بسم الله الرّحمن الرّحيم

٢٦٩٦٢

۱۳۷۸ /۷/ ۱۲

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده برق

مرکز اطلاعات علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
تاریخ ثبت مدارک

طراحی تراشه کیت درایور برای کنترل الکتروموتور DC بدون جاروبک

نگارش: غلامرضا نجفی تبریزی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی برق ـ الکترونیک

اساتید راهنما و مشاور: آقای دکتر غلامحسن روئین تن
آقای دکتر عبدالرضا رحمتی

14213

سال تحصیلی: آذرماه ۱۳۷۴

۲۹۹۶۲

چکیده:

در این پروژه مطالعه کاملی بر روی الکتروموتورهای DC بدون جاروبک [ساختمان ـ انواع ـ روابط حاکم و روشهای متداول کنترل آنها]، و سنسورهای تعیین موقعیت در ارتباط با کنترل این نوع الکتروموتورها صورت گرفته است.

سپس عناصر و قطعات نیمه هادی قدرت را برای فعال نمودن تغذیه الکتروموتور، بررسی نموده و در میان آنها عنصر IGBT را به عنوان عنصری نزدیک به ایده‌آل، انتخاب و بررسی‌های کاملی بر روی آن انجام دادیم.

در میان روشهای کنترل، روش تغذیه سینوسی به عنوان مناسب‌ترین روش انتخاب گردید و پس از بررسی انواع روشهای کنترل نوع سینوسی، روش کنترل سینوسی با هیسترزیس به دلیل سادگی اجرا و پاسخ سریع، مدنظر قرارگرفت و محاسبات دقیق ریاضی بر روی آن انجام گردید.

سرانجام با بدست آوردن بلوک دیاگرام روش کنترل و با عنصر سوئیچینگ قدرت انتخاب شده، تراشه‌های مختلف در این زمینه، بررسی و بلوک دیاگرام تراشه موردنظر، طراحی گردید. سپس هریک از بلوکهای سیستم کنترل مذکور را با تکنولوژی CMOS طراحی و با استفاده از نرم‌افزار اسپایس[1]، رفتار آنها را شبیه سازی و طرح آن را بهینه نمودیم.

در انتها تراشه فوق همراه با پارامترهای الکتروموتور، به طور کامل با اسپایس شبیه سازی گردید و اثر تغییرات پارامترهای مختلف الکتروموتور از قبیل؛ گشتاور بار ـ ضریب اصطکاک و ممان اینرسی، بر روی جریان استاتور و دور الکتروموتور، بررسی گردید.

1. SPICE

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات اساتید ارجمند آقای دکتر روئین‌تن و آقای دکتر رحمتی، که راهنمای اینجانب در انجام پروژه و به خصوص آقای دکتر روئین‌تن که در طراحی مدارات و همینطور تنظیم و تصحیح این پایان‌نامه، صمیمانه با اینجانب همکاری نمودند، سپاسگزاری و قدردانی می‌نمایم.

امیدوارم پایان‌نامه حاضر مورد توجه کلیه علاقمندان قرار گیرد.

