

طراحی و ساخت راه انداز انواع موتورهای جریان مستقیم با درایور L298

محمدحسین داودی^۱، مهدی اسلامی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد الکترونیک دیجیتال، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران

^۲ استاد یار دانشکده فنی و مهندسی گروه برق، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

نام نویسنده مسئول:

محمدحسین داودی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۹

چکیده

موتورهای الکتریکی نوعی ماشین الکتریکی هستند که انرژی الکتریکی را به انرژی مکانیکی تبدیل می‌کنند. موتورهای الکتریکی به دو نوع جریان مستقیم و جریان متناوب تقسیم می‌شوند. در طراحی و ساخت این پروژه راه‌اندازی موتورهای جریان مستقیم مورد بحث قرار می‌گیرد. در کنترل موتورهای جریان مستقیم دو نکته مهم یعنی کنترل سرعت موتور و کنترل جهت چرخش موتور وجود دارد. با استفاده از کلیدهای کنترلی که بر روی مدار قرار دارد کنترل سرعت و کنترل جهت چرخش انجام می‌شود. استفاده از درایور راه‌انداز قدرتمند و راه‌اندازی موتورهای مستقیم جریان بالا از ویژگی‌های این پروژه می‌باشد. همچنین کنترل موارد ذکر شده توسط میکروکنترلر و با استفاده از مدولاسیون عرض پالس و کنترل سرعت توسط کاربر و انکودر انجام می‌شود.

واژگان کلیدی: موتورهای جریان مستقیم- راه اندازی موتور-چپ گرد-راست گرد- کنترل عرض پالس.

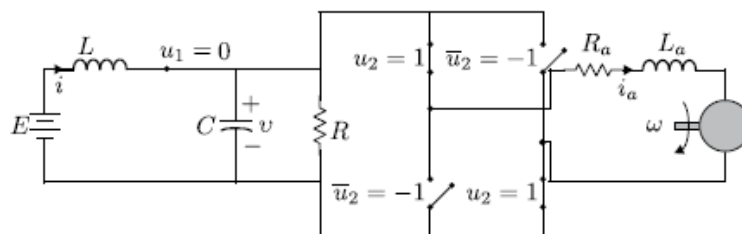
مقدمه

موتور الکتریکی نوعی ماشین الکتریکی است که الکتریسیته را به حرکت مکانیکی تبدیل می‌کند، عمل عکس آن که تبدیل حرکت مکانیکی به الکتریسیته است توسط ژنراتور انجام می‌شود [۱]. این دو وسیله به‌جز در عملکرد، مشابه یکدیگر هستند. اکثر موتورهای الکتریکی توسط الکترومغناطیس کار می‌کنند، هم‌چنین موتورهایی که بر اساس پدیده‌های دیگری نظیر الکترواستاتیک و اثر پیزوالکتریک کار می‌کنند، هم وجود دارد. موتورهای الکتریکی در صنعت از اهمیت زیادی برخوردار هستند. موتورهای الکتریکی به دو نوع جریان مستقیم و جریان متناوب تقسیم می‌شوند. از انواع موتورهای جریان متناوب می‌توان به موتورهای جریان متناوب تک فاز، موتورهای جریان متناوب سه فاز که خود نیز انواع مختلفی دارند و می‌توان از جمله آن‌ها موتورهای قفس سنجابی و سرو موتور را نام برد. موتورهای جریان مستقیم نیز به آرمیچرها و موتورهای پله‌ای تقسیم می‌شوند. موتور جریان مستقیم دارای آرمیچری از آهنربای الکتریکی است [۲]. یک سویچ گردش به نام کموتاتور جهت جریان الکتریکی را در هر سیکل دو بار بر عکس می‌کند تا در آرمیچر جریان یابد و آهنرباهای الکتریکی آهنرباهای دائمی را در بیرون موتور جذب و دفع کنند [۳]. سرعت موتور جریان مستقیم به مجموعه‌ای از ولتاژ و جریان عبوری از سیم پیچ‌های موتور با گشتاور ترمزی بستگی دارد. سرعت موتور جریان مستقیم وابسته به ولتاژ و گشتاور آن وابسته به جریان است. به طور معمول سرعت توسط ولتاژ متغیر کنترل می‌شود [۴].

