



دانشگاه گیلان

دانشکده مهندسی

گروه برق

عنوان پروژه: طراحی و ساخت درایور موتور پله ای به روش Microstep

آقای دکتر وحید رشتچی

به نگارش: کامران بینایی

شهریور ۸۷

فهرست مطالب

شماره صفحه

مقدمه

۳

فصل اول : موتور پله ای، ساختار، انواع و کاربرد

۶

فصل دوم : روش های مختلف درایو موتور پله ای، مقایسه آنها و روش

۱۹

Micro Stepping

بعنوان روش مورد استفاده

فصل سوم: معرفی درایور A3986، نحوه عملکرد و مدارات جانبی مورد نیاز

۳۸

فصل چهارم: مدارات طراحی شده و خروجی های نهایی

۴۷

منابع

۵۹

مقدمه:

در دنیای امروز با توجه به کاربردهای فراوان موتورهای الکتریکی در ادوات، دستگاهها و تجهیزات گوناگون، بحث انتخاب، راه اندازی (درایو) و کنترل یک موتور مناسب در کاربرد موردنظر از جمله تخصص هایی است که کسب آن برای یک کارشناس الکترونیک الزامی به نظر می رسد.

از این رو هدف از این پروژه ساخت درایور (راه انداز) یکی از گونه های پر کاربرد موتورهای الکتریکی یعنی موتورهای پله ای¹ با استفاده از یکی از جدیدترین محصولات کمپانی Allgero، A3986 IC می باشد. در واقع با بررسی وضعیت صنعت داخلی به اهمیت ساخت، طراحی و استفاده مطلوب از تولیدات جدید IC های درایور پی می بریم، چرا که با توجه به ارزش افزوده ناشی از تولید این درایور پر کاربرد با این سطح کیفیت و دقت اولاً توانسته ایم با کاهش چندین درصدی قیمت تمام شده این برد در بازار جهانی این صنعت جایگاهی بدست آوریم، ثانیاً از پدیده

خروج ارز نیز جلوگیری کنیم.

همانطور که می دانیم برای طرح سیستم موتوری، گزینه های متفاوتی در همان گام اول یعنی

انتخاب نوع موتور در پیشروی طراح به چشم می خورد. در میان انواع موتورهای الکتریکی موجود و مرسوم در استفاده های مختلف، موتورهای پله ای بدلیل مزایای متعدد از جایگاه ویژه ای برخوردارند.

لذا در فصل اول این پایان نامه بعنوان سرآغاز مطالبی پیرامون موتورهای پله ای، انواع آنها و مقایسه ای گذرا بین آنها ارائه می گردد.

¹ stepper motor

در گام بعدی پس از انتخاب موتور پله ای بعنوان یک موتور در دسترس و قابل کنترل آن هم با کیفیت بالا و در رنج قدرت متنوع، مشکل دیگر پیشروی یک طراح، نحوه راه اندازی^۱ این عنصر الکتریکی است. از آن جایی که نحوه درایو یک موتور الکتریکی (نه تنها موتور پله ای) عمده ترین و حساس ترین بخش دخیل در کیفیت خروجی نهایی می باشد، لذا در فصل دوم مطالبی راجع به روش های مختلف درایو یک موتور پله ای و خصوصاً روش micro stepping بعنوان روش مورد استفاده در این پروژه ارائه شده و در نهایت خواهیم دید که بیش از آنکه نوع موتور بیانگر دقت و کیفیت و کارایی^۲ یک موتور در یک طرح باشد، نحوه درایو و الگوریتم استفاده شده تعیین کننده است.

در فصل سوم با IC A3986 محصول سال ۲۰۰۵ کمپانی Allegro بعنوان یک درایور جدید و

کاملاً بهینه برای انواع موتورهای پله ای آشنا می شویم. مزایا و برتری های این محصول را با سایر نمونه های قبلی مورد بررسی قرار می دهیم. و در نهایت در فصل چهارم با ارایه جزئیات طرح استفاده شده در این پروژه، مدارات و خروجی های بدست آمده خواهیم دید که به صراحت می توان این IC را انقلابی در بحث درایور موتور پله ای به حساب آورد. (بخصوص در مقایسه با نمونه های قبلی این نوع درایورهای micro step)

^۱ DRIVE

^۲ اصطلاحاً Performance

فصل اول

موتور پله ای ویژگی ها و انواع آن

شوند. این نوع حرکت در تقابل با حرکت پیوسته موتورهای DC و انواع موتورهای AC یک ویژگی منحصر به فرد آنهاست.