غلامرضا نجفی تبریزی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱

فصل اوّل : ساختمان الکتروموتورهای *DC* بدون جاروبک ۳

۱ ـ ۱ ـ آشنایی با الکتروموتورهای *DC* بدون جاروبک ۴

۱ ـ ۲ ـ انواع الکتروموتورهای *DC* بدون جاروبک ۷

۱ ـ ۳ ـ بررسی روابط حاکم بر الکتروموتور *DC* بدون جاروبک ۱۰

۱ ـ ۴ ـ ارائه مدل برای الکتروموتورهای *DC* بدون جاروبک ۱۴

۱ ـ ۵ ـ سیستم کنترل الکتروموتورهای *DC* بدون جاروبک ۱۷

فصل دوّم : بررسی گیرنده‌های موقعیت رتور ۲۲

۲ ـ ۱ ـ سنسورهای تعیین موقعیت رتور ۲۳

۲ ـ ۲ ـ سنسور اندازه‌گیری القایی ۲۴

۲ ـ ۳ ـ سنسور اندازه‌گیری گالوانو مغناطیسی ۲۶

۲ ـ ۴ ـ سنکرو ماشین یا ریزولور ۲۷

۲ ـ ۵ ـ ارزیابی سیگنال ریزولور ۲۸

۲ ـ ۶ ـ مبدل اطلاعات آنالوگ ریزولور به دیجیتال ۲۹

فصل سوّم : بررسی قطعات و ابزار نیمه هادی‌های قدرت ۳۱

۳ ـ ۱ ـ تریستور ۳۲

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۲ - ۳ - ترایاک ۳۳

۳ - ۳ -ترانزیستور دو قطبی قدرت ۳۴

۴ - ۳ -*Power - Mosfet* ۳۶

۵ - ۳ -ترانزیستور دو قطبی با گیت عایق شده *(IGBT)* ۳۷

۶ - ۳ -ترانزیستور القایی استاتیکی *(SIT)* ۳۹

۷ - ۳ - تریستور القایی استاتیکی *(SITH)* ۴۰

۸ - ۳ -بررسی بیشتر *IGBT* ۴۳

۹ - ۳ -عملکرد *IGBT* ۴۶

۱۰ - ۳ - تلفات قدرت ۴۸

۱۱ - ۳ - مدار فرمان به گیت ۵۱

۱۲ - ۳ - اسنابر ۵۳

۱۳ - ۳ - موازی نمودن *IGBT* ها ۵۴

۱۴ - ۳ - حفاظت در مقابل قفل گردیدن ۵۶

فصل چهارم : روش‌های کنترل ۵۹

۱ - ۴ -ساختمان کنترل کننده ۶۰

۲ - ۴ -روشهای کنترل فرمان سینوسی ۶۳

۳ - ۴ -روش کنترل هیسترزیس ۶۶

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۴ - ۴ -روش کنترل پیش‌بینی	۶۸
۵ - ۴ -روش کنترل وقفی	۷۱
۶ - ۴ -مد انتخاب	۷۲
۷ - ۴ -محاسبه ولتاژ بهینه	۷۲
۸ - ۴ -مدولاسیون پهنای پالس	۷۴
۹ - ۴ -محاسبهٔ دقیق ریاضی فرکانس سوئیچینگ در روش هیسترزیس	۷۶
۱۰ - ۴ - شبیه‌سازی تجهیزات کنترل	۸۷
فصل پنجم : اجرای طرح تراشه	۹۰
۱ - ۵ -طراحی تراشهٔ گیت درایور کنترل الکتروموتور *DC* بدون جاروبک	۹۱
۲ - ۵ -اولین طرح	۹۳
۳ - ۵ -طرح دوم	۹۵
۴ - ۵ -طرح سوم	۹۵
۵ - ۵ -طرح انجام شده در این پروژه	۹۷
۶ - ۵ -مدارات حفاظت در تراشهٔ دوم	۱۰۲
۷ - ۵ -طراحی بلوکها با استفاده از تکنولوژی *MOS*	۱۰۲
۸ - ۵ -طراحی مدار انتقال دهندهٔ سطح ولتاژ بالا	۱۰۴
۹ - ۵ -مدارات تقویت کنندهٔ فرمان طبقهٔ نهایی	۱۰۸