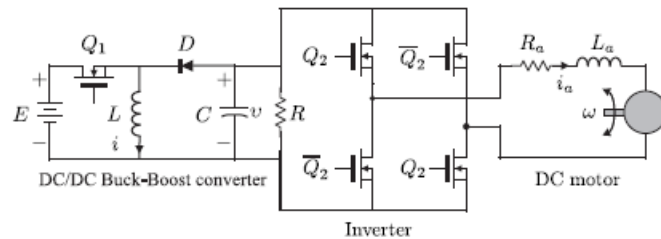
در صنعت علم رباتیک و کنترل سرعت در موتورها موتورهای جریان مستقیم به علت ارزان بودن، قابل دسترس بودن و تنوع زیاد از اهمیت خاصی برخوردار است. به همین دلیل در این پروژه بر آن سعی شده که همگانی بودن موتورهای جریان مستقیم را در برگیرد تا بتواند انواع موتورها از نظر ولتاژ و جریان را به راحتی راه‌اندازی کند. در بازار انواع مختلفی درایورهای موتور موجود است که قابل استفاده می‌باشد اما استفاده کردن از ماژول آماده می‌تواند دقت و سرعت را تا حد بسیار زیادی افزایش دهد که در این پروژه برای موضوع تاکید شده است [۵]. دلیل استفاده کردن از درایور این است که میکروکنترلرها توانایی جریان دهی موتورها را ندارند، به همین دلیل از راه‌اندازها جهت به حرکت درآوردن موتور استفاده می‌کنند. راه‌اندازی موتورهای جریان مستقیم با استفاده از تقویت جریان به کمک ترانزیستورها و آی‌سی‌های راه‌انداز انجام می‌شود. به این صورت تقویت جریان انجام می‌شود که دستور یا فرمان به ورودی تقویت کننده اعمال شده و بعد از تقویت جریان خروجی را به موتور وارد می‌کند. روش‌های مختلفی به این منظور از جمله راه‌انداز ترانزیستوری، زوج دارلینگتون و مدارهای مجتمع مختلف وجود دارد که در ساخت این پروژه از آی‌سی درایور L298 جهت راه‌اندازی موتور استفاده شده است [۶].

مشخصات فنی پروژه

در حال حاضر به طور غالب راه‌اندازی موتورها با مدارهای مجتمع انجام می‌شود. در الکترونیک آنالوگ کنترل جهت و کنترل جریان به صورت زیر انجام می‌شود. در شکل ۱ کنترل جهت چرخش موتور به وسیله کلید انجام شده و در شکل ۲ نیز تقویت جریان توسط ترانزیستورهای FET انجام و به موتور اعمال می‌شود.

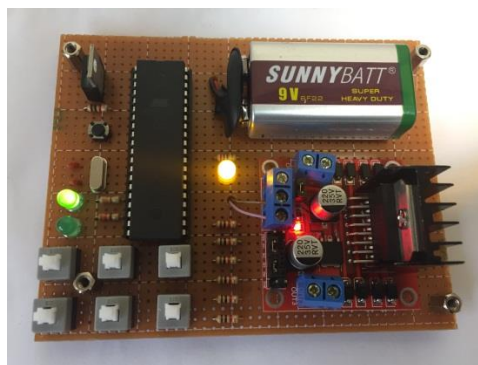


شکل ۱- کنترل چپ گرد و راست گرد موتور جریان مستقیم با استفاده از کلید



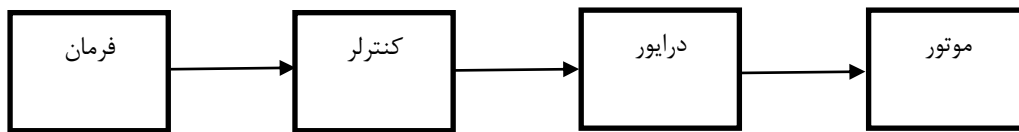
شکل ۲- تقویت جریان موتور جریان مستقیم با استفاده از ترانزیستور

