح مدار چاپی گسترده نماییم تا شاید مشکل حل شود. پیشنهاد کلی که داریم، استفاده از مدارچاپی چند لایه می باشد که به ما امکان داشتن صفحه ی GND و VBB را می دهد که می تواند بسیاری از مشکلات را حل کرده و خاصیت سلفی حاصل از سیم کشی را کاهش دهد. اما متاسفانه تولید مدار چاپی چند لایه ی نمونه(زیر ۱۰ عدد) در داخل کشور دارای هزینه ی بسیار بالایی می باشد. اما در تولید انبوه، می توان هزینه ها راکاهش داده و کارایی را بالا برد.

یکی از آی سی های درایور مایکرواستپ که تا زمان نگارش این پایان نامه وارد بازار نشده بود، محصول فوق العاده ی شرکت توشیبا[۹۶] به نام TB6600 بود که دارای مشخصات توانی بی نظیری می باشد. این آی سی در پکیج HZIP-25 ارائه می شود و می تواند جریان ماکزیممی درحد ۵ آمپر را تامین نماید و

[96] Toshiba

هم چنین طبقه ی قدرت، توالی ساز و مرجع سینوسی در درون آی سی موجود بوده و می تواند تا دقت یک شانزدهم را درایو نماید. ماکزیمم ولتاژ کاری این آی سی نیز ۵۰ ولت می باشد که بسیار مناسب است. لذا پیشنهاد می شود که در کارهای بعدی از این آی سی برای درایور مایکرواستپ استفاده شود؛ زیرا هم دارای مشخصات قابل توجهی است و هم به ادوات جانبی کم تری نیاز داشته و هم قیمت مناسبی دارد.

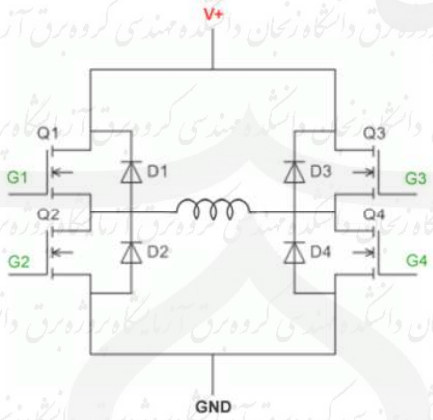
افق هایی که برای مدار درایور با L6207 در نظر گرفته شده است، اضافه نمودن امکانات نرم افزاری همچون روش های Decay، روش های کاهش جریان و امکانات جانبی دیگر می باشد که در آینده ای نزدیک انجام خواهد شد.

در پایان، امیدواریم که نتایج این پروژه و پایان نامه ی حاضر، برای کسانی که علاقه مند به کار در این زمینه می باشند، مفید واقع شود.

ضمائم

ضمیمه شماره ۱– روش درایو H-Bridge و مشکلات آن

روشن کردن ترانزیستورهای ماسفت در یک پل کامل که در شکل ض-۱-۱ آمده است، نکاتی دارد و درایو آن ها با مشکلاتی روبرو می باشد که به چند نمونه از آن ها در ادامه اشاره خواهیم کرد. همچنین در این ضمیمه، به چند نمونه از مهمترین حفاظت هایی که روی H-Bridge مورد نیاز می باشد، اشاره خواهد شد.