لذا در ابتدا به عمده ترین برتری ها و همچنین کاستی های موتور پله ای در قیاس با انواع موتورها می پردازیم .

۱-۱) کنترل حلقه باز:

یکی از ارزنده ترین برتری های موتورهای پله ای توانایی کنترل آنها به صورت حلقه باز است. در

کنترل حلقه باز نیازی به حضور یک عنصر عموماً پر هزینه مثل انکودرهای نوری برای آگاهی از

موقعیت موتور نیست. در این نوع موتور کافی است با دانستن روند اعمال پالس های ورودی

موقعیت موتور را تحت کنترل درآورد. علاوه بر آن ، لازم به ذکر است که صرفاً به این نقطه قوت از

منظر کاهش هزینه نمی بایست نگریست چرا که بخوبی می دانیم شبکه فیدبک بدلیل برخی

غیرخطی شدن های پارامترهای دخیل، خود عامل اصلی پیچیدگی حلقه کنترلی است. به نظر اکثر

طراحان غیر خطی شدن یک سیستم همانا یعنی بی اثر شدن تمام محاسبات حلقه کنترل و در این

شرایط باید به سراغ روش های بس پیچیده تر و گاهی غیر ممکن رفت. پس اینکه می توان موتور پله

ای را به صورت حلقه باز کنترل کرد. یک نقطه قوت غیر قابل انکار است. [4]

۱-۲) انواع:

بطور کلی موتورهای پله ای به ۳ نوع آهن ربای دائمی^۱، رلوکتانسی^۲ و هایبرید^۳ تقسیم بندی می

شوند.

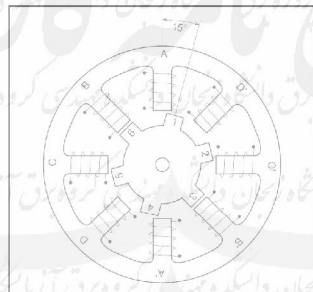
^۱ Permanent Magnet
^۲ Variable Reluctance VR
^۳ (HB) hybrid

ساختاری از لحاظ درک عملکرد موتور پله ای شاید بهترین باشد. همانطور که در شکل ۱-۱) دانشگاه زنجان

مشاهده می گردد این موتور از یک فلز نرم دندانه دار بعنوان روتور و یک استاتور سیم پیچی شده

تشکیل شده است. بدیهی است با جریان دار کردن قطب ها، روتور برای کاهش فاصله هوایی به

نزدیکترین قطب متناظر جذب شده و بدین ترتیب حرکت چرخشی صورت می گیرد. [2]



شکل (۱-۱): ساختمان موتور پله ای رلوکتانسی

۲) آهن ربای دایمی: همانطور که از اسم این نوع موتور بر می آید یک مغناطیس دائم در ساختار

روتور آن لحاظ شده است. در موتور PM دیگر روتور دندانه دار نیست بلکه همانطور که در شکل

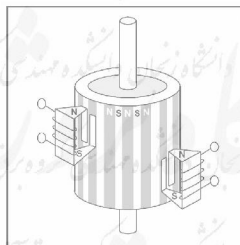
می بینیم روتور به صورت خط های موازی با مگنت کردن موتور یک در میان دارای قطب های S و

N است. بدلیل حضور این قطب های مغناطیسی روی روتور شدت شار مغناطیسی افزایش می یابد،

لذا موتور PM خواص گشتاوری بهتری را نسبت به نوع VR از خودشان می دهد. البته باید اضافه

کرد که این نوع موتورها از انواع ارزان و بدلیل مشکلات تکنولوژیکی از گام پله پایین رنج می برند.