در موتورهای جریان مستقیم استفاده کردن از درایوری که قابلیت فراهم کردن جریان موتور در سرعت و یا گشتاور بالا را داشته باشند بسیار ضروری است. در ساخت این پروژه از آی سی میکروکنترلر ATMEGA32 که از خانواده AVR می‌باشد استفاده شده است. درایور L298 دارای ۴ خروجی می‌باشد که در موتورهای DC چون نیاز به ۲ خروجی داریم برای جریان بالاتر خروجی‌های درایور را با موازی کردن به ۲ خروجی تبدیل می‌کنیم که این کار می‌تواند به ۲ برابر کردن خروجی جریان مدار کمک کند. همچنین پروژه ساخته شده قابلیت راه‌اندازی دو موتور به صورت هم‌زمان را دارد. نکته دیگر آن که این درایور می‌تواند موتورهای جریان مستقیم تا ۳۶ ولت و جریان ۴ آمپر را به راحتی راه‌اندازی کند که این امر با اتصال گیربکس به شفت موتور گشتاور بسیار بالایی را تولید می‌کند. مدار طراحی شده نیاز به دو تغذیه جهت راه‌اندازی موتور دارد. تغذیه اول که ۵ ولت دیجیتال مدار را فراهم می‌کند از طریق یک باتری کتابی و رگولاتور ۷۸۰۵ تولید می‌شود. تغذیه دوم مدار که دارای کانکتور جداگانه‌ای است بستگی به ولتاژ موتور دارد. از این رو موتور در هر ولتاژی که کار می‌کند متناسب با همان ولتاژ تغذیه دوم نیز اعمال می‌شود. کلید ریست نیز جهت جلوگیری از عملکرد ناصحیح میکروکنترلر در نظر گرفته شده است. برای عملکرد بهتر و دقیق‌تر مدار از یک کریستال خارجی ۸ مگاهرتز استفاده شده تا میکرو از کلاک دقیق‌تری استفاده کند. با استفاده از تایمر کانتر میکروکنترلر تنظیم کننده عرض پالس ساختیم و توسط دو کلید PUSH BUTTOM به صورت PWM+ و PWM- کنترل سرعت را انجام می‌دهیم به طوری که با هر بار فشردن کلیدهای مربوطه سرعت موتور کم یا زیاد می‌شود. همچنین دو کلید در مدار وجود دارد که مربوط به ENABLE و DESABLE درایور می‌باشد که متناسب با فشردن شدن هر کلید یک LED متناظر با آن روشن می‌شود. با فشردن کلید ENABLE پین مربوط به آی سی راه‌انداز فعال می‌شود و موتور آماده حرکت می‌شود. کلید DESABLE نیز عکس این عمل را انجام می‌دهد به طوری که زمانی که این کلید فشرده شود موتور از حرکت می‌ایستد و کلیدهای دیگر فعال نیستند. در کنترل موتورهای جریان مستقیم بحث چپ‌گرد و راست‌گرد شدن موتور نیز اهمیت زیادی دارد از این رو دو کلید دیگر نیز در پروژه به کار برده شده است جهت تغییر پلاریته موتور به این صورت که یک کلید بصورت راست‌گرد و یک کلید به صورت چپ‌گرد در مدار عمل می‌کند. درایور به کار برده شده موتورهای جریان مستقیم تا ۳۶ ولت و جریان ۴ آمپر را می‌تواند راه‌اندازی کند. پروژه ابتدا در مرحله‌ی تحقیقاتی بر روی فیبر سوراخ‌دار مونتاژ شده تا در زمان و هزینه صرفه جویی شود. در شکل زیر مونتاژ مدار بر روی فیبر سوراخ‌دار مشاهده می‌شود.