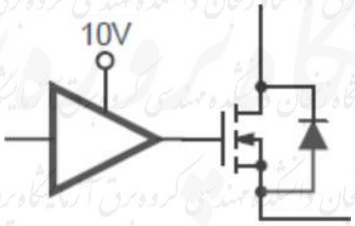


شکل ض-۱-۱- مدار H-Bridge

ض ۱-۱) روشن کردن ماسفت ها

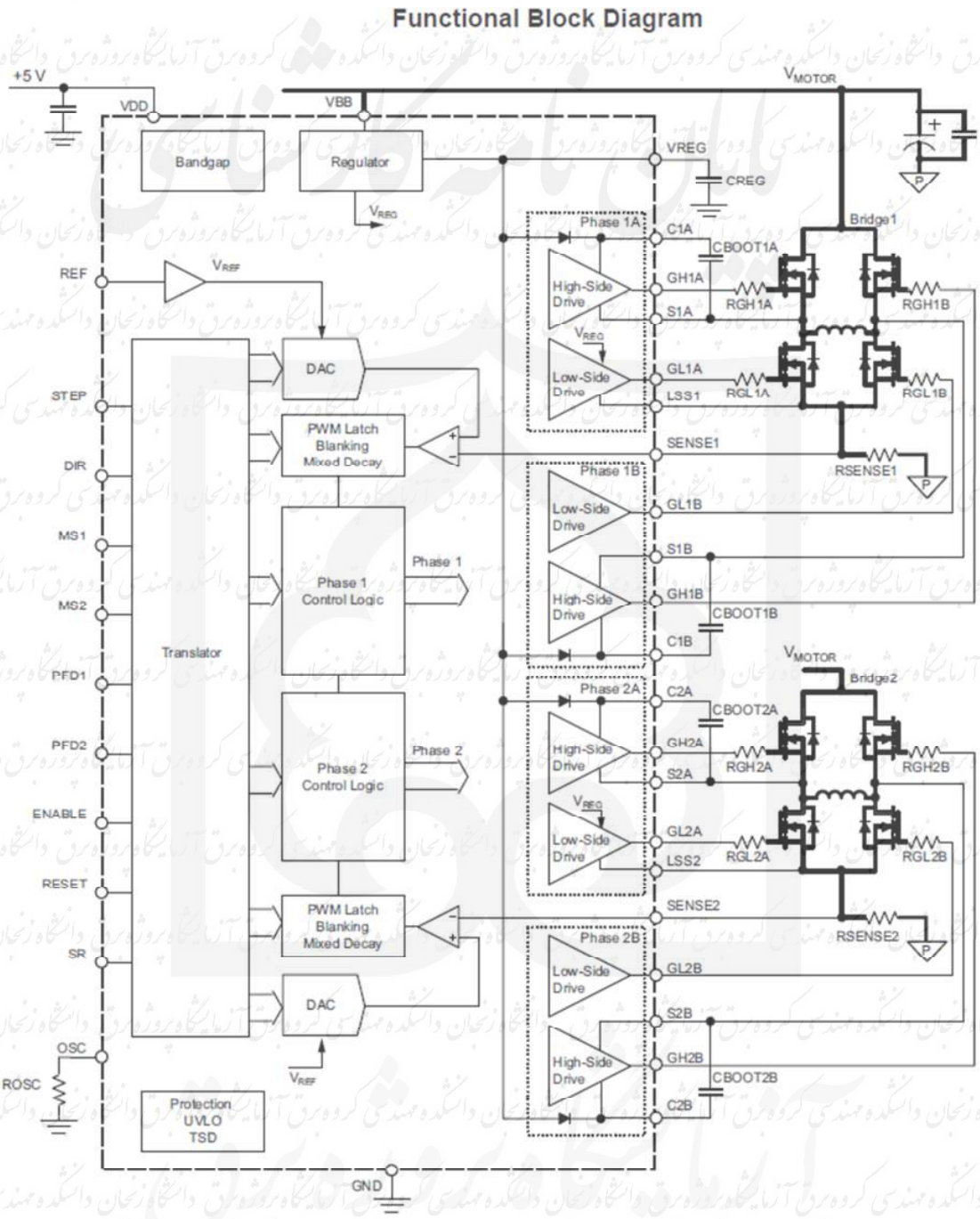
ض ۱-۱-۱)استفاده از چندین زمین ایزوله

در ابتدا بایستی بگوییم که ماسفت ها برای روشن شدن به ولتاژ گیت- سورس بالای ۱۰ ولت نیاز دارند و اگر روی گیت-سورس آن ها ولتاژی کم تر از این مقدار بیافتد، ماسفت به طور ناقص روشن شده و تلفات روی آن زیاد می شود و ممکن است بسوزد. لذا سیگنال منطقی را که ۵ ولت می باشد مستقیم به این ماسفت ها وصل نمی کنند؛ بلکه از طریق یک بافر Open-Collector ماسفت را روشن می کنند که بافرهای اضافه شده به مدار در شکل ض-۱-۲ آمده است.