(بین ۷٫۵ تا ۱۵ به ازای هر step)



شکل (۲-۱) ساختمان موتور پله ای آهن ربای دایم

3) **هایبرید:** با پیشرفت تکنولوژی موتورهای هایبرید که گرانتر از انواع قبلی هستند، با کیفیت

بالاتر به لحاظ گشتاور و سرعت به بازار آمدند. در واقع موتور HB توانست با تلفیق مزیت‌های دو نوع

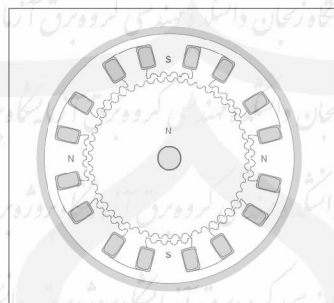
موتور پله ای قبل به این سطح از دقت و کیفیت برسد (3.6° تا 0.9° به ازای هر STEP). روتور آن

به صورت چندین دندانه ای و یک مگنت دور سفت که به شکل محوری مغناطیزه شده است،

ساخته می شود. دندانه های روی روتور مسیر بهتری را برای شار جهت جاری شدن در محل مطلوب

فاصله هوایی فراهم می کند. این ویژگی باعث بهبود گشتاور نسبت به دو نوع VR و PM می

گردد. [2]

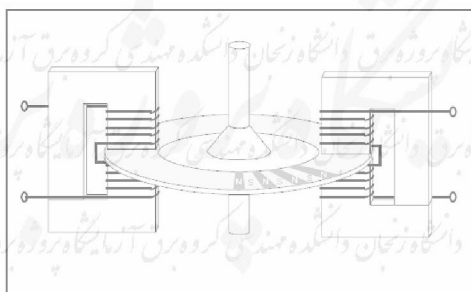


شکل (۳-۱) ساختمان موتور پله ای هایبرید

انواع متفرقه دیگری از موتورهای پله ای را نیز می توان یافت. یکی از این انواع موتور دیسک

مغناطیس است که شاید عمده ترین ویژگی آن کاهش شدید اینرسی و مسیر بهینه و مغناطیسی

در ساختار آن است. ساختمان این نوع موتور در شکل ۴-۱ نشان داده شده است. [2]



شکل (۴-۱) ساختمان موتور دیسک مغناطیس

Sequence

این نحوه درایو بدلیل اینکه در هر مرحله تنها یک فاز روشن است one phase on می گویند. پروژۀ برق دانشگاه زنجان

حالتی را در نظر بگیرید که در هر پله دو فاز بصورت همزمان تحریک شده باشند. [3]

اگر جهت های نیروی اعمالی به روتور را رسم کنیم، برآیند نیروی ناشی از تحریک دو فاز گشتاور اعمالی به روتور را $\sqrt{2}$ برابر افزایش می دهد و همچنین شفت موتور بجای قرار گیری در زاویای 180,90,0 در نیمسازهای آنها یعنی زاویای 315,225,135,45 قرار می گیرد. به این روش درایو Two phase on گفته می شود. نکته پر اهمیت در این روش $\sqrt{2}$ برابر شدن گشتاور روتور است در اینجا لازم است کمی راجع به روابط بین جریان و گشتاور در یک موتور پله ای صحبت کنیم.

$$T \approx \Phi \approx n \cdot I_m \approx n \cdot (1/n) = \text{constant}.$$

$$V_m = R \cdot I_m \approx n_2 \cdot (1/n) \approx n$$

$$\tau_e = L/R \approx n_2/n = \text{constant}$$

$$R = \rho \cdot 2\pi r \cdot n / (A/n) = 2\pi r \cdot \rho \cdot n_2/A \approx n_2$$

همانطور که در این روابط مشخص است، با انتخاب روش Two phase on گشتاور به $\sqrt{2}$ برابر مقدار one phase on افزایش می یابد که با نبودن زاویه مرجع تفاوتی از نظر پله های چرخش بین دو روش تحریک تک فاز و دو فاز برای یک ناظر بیرونی وجود ندارد.

برای افزایش دقت چرخش موتور می توان تعداد توالی را به 8 مرحله رسانده و یک در میان sequence تک فاز و دو فاز را به موتور اعمال نمود. این نحوه درایور را half step می نامند.

