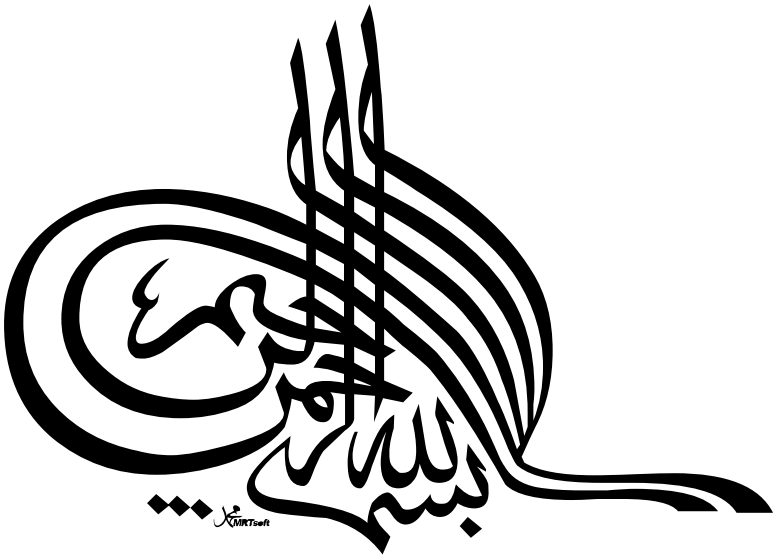
ProjehCenter
www.ProjehCenter.ir
@projehcenter
@projehcenter_ir



ProjehCenter.ir

فهرست مطالب

موضوع **صفحه**

1-۳- موتور پله‌ای چیست و مشخصه های اساسی آن کدامند؟ ۱
۲-۳- تاریخچه ابتدایی موتورهای پله‌ای ۳
۳-۳- فعالیتهای دانشگاهی ۶
4- طرح کلی موتورهای پله‌ای مدرن ۷
۱-۴- سیستم های کنترل حلقه- باز ۷
۱-۱-۴- ترکیب سیستم ۸
۲-۱-۴- پله و نمو ۱۰
۲-۴- ویژگی‌های موتورهای پله‌ای از نقطه نظر کاربرد ۱۲
۱-۲-۴- زاویه پله کوچک و چگونگی دستیابی به آن ۱۳
۲-۲-۴- گشتاور بازیابی و نگهدارنده بالا ۱۴
۳-۲-۴- خطای تعیین موقعیت جمع ناپذیر ۱۶
۴-۲-۴- رفتار دینامیک بسیار خوب ناشی از نسبت‌های گشتاور به اینرسی بالا ۱۸
۳-۴- طبقه بندی موتورهای پله‌ای ۱۹
۱-۳-۴- موتور VR ۲۰
۴-۴- روش های تحریک ۲۳
۱-۴-۴- تحریک تکفاز ۲۳
2-۴-۴- عملکرد تحریک دو فاز ۲۴
۳-۴-۴- روش نیم پله ۲۵
۴-۴-۴- تحریک موتور هیبرید دو فاز ۲۶
۵- سیستم درایو و مدار کنترل حلقه- باز موتورهای پله‌ای ۲۷
۱-۵- سیستم درایو ۲۸
1-۲-۵- توالی ساز یوینورسال MSI ۲۹
۶- کاربرد موتورهای پله‌ای ۳۰
۱-۶- لوازم جانبی کامپیوتر ۳۱
۱-۱-۶- چاپگرها ۳۱

۲-۱-۶- رسام‌های گراف ۳۲
۳-۱-۶- تمایلات جدید به موتورهای پله‌ای خطی/ سطحی ۳۳
۴-۱-۶- درایوهای دیسک سخت/ فلاپی ۳۴
۷- ساخت موتورهای پله‌ای ۳۶
۱-۷- اساس طراحی و ساخت ۳۶
۱-۱-۷- فلسفه طراحی کارخانه ۳۷
۲-۱-۷- تولید انبوه و تولید گروهی ۳۷
۲-۷- طراحی ۳۸
۱-۲-۷- تعیین مشخصات نهایی ۳۹
مشخصات الکتریکی ۴۰
مشخصات مکانیکی ۴۰
۲-۲-۷- اهمیت مشخصات گشتاور نگهدارنده ۴۲
۳-۲-۷- اهمیت دقت تعیین موقعیت ۴۳
صفحه کلید ۴۴

