



دانشگاه کاشان  
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر  
گروه مهندسی قدرت

پایان نامه کارشناسی  
در رشته مهندسی برق - گرایش ؟

عنوان:

**عنوان مصوب پروژه با همین فونت نوشته شود.**

دانشجو (دانشجویان):

نام و نام خانوادگی دانشجو (یا دانشجویان به ترتیب حروف الفبا) در  
زیر هم نوشته شود.

استاد راهنما:

نام استاد راهنما درج شود.

خرداد ماه ۱۳۹۲

(ماه تأیید نهائی نمره توسط استاد وارد شود)



(و یا هر طرح دلخواه دیگری از بسم الله آورده شود.)



دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

گروه مهندسی قدرت

پایان نامه کارشناسی

در رشته مهندسی برق – گرایش ؟

عنوان:

**عنوان مصوب پروژه با همین فونت نوشته شود.**

دانشجو (دانشجویان):

نام و نام خانوادگی دانشجو (یا دانشجویان به ترتیب حروف الفبا) در  
زیر هم نوشته شود.

استاد راهنما:

نام استاد راهنما درج شود.

خرداد ماه ۱۳۹۲

(ماه تأیید نهائی نمره توسط استاد وارد شود)

## تقدیم به

این بخش اختیاری است. در صورت تمایل دانشجو می تواند پایان نامه خود را به شخصیتی ویا... تقدیم نماید، که در این صفحه درج می گردد.

# چکیده

در این بخش چکیده شامل بحث پیرامون موضوع پایان نامه، شیوه‌های تحقیق و نتایج کلی بدست

آمده از آن نوشته شود.

## قدردانی

این صفحه اختیاری است و در صورت تمایل آنرا در پایان نامه قرار دهید. دانشجویی تواند در صورت تمایل در این صفحه از کسانی او را در تهیه پایان نامه یاری نموده اند تقدیر نماید.

الف	تقدیم
ب	چکیده
پ	قدردانی
ت	فهرست مطالب
ج	فهرست شکل‌ها
ح	فهرست جدول‌ها
خ	لیست علائم و اختصارات
۱	<b>فصل اول: مقدمه</b>
۱	۱-۱- کلیات
۲	۲-۱- اهداف پایان‌نامه
۳	۳-۱- راهنمای پایان‌نامه
۵	<b>فصل دوم: مدل‌سازی و تحلیل درایو موتور BLDC با اینورتر چهارسوئیچه</b>
۵	۱-۲- مقدمه
۶	۲-۲- تئوری و عملکرد موتور BLDC
۸	۱-۲-۲- ویژگی‌های موتور BLDC
۹	۲-۲-۲- اصول عملکرد موتور BLDC و تولید گشتاور
۹	۱-۲-۲-۲- شار استاتور
۱۰	۲-۲-۲-۲- گشتاور الکترومغناطیسی
۱۵۲	<b>فصل هفتم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات</b>
۱۵۲	۱-۷- نتیجه‌گیری
۱۵۲	۲-۷- پیشنهادات
۱۵۳	<b>پیوست‌ها</b>
۱۵۳	پیوست ۱: شرح سخت‌افزار سیستم درایو موتور BLDC
۱۶۷	پیوست ۲: مشخصات موتورهای BLDC و PMSM و ژنراتور DC
۱۶۹	مراجع و مآخذ





- شکل (۱-۲): مقایسه ساختاری دو نوع موتور DC کموتاتور دار و BLDC ۶
- شکل (۲-۲): مقایسه ساختار دو نوع موتور بدون جاروبک PMSM و BLDC ۷
- شکل (۳-۲): شکل موج جریان فازها، ولتاژ ضدمحرکه فازها، گشتاور فازها، گشتاور کل، و ۱۰
- حسگرهای موقعیت اثر هال در یک موتور BLDC سه فاز

- ۶ جدول (۱-۲): مقایسه ساختاری دو نوع موتور DC کموتاتور دار و BLDC
- ۷ جدول (۲-۲): مقایسه ساختار دو نوع موتور بدون جاروبک PMSM و BLDC
- ۱۰ جدول (۳-۲): شکل موج جریان فازها، ولتاژ ضدمحرکه فازها، گشتاور فازها، و حسگرهای  
موقعیت اثر هال در یک موتور BLDC سه فاز