بدین ترتیب به لحاظ دقت، پله های چرخش نصف می شود. اما همانطور که در مورد گشتاور این دو حالت بحث شد با این کار نوسانی در گشتاور موتور ایجاد می شود، که این پدیده به صورت صداهای نامطلوب در عملکرد موتور ظاهر می گردد. نوسان گشتاور برای عملکرد موتور نامطلوب می باشد. از این رو ایده $\sqrt{2}$ برابر کردن جریان فاز برای حالت هایی که فقط یک فاز تحریک می شود،

مطرح می گردد. پروژۀ برق دانشگاه زنجان

یعنی در آن بخش هایی از توالی که موتور تک فاز تحریک می شود $\sqrt{2}$ برابر جریان نامی به موتور

اعمال می شود. این جریان بیشتر یک توان تلفاتی اضافی را به سیستم تحمیل می کند، که با فرض

۴-۵) نتیجه گیری:

در این بخش ضمن بررسی ویژگی های این درایور جدید با یک نگاه کلی تر ، مزایای تعریف و انجام پروژه هایی از این دست در سطح دانشگاه مشخص خواهد شد . و در نهایت پیشنهاداتی برای ادامه این روند بخصوص در مورد محصولات جدیدتر ، ارایه می گردد .

۴-۵-۱) قیمت تمام شده:

یکی از مهمترین ویژگی های یک محصول برای شرکت در رقابت با سایر تولید کنندگان معتبر ، قیمت تمام شده آن است . در مورد این درایور که توضیح جزییات مداری آن در بخش های قبلی عنوان شد ، قیمت تمام شده آن با احتساب تمامی قطعات ، هزینه طراحی و تولید مدارات چاپی و هزینه های جانبی چیزی حدود یک چهارم مشابه خارجی آن است .

وقتی این حسن بزرگ درایور A3986 را ضمن در نظر گرفتن مسایل تحریم و عدم دسترسی راحت به این گونه محصولات مورد ارزیابی قرار می دهیم ، مشاهده می شود که این قیمت تمام شده ، ارزش چند برابر دارد .

۴-۵-۲) نیاز در صنعت:

با توجه به کیفیت بالای کارکرد موتور پله ای در این نوع درایور و به خصوص دقت بالای چرخش موتور در هر پله ، می توان این سطح از کیفیت خروجی را تا حدودی با سرو موتور ها مقایسه کرد . هرچند که بدیهی است اساساً این نوع موتور ها، درایور های آنها و قیمت تمام شده آنها در سطح بالاتری از کاربرد ها قرار می گیرند ، اما در بسیاری از کاربرد های صنعت داخل چه به لحاظ محدودیت های مالی و چه به لحاظ کیفیت مورد انتظار از موتور و درایور آن، موتور های پله ای گزینه مناسبی برای پاسخگویی به نیاز صنعت داخل می باشد . بنابراین برای این محصول جایگاه مناسبی در صنعت داخلی می توان در نظر گرفت .

۴-۶) پیشنهادات:

در پایان برخی تجارب حاصل از انجام این پروژه بررسی می شود و بعنوان پیشنهاد برای ادامه این مسیر ارایه می گردد .

۴-۶-۱) استفاده از درایور های مشابه:

همانطور که می دانیم روند سریع پیشرفت تکنولوژی ساخت درایور های موتور پله ای ادامه دارد . بنابراین در این بخش به ذکر نام یک نمونه از این درایورها که مشابه درایور مورد استفاده در این پروژه است، می پردازیم. IC A3985 نیز از روش میکروستپ استفاده می کند. با این تفاوت که

۴-۶-۱) ضرورت تعریف این گونه پروژه ها:

انجام هرچه بیشتر و بهتر این دست پروژه ها بخصوص در مقطع کارشناسی چه برای ارتقاء تعامل

دانشگاه و صنعت و چه برای دانشجویان، از ضرورت های اساسی پیشرفت به نظر می رسد.

اولاً با شناخت بهتر نیازهای صنعت، دانشگاه می تواند کمک به سزایی به توسعه این بخش نماید .

ثانیاً دانشجویان با طراحی و ساخت چنین محصولاتی دید و تجربه مناسبی نسبت به بازار قطعات

الکترونیکی پیدا می کنند . بنابر این اساتید دانشگاه در را نیل به این هدف نقش بسیار تعیین

کننده ای دارند . امید است در آینده نزدیک این اهداف محقق گردد.

- [1] <http://www.allegromicro.com>
- [2] <http://www.fairchildsemi.com>
- [3] <http://www.national.com>
- [4] <http://www.jrc.com>
- [5] <http://www.national.com>
- [6] <http://www.st.com>