1-۳- موتور پله‌ای چیست و مشخصه های اساسی آن کدامند؟

شکل ۱-۱ مقطع عرضی ساختار یک موتور پله‌ای مدرن نمونه را نشان می دهد؛ این موتور به نام موتور رلوکتانس متغییر تک پشته ای[1] خوانده می شود. ما ابتدا با استفاده از این شکل نحوه عملکرد این ماشین را مطالعه خواهیم کرد. هسته استاتور دارای شش قطب یا دندانه برجسته می باشد، روتور هم دارای چهار قطب است، هر دو هسته روتور و استاتور از جنس فولاد نرم هستند. سه دسته سیم پیچی همانطور که در شکل نشان داده شده، آرایش داده شده اند. هر دسته دارای دو کلاف است که بصورت سری متصل شده اند. یک دسته از سیم پیچی ها فاز نامیده می شود، و نتیجتاً این ماشین یک موتور سه فاز است. جریان از یک منبع تغذیه DC از طریق کلیدهای I، II، III به سیم پیچی ها تامین می شود. در وضعیت (۱)، سیم پیچی فاز I از طریق جریان کلید I تغذیه می شود، یا به اصطلاح فنی فاز I تحریک می شود؛ شار مغناطیسی ناشی از تحریک که در فاصله هوایی واقع می شود با پیکانهایی نشان داده شده است. در وضعیت (۱)، دو قطب برجسته استاتور فاز I که تحریک شده اند با دو دندانه از چهار دندانه روتور هم ردیف هستند. این حالت از نظر دینامیکی یک حالت تعادل است. هنگامیکه کلید II برای تحریک فاز II علاوه بر فاز I بسته می شود، شار مغناطیسی در قطبهای استاتور فاز II به حالت نشان داده شده در وضعیت (۲) بوجود می آید، و گشتاوری در جهت عکس ساعتگرد بعلت "کشش"[2] در خطوط خمیده میدان مغناطیسی بوجود می آید. از اینرو روتور سرانجام به وضعیت (۳) خواهد رسید.

---

[1] . single-stack variable-reluctance motor

[2] . tension

از اینرو روتور با یک زاویه ثابت می چرخد، که "زاویه پله"[1] خوانده می شود، که در این مورد ۱۵ درجه با انجام هر عمل سوئیچینگ است. اکنون اگر کلید I برای تخلیه انرژی فاز I باز شود، روتور ۱۵ درجه دیگر برای رسیدن به وضعیت (۴) حرکت خواهد کرد. پس موقعیت زاویه ای روتور را می توان برحسب واحدهای زاویه پله از طریق فرآیند سوئیچینگ کنترل کرد. اگر سوئیچینگ به ترتیب انجام شود، روتور با حرکتی پله‌ای خواهد چرخید؛ سرعت متوسط را هم می توان از طریق فرآیند سوئیچینگ کنترل کرد. امروزه، ادوات حالت جامد[2] بعنوان سوئیچ های الکترونیکی در درایو یک موتور پله‌ای بکار می روند، و سیگنال های سوئیچینگ توسط ICهای دیجیتال یا ریزپردازنده تولید می شوند (شکل ۲-۱). همانطور که در بالا ذکر شد، موتور پله‌ای یک موتور الکتریکی است که ورودی الکتریکی دیجیتال را به یک حرکت مکانیکی تبدیل می‌کند. در مقایسه با دیگر ادواتی که می توانند اعمال مشابه یا یکسانی را انجام دهند، سیستم کنترلی که از یک موتور پله‌ای بهره می برد دارای چندین مزیت مشخص بترتیب زیر است:

۱. معمولاً به هیچ فیدبکی برای کنترل موقعیت[3] یا کنترل سرعت نیاز نمی باشد.