شکل ض-۱-۲- بافر درایور ترانزیستورهای ماسفت

ضمیمه شماره ۲– بلوک دیاگرام داخلی و کاربردی آی سی A4989 یا A3986



ضمیمه شماره ۳– جدول درصد جریان سیم پیچ ها برای

مدهای مختلف مایکرواستپ

Home microstep position at Step Angle 45°; DIR = H

Full Step (#)	Half Step (#)	1/4 Step (#)	1/16 Step (#)	Phase 2 Current (% $I_{TRIP(max)}$)	Phase 1 Current (% $I_{TRIP(max)}$)	Step Angle (°)	Full Step (#)	Half Step (#)	1/4 Step (#)	1/16 Step (#)	Phase 2 Current (% $I_{TRIP(max)}$)	Phase 1 Current (% $I_{TRIP(max)}$)	Step Angle (°)
	1	1	1	0.00	100.00	0.0		5	9	33	0.00	–100.00	180.0
			2	9.38	100.00	5.6				34	–9.38	–100.00	185.6
			3	18.75	98.44	11.3				35	–18.75	–98.44	191.3
			4	29.69	95.31	16.9				36	–29.69	–95.31	196.9
		2	5	37.50	92.19	22.5			10	37	–37.50	–92.19	202.5
			6	46.88	87.50	28.1				38	–46.88	–87.50	208.1
			7	56.25	82.81	33.8				39	–56.25	–82.81	213.8
			8	64.06	76.56	39.4				40	–64.06	–76.56	219.4
1	2	3	9	70.31	70.31	45.0	3	6	11	41	–70.31	–70.31	225.0
			10	76.56	64.06	50.6				42	–76.56	–64.06	230.6
			11	82.81	56.25	56.3				43	–82.81	–56.25	236.3
			12	87.50	46.88	61.9				44	–87.50	–46.88	241.9
		4	13	92.19	37.50	67.5			12	45	–92.19	–37.50	247.5
			14	95.31	29.69	73.1				46	–95.31	–29.69	253.1
			15	98.44	18.75	78.8				47	–98.44	–18.75	258.8
			16	100.00	9.38	84.4				48	–100.00	–9.38	264.4
	3	5	17	100.00	0.00	90.0		7	13	49	–100.00	0.00	270.0
			18	100.00	–9.38	95.6				50	–100.00	9.38	275.6
			19	98.44	–18.75	101.3				51	–98.44	18.75	281.3
			20	95.31	–29.69	106.9				52	–95.31	29.69	286.9
		6	21	92.19	–37.50	112.5			14	53	–92.19	37.50	292.5
			22	87.50	–46.88	118.1				54	–87.50	46.88	298.1
			23	82.81	–56.25	123.8				55	–82.81	56.25	303.8
			24	76.56	–64.06	129.4				56	–76.56	64.06	309.4
2	4	7	25	70.31	–70.31	135.0	4	8	15	57	–70.31	70.31	315.0
			26	64.06	–76.56	140.6				58	–64.06	76.56	320.6
			27	56.25	–82.81	146.3				59	–56.25	82.81	326.3
			28	46.88	–87.50	151.9				60	–46.88	87.50	331.9
		8	29	37.50	–92.19	157.5			16	61	–37.50	92.19	337.5
			30	29.69	–95.31	163.1				62	–29.69	95.31	343.1
			31	18.75	–98.44	168.8				63	–18.75	98.44	348.8
			32	9.38	–100.00	174.4				64	–9.38	100.00	354.4
	5	9	33	0.00	–100.00	180.0		1	1	1	0.00	100.00	360.0

مراجع

الف) مراجع فارسی

[۳]بینایی ، کامران ،طراحی و ساخت درایو موتور پله ای به روش مایکرواستپ ،دانشگاه زنجان ، ۱۳۸۷.

[۴]"اصول پایه و ساختمان موتورهای استپ و درایوها"، شرکت جمشاد،۱۳۸۸-www.jamshad.com

ب) مراجع لاتین

[1] J. Chapman, Stephen, Electric Machinery Fundamentals, 4th Edition, McGraw-Hill ,Boston,2005.

[2]"VEXTA PK245 Technical Data", ORIENTAL MOTOR GENERAL CATALOG, 2003/2004.

[5] Jonathan W. Valvano," Industrial Circuit Application Note: Stepper motor and driver selection",ECE Department- Universty Of Texas At Austin.

[6]R. Condit; D. W. Jones, Stepping Motors Fundamentals (AN907), Microchip Technology Inc., 2004.

[7]Rustle Laidman, Microstepping Of Stepper Motors Tutorial, 1999.

[8]"A4989 Datasheet", Allegro Microsystems Inc-www.allegromicro.com,2010.

[9]"TMC262 short specification", Trinamic Motion Control Co., www.trinamic.com.

[10]"A4989 Short Specification", Allegro Microsystems Inc-www.allegromicro.com.

[11]"L6207 Datasheet", ST Microelectronics, September 2003.

[12] "AVR1301: Using the XMEGA DAC", Atmel Corporation, 2008.

[13] W.C. Huang, J.C. Cheng, P.C. Liou, A Charge Pump Circuit by using Voltage-Doubler as Clock Scheme, INTERNATIONAL JOURNAL OF DESIGN, ANALYSIS AND TOOLS FOR CIRCUITS AND SYSTEMS, VOL. 1,NO.1,June 2011.