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

۵-۱۰- طراحی منابع جریان و ولتاژ ۱۱۱

۵-۱۱- طراحی مدار ضرب کننده ۱۲۳

۵-۱۲- طراحی *OP-AMP* ۱۳۱

۵-۱۳- طراحی *OP-AMP* موردنظر در این پروژه ۱۳۴

۵-۱۴- طراحی مدارات مقایسه‌گر ۱۳۹

۵-۱۵- روش حذف اُفست در مدارات مقایسه‌گر ۱۴۵

۵-۱۶- مدار تأخیر زمانی *CMOS* ۱۵۲

۵-۱۷- جوابهای شبیه سازیهای نهایی تراشهٔ فوق با استفاده از *PSPICE* ۱۵۴

فصل ششم : نتیجه‌گیری و پیشنهاد ادامهٔ کار ۱۵۶

مراجع ۱۶۲

فهرست جداول و شکلها

فصل اول

شماره	شرح	صفحه
شکل ۱ - ۱ -	منحنی مشخصه سرعت گشتاور موتور DC بدون جاروبک	۶
شکل ۲ - ۱ -	ساختمان الکتروموتور DC بدون جاروبک	۶
جدول ۱ - ۱ -	مقایسه الکتروموتور DC معمولی بدون جاروبک	۷
شکل ۳ - ۱ -	ساختمان الکتروموتور DC تخت	۸
شکل ۴ - ۱ -	الکترو موتورهای DC تخت بدون جاروبک	۸
شکل ۵ - ۱ -	ساختمان الکتروموتور آرمیچر دیسکی	۹
شکل ۶ - ۱ -	الکترو موتور آرمیچر دیسکی DC بدون جاروبک	۹
جدول ۲ - ۱ -	مقایسه میان موتورهای تخت و آرمیچر دیسکی بدون جاروبک	۱۰
شکل ۷ - ۱ -	مدار یک الکتروموتور DC بدون جاروبک دو قطبی	۱۱
شکل ۸ - ۱ -	مدار استاتور الکتروموتور ۳ فاز	۱۲
شکل ۹ - ۱ -	دیاگرام فازی موتور DC بدون جاروبک	۱۳
شکل ۱۰ - ۱ -	مدار معادل الکتروموتور DC بدون جاروبک، سه فاز	۱۴
شکل ۱۱ - ۱ -	مدار معادل مکانیکی	۱۶
شکل ۱۲ - ۱ -	مدار معادل یک فاز موتور	۱۶
شکل ۱۳ - ۱ -	مدار آرمیچر با در نظر گرفتن عکس‌العمل آرمیچر	۱۷
شکل ۱۴ - ۱ -	مدار معادل کلی هر فاز موتور	۱۷
شکل ۱۵ - ۱ -	—	۱۸
شکل ۱۶ - ۱ -	سیگنال‌های مربعی	۱۹
شکل ۱۷ - ۱ -	سیستم کنترل موتور از نوع فرمان موج مربعی	۱۹
شکل ۱۸ - ۱ -	سیگنال‌های سینوسی	۲۰
شکل ۱۹ - ۱ -	سیستم کنترل سینوسی موتور	۲۱
جدول ۳ - ۱ -	مقایسه میان دو نوع سیستم فرمان	۲۱

فصل دوم:

شماره	شرح	صفحه
شکل ۱-۲-	سنسور اندازه‌گیری القایی B و A با جابجایی فاز در سیگنال‌های خروجی	۲۴
شکل ۲-۲-	شکل موجهای سنسور اندازه‌گیری القایی	۲۵
شکل ۳-۲-	سنسور اندازه‌گیری گالوانو مغناطیسی	۲۶
شکل ۴-۲-	a) شکل موجهای ریزولور b) ساختمان ریزولور	۲۷
شکل ۵-۲-	مبدل اطلاعات آنالوگ ریزولور به دیجیتال RDC	۲۹
شکل ۶-۲-	پردازش سیگنالهای ریزولور	

فصل سوم:

شماره	شرح	صفحه
شکل ۱-۳-	a) نمایش تریستور b) منحنی مشخصه تریستور	۳۲
شکل ۲-۳-	a) نمایش ترایاک b) منحنی مشخصه ولت - آمپر - ترایاک	۳۴
شکل ۳-۳-	نواحی عملکرد مطمئن دریک ترانزیستور دارلینگتون قدرت	۳۵
شکل ۴-۳-	a *Power Mosfets* نمایش مداری b) ساختار داخلی	۳۶
شکل ۵-۳-	ناحیه عملکرد مطمئن *Power - Mosfet*	۳۷
شکل ۶-۳-	ساختار عنصر $IGBT$ با مدار تعادل آن و سمبل عنصر	۳۷
شکل ۷-۳-	a *SIT* نمایش مداری b) ساختار داخلی	۳۹
شکل ۸-۳-	a *SITH* نمایش مداری b) ساختار داخلی	۴۰
	جدول کلی مقایسه میان عناصر الکترونیک صنعتی	۴۱ و ۴۲
شکل ۹-۳-	*IGBT*	۴۴
شکل ۱۰-۳-	منحنی مشخصه ولت - آمپر *IGBT*	۴۵
شکل ۱۱-۳-	منحنی افت ولتاژ در حال هدایت در مقابل چگالی جریان	۴۶
شکل ۱۲-۳-	تغییرات زمان قطع در مقابل تغییرات مقاومت گیت - امیتر	۴۷
شکل ۱۳-۳-	کنترل زمان سقوط برای عنصر کند	۴۷
شکل ۱۴-۳-	کنترل زمان سقوط برای عنصر سریع	۴۷
شکل ۱۵-۳-	بدون شرح	۴۸
شکل ۱۶-۳-	بدون شرح	۴۸
شکل ۱۷-۳-	شکل موجهای سوئیچینگ a) برای بار اهمی b) برای بار القایی	۴۸