شکل ۳- مونتاژ مدار بر روی فیبر سوراخ‌دار

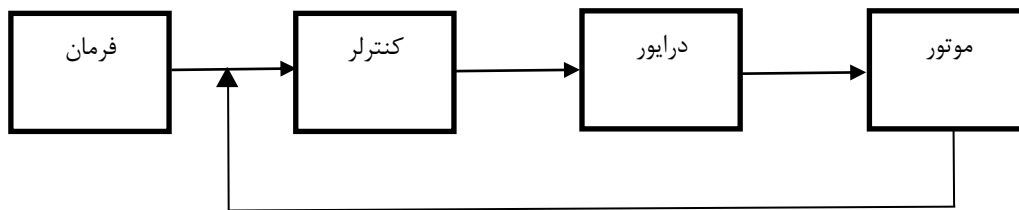
کنترل حلقه باز سرعت



شکل ۴ - نحوه‌ی کنترل سرعت بدون استفاده از فیدبک

در این حالت کنترل سرعت بعد از فرمان دادن توسط کلیدهای مستقر بر روی مدار به میکروکنترلر وارد می‌شود و از آنجا به درایور اعمال می‌شود. درایور بعد از تقویت جریان و ENABLE شدن پالس تقویت شده را به موتور می‌فرستد و موتور هم متناسب با لبه‌ی مثبت پالس حرکت می‌کند. در روش کنترل سرعت موتورهای جریان مستقیم بدون فیدبک اگر سرعت زیاد شود سیکل کاری پالس بیشتر شده و لبه‌ی مثبت بیشتر از لبه‌ی منفی می‌شود که در نتیجه سرعت چرخش موتور بالا می‌رود. در این حالت موتور همان پاسخی را خواهد داد که به‌طور مستقیم از سمت کاربر فرمان داده می‌شود.

کنترل حلقه بسته سرعت



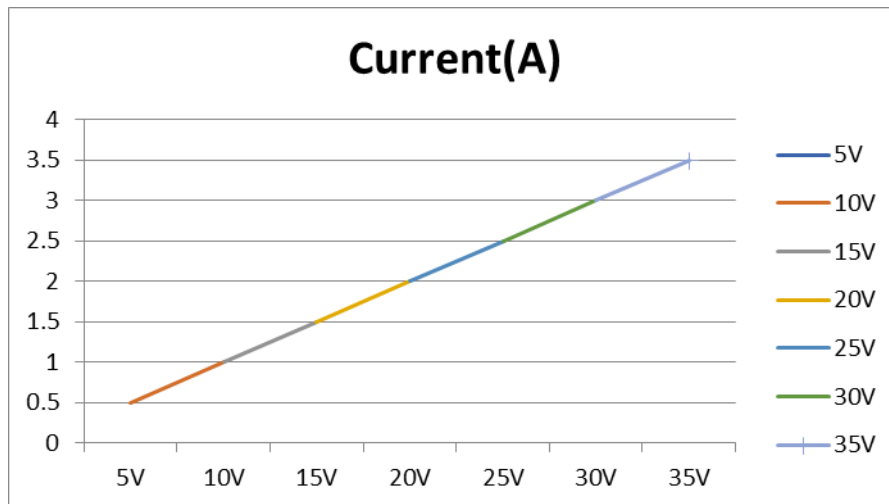
شکل ۵ - نحوه‌ی کنترل سرعت با استفاده از فیدبک

در روش کنترل سرعت با فیدبک کدهای برنامه به نحوی نوشته شده است که کلیدهای کنترلی که مربوط به سرعت می‌باشند غیر فعال می‌شود و کنترل سرعت از طریق انکودر انجام می‌شود. در این روش ENABLE شدن و شروع چرخش به صورت چپ‌گرد یا راست‌گرد به‌وسیله‌ی کلیدهای روی مدار انجام می‌شود اما میزان سرعت توسط انکودر پشت موتور که به‌وسیله یک کوپلینگ به شفت آن متصل است خوانده می‌شود و به میکروکنترلر فرستاده می‌شود. انکودر پالس‌های آنالوگ به میکرو می‌فرستد بنابراین از ADC میکروکنترلر استفاده کرده و مقدار را می‌خوانیم. در این روش عملکرد برنامه به این صورت است که در ابتدا موتور را به حرکت درمی‌آوریم تا زمانی که به سرعت مد نظر که در برنامه قید شده برسد. این سرعت توسط انکودر مشخص می‌شود. بعد از گذشت ۵ ثانیه در یک سرعت معین میکروکنترلر دستور ۲ برابر شدن سرعت را صادر می‌کند و این سرعت توسط انکودر خوانده‌و به میکروکنترلر فیدبک داده می‌شود تا ۵ ثانیه با همان سرعت بچرخد سپس میکروکنترلر دستور نصف شدن سرعت را می‌دهد که این فرآیند تنظیم سرعت و رسیدن به سرعت ایده آل و دلخواه توسط انکودر انجام و فیدبک را به میکرومنترلر اعمال می‌کند.