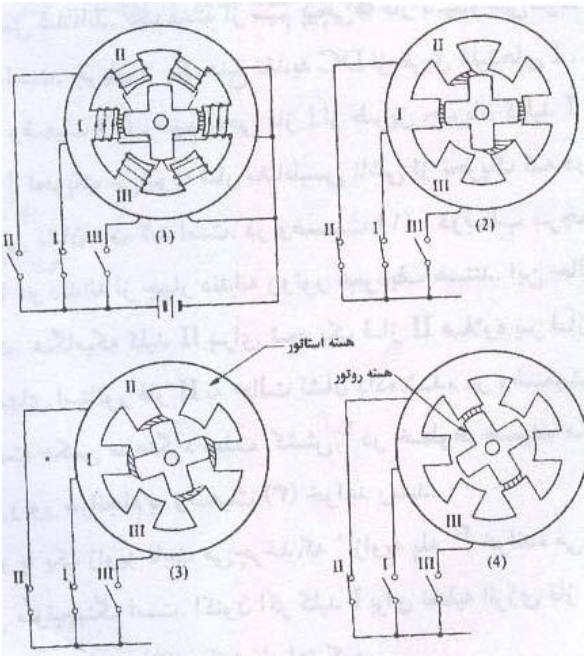
۲. خطای موقعیت جمع ناپذیر[4] است.

۳. موتورهای پله‌ای با تجهیزات دیجیتال مدرن سازگار هستند.

---

1 . step angle
2 . solid-state devices
3 . position
4 . non-cumulative

به این دلیل، انواع و کلاس های مختلف موتورهای پله‌ای در لوازم جانبی کامپیوتر، دستگاههای خودکار، و سیستم های مشابه بکار رفته اند.



۲-۳- تاریخچه ابتدایی موتورهای پله‌ای

در شماره ای از JIEE[1] چاپ سال ۱۹۲۷ مقاله ای با عنوان "کاربرد الکتریسیته در ناوهای جنگی" وجود داشت، و بخشی از این مقاله یک موتور پله‌ای رلوکتانس متغییر سه فاز از نوع فوق را تشریح می کرد که برای کنترل از راه دور نشانگر جهت تفنگها و لوله های اژدرافکن[1] در ناوهای جنگی انگلیسی بکار رفته بود. همانطور که در شکل ۳-۱ نشان داده شده، یک کلیدگردان مکانیکی برای سوئیچینگ جریان تحریک بکار رفته بود. یک دور چرخش هندل شش پالس پله‌ای تولید می کند که باعث ۹۰ درجه حرکت روتور می شود. حرکت روتور در پله های ۱۵ درجه بمنظور رسیدن به دقت موقعیتی[2] لازم کاهش می یابد. در این مقاله اشاره شده بود که در طراحی این موتور

---
[1] . torpedo tubes
[2] . positional accuracy

پله‌ای ظاهراً ساده فاکتورهای بسیاری می بایست مورد توجه قرار گیرند و احتیاطهای بسیاری بمنظور عملکرد مطلوب و مطمئن لحاظ شوند. این ماشین نیاز به نسبت بالای گشتاور به اینرسی اجزاء متحرک بمنظور اجتناب از دست دادن پله دارد، و ثابت زمانی، نسبت اندوکتانس مدار به مقاومت، بایستی کوچک باشد تا به سرعت عملکرد بالایی دست یافت. این مسائل هنوز هم در موتورهای مدرن وجود دارند. براساس مقاله‌ای[2] در IEEE Transactions on Automatic Control، موتورهای پله‌ای بعدها در نیروی دریایی ایالات متحده با هدفی مشابه بکار گرفته شدند. با اینکه کاربردهای عملی موتورهای پله‌ای مدرن در دهه ۱۹۲۰ واقع شد، اشکال اولیه موتورهای رلوکتانس متغییر به واقع از قبل وجود داشتند. در مقاله ای نوشته Byrne[3] آمده است: "موتورهای رلوکتانس از نوع پله ای، که اکنون بعنوان ادوات تعیین موقعیت[1] بکار می روند، مثل "ماشین های بخار الکترومغناطیسی"، موتورهای الکتریکی نیمه قرن نوزدهم بودند". ما در اینجا به دو نوع اختراع قابل ذکر در سالهای ۱۹۱۹ و ۱۹۲۰ در انگلستان می پردازیم.

۱- ساختار دندانه ای برای به حداقل رساندن زاویه پله. امتیاز اختراعی در انگلستان در سال ۱۹۱۹ توسط یک مهندس عمران در آبردین، اسکاتلند، بنام C.L.Wakler بخاطر اختراع نوعی ساختار موتور پله‌ای اخذ شد که قادر بود با زاویه‌های پله کوچک حرکت کند. هر یک از قطبهای برجسته دارای یک گروه دندانه کوچک است. دندانه های روتور در گام یکسان با دندانه‌های کوچک استاتور می‌باشند،

[1] . positioning devices