شکل a - ۱۸ - ۳ -	مدار ساده فرمان به گیت	۵۱
شکل b - ۱۸ - ۳ -	ایزولاسیون	۵۲
شکل c - ۱۸ - ۳ -	فرمان غیر متقارن	۵۲
شکل d - ۱۸ - ۳ -	درایو نوع القایی محدود شده	۵۳
شکل ۱۹ - ۳ -	خاموش گردیدن $IGBT$ باو یا بدون اسنابر قطبی	۵۳
شکل ۲۰ - ۳ -	اوج تلفات قدرت $IGBT$ باو یا بدون اسنابر	۵۴
شکل ۲۱ - ۳ -	منحنی اُفت ولتاژ در حال هدایت	۵۵
شکل ۲۲ - ۳ -	مدار معادل دو $IGBT$ موازی شده در فرکانس پائین	۵۵
شکل ۲۳ - ۳ -	مدار معادل دو $IGBT$ موازی شده در فرکانس بالا	۵۶
شکل ۲۴ - ۳ -	بدون شرح	۵۷
شکل ۲۵ - ۳ -	اثر هال	۵۷
شکل ۲۶ - ۳ -	حس کردن جریان به صورت پالس	۵۸

فصل چهارم:

شماره	شرح	صفحه
شکل ۱ - ۴ -	ساختمان کنترل کننده موتور DC معمولی	۶۰
شکل ۲ - ۴ -	ساختمان کنترل کننده موتور DC بدون جاروبک	۶۱
شکل ۳ - ۴ -	مشابه‌سازی فاز سوم a) دیاگرام‌برداری b) بلوک دیاگرام مداری	۶۲
شکل ۴ - ۴ -	جایگاه IC کنترل	۶۲
شکل ۵ - ۴ -	دیاگرام موتور از نوع فرمان سینوسی	۶۳
شکل ۶ - ۴ -	a) مدارسوئیچینگ قدرت‌موتور ۳فاز DC بدون‌جاروبک - b) فضای‌برداری‌ولتاژ اینورتر	۶۵
شکل ۷ - ۴ -	اساس سیستم کنترل جریان هیسترزیس	۶۷
شکل ۸ - ۴ -	عملکرد خروجی کنترل جریان هیسترزیس	۶۷
شکل ۹ - ۴ -	شمای کنترل جریان پیش‌بینی	۶۹
شکل ۱۰ - ۴ -	عملکرد خروجی کنترل جریان پیش‌بینی	۷۰
شکل ۱۱ - ۴ -	کنترل موتور DC بدون جاروبک به روش وقفی	۷۱
شکل ۱۲ - ۴ -	محاسبه‌بردار بهینه ولتاژ a) مدل محاسبه b) دیاگرام‌برداری	۷۳
شکل ۱۳ - ۴ -	مدولاسیون عرض پالس	۷۴
جدول ۲ - ۴ -	بدون شرح	۷۵

شکل ۱۴ - ۴ -	روش کنترل هیسترزیس	۷۶
شکل ۱۵ - ۴ -	شکل موج جریان و ولتاژ خروجی	۷۷
شکل ۱۶ - ۴ -	تغییرات فرکانس سوئیچینگ با تغییر ولتاژ تغذیه	۸۰
شکل ۱۷ - ۴ -	تغییرات فرکانس سوئیچینگ با شیب جریان مرجع	۸۰
شکل a - ۱۸ - ۴ -	دیاگرام فازی ماشین مغناطیس دائم	۸۱
جدول ۳ - ۴ -	بدون شرح	۸۴
شکل b - ۱۸ - ۴ -	باند هیسترزیس متناسب برای مدولاسیون ثابت	۸۵
شکل ۱۹ - ۴ -	شکل موج ولتاژهای PWM	۸۵
شکل ۲۰ - ۴ -	ولتاژ و جریان PWM در یک سیکل	۸۵
شکل ۲۱ - ۴ -	بلوک دیاگرام برای کنترل هیسترزیس	۸۷
شکل ۲۲ - ۴ -	شبیه‌سازی جریان فازی در روش کنترل هیسترزیس	۸۸
شکل ۲۳ - ۴ -	انتخاب بهینه پارامترهای کنترل در روش هیسترزیس	۸۹

فصل پنجم:

شماره	شرح	صفحه
شکل ۱ - ۵ -	بدون شرح	۹۱
شکل ۲ - ۵ -	بدون شرح	۹۱
شکل ۳ - ۵ -	بلوک دیاگرام سیستم کنترل	۹۲
شکل ۴ - ۵ -	بلوک دیاگرام اصلی کار طراحی IC	۹۲
شکل a - ۵ - ۵ -	طرح $IC - L\ 6231\ A$	۹۳
شکل b - ۵ - ۵ -	شکل موجهای خروجی $IC - L\ 6231\ A$	۹۴
شکل ۶ - ۵ -	طرح $LM\ 621$	۹۵
شکل ۷ - ۵ -	طرح $GS\ 601$	۹۶
شکل ۸ - ۵ -	منطق کموتاسیون	۹۶
شکل ۹ - ۵ -	طریقه استفاده از $GS\ 601$ در اینورتر سه فاز	۹۷
شکل ۱۰ - ۵ -	طرح تراشه اوّل IC کنترل دور الکتروموتور بدون جاروبک DC	۹۸
شکل الف - ۱۱ - ۵ -	بلوک دیاگرام روش هیسترزیس درایور نوع سینوسی	۹۸
شکل ب - ۱۱ - ۵ -	بلوک دیاگرام نهایی انتخاب شده مدار اول	۹۹
شکل ۱۲ - ۵ -	طرح تراشه دوم	۱۰۰
شکل ۱۳ - ۵ -	دیاگرام مربوط به اجرای زمان مرده در تراشه دوم	۱۰۱

شکل ۱۴ ـ ۵ ـ	بلوک دیاگرام طرح انجام شده در تراشه دوم	۱۰۱
شکل ۱۵ ـ ۵ ـ	طرح حفاظت *SOA*	۱۰۲
شکل ۱۷ ـ ۵ ـ	یک شاخه فازی از اینورتر	۱۰۵
شکل ۱۸ ـ ۵ ـ	شبکه بوستینگ ولتاژ در گیت درایور	۱۰۵
شکل ۱۹ ـ ۵ ـ	بدون شرح	۱۰۶
شکل ۲۰ ـ ۵ ـ	انتقال سطح ولتاژ بالا	۱۰۷
شکل ۲۱ ـ ۵ ـ	بدون شرح	۱۰۹
شکل ۲۲ ـ ۵ ـ	طبقه درایور خروجی با تکنولوژی ترانزیستور دو قطبی	۱۱۰
شکل ۲۳ ـ ۵ ـ	طبقه درایور خروجی تکنولوژی *CMOS*	۱۱۰
شکل ۲۴ ـ ۵ ـ	مدار منبع جریان مرجع	۱۱۲
شکل ۲۵ ـ ۵ ـ	بدون شرح	۱۱۴
شکل ۲۶ ـ ۵ ـ	مدار ولتاژ مرجع	۱۱۴
شکل ۲۷ ـ ۵ ـ	مدار منبع ولتاژ مرجع	۱۱۵
شکل ۲۸ ـ ۵ ـ	رژیم اینورژن ضعیف	۱۱۷
شکل ۲۹ ـ ۵ ـ	ولتاژ تجربی گیت تابع جریان زیر آستانه در عناصر کانال طولانی	۱۲۰
شکل ۳۰ ـ ۵ ـ	ناحیه تخلیه در *Mosfet* کانال کوتاه در جریان زیر آستانه	۱۲۱
شکل ۳۱ ـ ۵ ـ	مدار ولتاژ مرجع با استفاده از ترانزیستورهای اثر میدان	۱۲۲
شکل ۳۴ ـ ۵ ـ	مدار ضرب کننده به روش جمع ـ تفریق	۱۲۵
شکل ۳۵ ـ ۵ ـ	بلوک دیاگرام مدار ضرب کننده	۱۲۷
شکل ۳۶ ـ ۵ ـ	تحقق مدار ضرب کننده استفاده شده در این پروژه	۱۳۰
شکل ۳۷ ـ ۵ ـ	زوج تفاضلی جبران شده توسط بار	۱۳۲
شکل ۳۸ ـ ۵ ـ	طبقه تفاضلی ورودی اشباع نشده	۱۳۵
شکل ۳۹ ـ ۵ ـ	طرح کلی *OP - AMP* مورد نظر	۱۳۸
شکل ۴۰ ـ ۵ ـ	مدار مقایسه گر با هیسترزیس	۱۴۰
شکل ۴۱ ـ ۵ ـ	مدار مقایسه گر با روش ترانسکنداکتانس	۱۴۲
شکل ۴۲ ـ ۵ ـ	مدار مقایسه گر ترانسکنداکتانس با هیسترزیس	۱۴۳
شکل ۴۳ ـ ۵ ـ	مدار مقایسه گر استفاده شده در این پروژه	۱۴۳
شکل ۴۴ ـ ۵ ـ	روشهای حذف اُفست *a*) روش *IOS* *b*) روش *OOS*	۱۴۷
شکل ۴۵ ـ ۵ ـ	حذف اُفست در چند طبقه	۱۴۹
شکل ۴۶ ـ ۵ ـ	مدار وقفه دینامیکی *CMOS*	۱۴۹
شکل ۴۷ ـ ۵ ـ	مدار تأخیر مورد استفاده در این پروژه	۱۵۳
شکل ۱ ـ ۶ ـ	بلوک دیاگرام پیشنهاد ادامه کار	۱۶۰