نتیجه گیری

بعد از ساخت، پروژه را از لحاظ فنی مورد آزمایش و ارزیابی قرار دادیم. کنترل مدار به‌صورت چپ‌گرد و راست‌گرد و همچنین کنترل سرعت آن به راحتی انجام می‌شود. تغذیه اول یعنی باتری کتابی می‌تواند ولتاژ تغذیه تا دو ساعت را برای بخش دیجیتال مدار فراهم کند. برای تست، به مدار یک موتور ۳۴ ولت ۴ آمپر جریان مستقیم را متصل کردیم و مقدار ولتاژ را به صورت افزایشی زیاد کردیم. مقادیر به دست آمده را جهت جریان دهی درایور یادداشت نمودیم و نتیجه را به صورت یک نمودار

به‌دست آوردیم. همان‌طور که در نمودار نیز مشاهده می‌شود با افزایش ولتاژ، جریان نیز افزایش پیدا می‌کند تا به حداکثر ظرفیت درایور برسد.



شکل ۶ - نمودار ولتاژ جریان درایور L298

موتورهای جریان مستقیم دارای گشتاور و سرعت های متفاوتی هستند از این رو برای کنترل آنها می بایست مدارى وجود داشته باشد که به صورت جامع بتواند تمامی موتورها را راه اندازى کند. در این پروژه و نحوه کنترل موتور و همچنین انتخاب درایور سعی شده است امربالا تحقق پذیرد. در طراحی و ساخت این پروژه کنترل آسان، تعویض جهت چرخش و همچنین کنترل سرعت موتور مد نظر قرار گرفته شده است که بتوان موتورهای جریان‌های مستقیم را با کنترل حلقه باز سرعت و حلقه بسته سرعت راه‌اندازی کرد. موتورهای جریان مستقیم می‌تواند فیدبک‌دار و بدون فیدبک باشد. نرم افزار مدار و کدها به‌طوری نوشته شده است که بتواند کنترل سرعت موتورهای فیدبک‌دار نیز به‌راحتی انجام شود. از محدودیت های موجود در این پروژه می‌توان نیاز به دو منبع تغذیه و ظرفیت محدود درایور در ولتاژ ۳۶ ولتو جریان ۴ آمپر را نام برد.

منابع و مراجع

- [1] Anritter, F., "Flatness based control of a Buck-converter driven DC motor," in *Proc. 4th IFAC Symposium on Mechatronic Systems*, Heidelberg, pp. 36-41, 2006.
- [2] Tumari, M. Z and Saealal, M. M., "H-infinity with pole placement constraint in LMI region for a Buck-converter driven DC motor" pp.43-46, 2012
- [3] Michael, A., "Sustained excitability elevations induced by transcranial DC motor cortex stimulation in humans." *Neurology* , 1899-1901.
- [4] Lyshevski, S.E., *Electromechanical Systems, Electric Machines, and Applied Mechatronics*, 2000.
- [5] Vasile, D., and Florescu, A. D., "Fuzzy and neuro-fuzzy designs of Boost converter supplying DC motors," in *Proc. 7th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems*, vol. 2, pp. 701-704, 2000.
- [6] Linares Flores J., "Control suave de velocidad de motores de CD mediante convertidores de potencia DC/DC," *Ph.D. dissertation*, Vol. 113, pp. 135-146, 1998.