مقدمه

رشد سریع و بی‌وقفه مدارات مجتمع الکترونیک، تحولی شگرف در تمامی ابعاد زندگانی انسان، منجمله ارتباطات، مهندسی پزشکی و صنعت پدید آورده است.

تا سالیان پیش تحول و پیشرفت در الکترونیک صنعتی تنها منحصر به پیشرفت در دسترسی به عناصر با قدرت و فرکانس سوئیچینگ بالاتر بود، در حالی که با مطرح شدن مدارات مجتمع الکترونیک، امروزه دسترسی به مدارات مجتمع جهت پردازش سیگنال‌های قدرت، کنترل و رگولاسیون مناسب، از ارکان اصلی پیشرفت در این علم به شمار می‌آید، هرچند که تحقیق و پژوهش در دسترسی به عناصر قدرت سریع و توانایی بالا هنوز هم به قوت خودباقی است.

سعی و تلاش محققان در این زمینه بیشتر معطوف به طراحی و ساخت مدار مجتمع خاص برای هرکاربرد ویژه می‌باشد.

در واقع سعی شده است تا از حالت عمومی به حالت‌های اختصاری‌تر و ویژه حرکت نمایند. یکی از این موارد، کنترل موتورهای بدون جاروبک *DC*[1] یا همان موتورهای کموتاسیون الکترونیکی *(ECM)*[2] می‌باشند، که با مطرح گردیدن مغناطیس‌هایی مانند *Samarium-Neodyn, Samarium-Cobalt* و ساخت رتور به صورت یکپارچه از آنها، تحولی نوین در صنعت سرو موتورها پدید آورده است، به‌ویژه آن که توانایی دسترسی به دورهای بالا تا *10600rpm* و قدرت تا *10hp* در آن میسر می‌باشد.

هدف این پروژه، طراحی مدار مجتمع برای درایو نمودن مدار قدرت اینورتر *3* فاز با عناصر *Mos-Gated* (مانند *IGBT* و *Power-Mosfet*)، برای کنترل موتور *DC* بدون جاروبک می‌باشد.

یعنی با فرض دسترسی به پارامترهای اصلی الکتروموتور، مانند جریان، وضعیت رتور و دور الکترومووتور، و اعمال آنها به مدار مجتمع موردنظر، بتوانیم به گشتاور صاف و ثابت، دسترسی

---

1 . Brushless DC Motors

2 . Electronically - Commutation - Machinery

پیدا نمائیم.

در فصل اوّل، با این الکتروموتورها آشنا می‌گردیم، در فصل دوّم، آشکار سازهای وضعیت رتور را توضیح خواهیم داد. در فصل سوم، به بررسی عناصر قدرت خواهیم پرداخت و عناصر *Mos-Gated* را به صور مفصل تشریح خواهیم نمود.

در فصل چهارم، انواع سیستم‌های کنترل و روش‌های رگولاسیون جریان، تشریح و بلوک دیاگرام اصلی کار ترسیم، می‌گردد.

در فصل پنجم و ششم، پس از مشخص شدن دیاگرام اصلی کار، به طراحی هریک از بلوک‌های مداری با تکنولوژی *CMOS*، پرداخته و هر قسمت را با *Spice* شبیه‌سازی، می‌نمائیم.

در این پروژه سعی گریده است تا با استفاده از مقالات تحقیقی روز مجلات معتبر[1]، روش‌های نو مورد بررسی قرار می‌گیرد و روش‌های اصلاحی نیز، پیشنهاد گردد.

---

1. Power Electronics IEEE Electron Device IEEE solid state circuits IEEE