## لیست علائم و اختصارات

$a$	تابع فعالیت نوروں
$B$	چگالی شار آهنربای دائم روتور
$B_f$	ضریب اصطکاک محور موتور BLDC
$D$	دوره عملکرد سوئیچ اینورتر
$D_a$	تابع سوئیچینگ فاز $a$
$D_{a,comp}$	تابع سوئیچینگ بهینه شده فاز $a$
$D_{a\_Dx}$	دوره عملکرد دیود $D_x$ ( $x=1,2$ )
$D_{a\_Sx}$	دوره عملکرد سوئیچ $S_x$ ( $x=1,2$ )
$i_{dc}$	جریان لینک DC اینورتر
$I_{Ref.}$	جریان مرجع فازهای استاتور
$I_{Dx}$	جریان دیود $x$ ام ( $x=1\sim4$ )
$D_b$	تابع سوئیچینگ فاز $b$
$D_{b,comp}$	تابع سوئیچینگ بهینه شده فاز $b$
$D_{b\_Dx}$	دوره عملکرد دیود $D_x$ ( $x=3,4$ )
$D_{b\_Sx}$	دوره عملکرد سوئیچ $S_x$ ( $x=3,4$ )
$D_{x,Low}$	دوره عملکرد در حالت $C$ ناحیه $x$ ام ( $x=1\sim6$ )
$D_{x,High}$	دوره عملکرد در حالت $B$ ناحیه $x$ ام ( $x=1\sim6$ )
$e$	خطای ردیابی خروجی $y$ کنترل کننده فازی - عصبی
$e_x$	ولتاژ ضد محرکه فاز $x$ ام ( $x=a,b,c$ )
$e_{xy}$	ولتاژ ضد محرکه فاز $x$ نسبت به فاز $y$ ( $x,y=a,b,c$ )
$E$	حداکثر دامنه ولتاژ ضد محرکه فاز موتور
$E_e$	تابع انرژی خطا
$v_{xn}$	ولتاژ فاز $x$ ام نسبت به نقطه ستاره موتور ( $x=a,b,c$ )
$v_{xo}$	ولتاژ فاز $x$ ام نسبت به وسط باس DC اینورتر ( $x=a,b,c$ )
$W_i^k$	وزن $i$ ام نوروں لایه $k$ ام
$y$	خروجی سیستم تحت کنترل
$y_d$	مقدار مطلوب خروجی سیستم تحت کنترل
$Z_p$	تعداد زوج قطب های موتور BLDC
$\Delta''$	زیر بازه دوم بازه کموتاسیون در حالت $C$
$\Psi$	بردار شار پیوندی موتور BLDC
$\omega_c$	سرعت کموتاسیون ایده آل
$\omega_{Ref.}$	سرعت مرجع اعمال شده به درایو الکتریکی
$\sigma_{ij}$	پهنای توابع گوسی مورد نظر مجموعه فازی $j$ ام

فصل اول

مقدمه

## ۱-۱- کلیات

درایوهای الکتریکی با سرعت متغیر امروزه در بسیاری از کاربردهای صنعتی و خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرند. آرایش‌های متنوعی از درایوهای الکتریکی که از انواع موتورها، مبدل‌های استاتیکی الکترونیک قدرت و سیستم‌های کنترل پیشرفته استفاده می‌کنند به بازار عرضه شده‌اند و تلاش در جهت بالابردن عملکرد این درایوها و کاهش قیمت تمام شده ادامه دارد. در این میان، طی دهه گذشته استفاده از موتورهای DC بدون جاروبک (BLDC)<sup>۱</sup> به دلیل ویژگی‌های برجسته آنها نظیر بهره زیاد، چگالی توان و گشتاور بالا، هزینه نگهداری کمتر، ساختار ساده و روش کنترل آسان، در کاربردهای گوناگون از جمله حمل و نقل، هوافضا، صنایع نظامی، کامپیوتر و تولیدات خانگی گسترش یافته‌اند. موتورهای BLDC، به دلیل نداشتن جاروبک و سیستم کموتاسیون مکانیکی، با حفظ ویژگی‌های خوب موتورهای DC، از مزایای موتورهای AC نیز بهره می‌برند. موتور BLDC از نظر چگالی گشتاور و نسبت توان به وزن، برتری‌های انکارناپذیری نسبت به موتور القایی دارد. همچنین به دلیل دوزنقه‌ای بودن ولتاژ ضدمحرکه و مربعی بودن شکل موج جریان‌ها در موتور BLDC، نحوه ساخت و آرایش سیم‌بندی این موتور ساده‌تر از انواع دیگر موتورهای AC با تغذیه سینوسی است. روش کنترل این موتور نیز به سادگی کنترل موتور DC است که قابلیت اطمینان بالا و هزینه ساخت پائین را برای درایو موتور BLDC به ارمغان می‌آورد.

در این پایان‌نامه به طراحی و ساخت یک درایو الکتریکی موتور BLDC سه فاز پرداخته می‌شود که علاوه بر دارا بودن قابلیت اطمینان کافی از لحاظ هزینه نیز مناسب برخی کاربردهای مذکور باشد. امکان‌پذیری و مزایا و معایب آن برای کاربردهای مختلف مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد.

---

<sup>۱</sup>Brushless DC (BLDC) Motor

## ۱-۲- اهداف پایان نامه

هدف از این پژوهش، طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی درایو موتور BLDC با ساختار کاهش یافته بوده که مناسب کاربردهایی است که کاهش قیمت تمام شده برای درایو یک ضرورت می باشد. کاهش ساختار در درایو ارائه شده با کاهش تعداد سوئیچ های اینورتر و حذف حسگرهای موقعیت بدست می آید. اینورتر مورد استفاده از نوع چهارسوئیچه تمام موج به جای اینورتر شش سوئیچه است. به دلیل آنکه در درایو چهارسوئیچه بردارهای ولتاژی محدود هستند استفاده از روش متعارف کنترل جریان لینک DC که در درایو شش سوئیچه موتور BLDC به کار گرفته می شود، مقدور نمی باشد. لذا برای تولید جریان های مربعی شکل و ایجاد گشتاور ثابت، از روش کنترل مستقیم جریان فاز استفاده می شود.

## ۱-۳- راهنمای پایان نامه

این پایان نامه در هفت فصل نگارش شده است. فصل اول به معرفی کلیات پایان نامه، اهداف مورد نظر و سازماندهی پایان نامه می پردازد. هدف اصلی این پایان نامه طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی درایو بدون حسگر موقعیت موتور BLDC با اینورتر چهارسوئیچه به منظور کاهش هزینه می باشد. فصل هفتم به بیان نتایج حاصل از این پایان نامه می پردازد و مزایا و معایب درایو موتور BLDC با اینورتر چهارسوئیچه و موانع استفاده از این نوع درایو در کاربردهای مختلف را بیان می کند. همچنین پیشنهاداتی در مورد موضوعات تحقیقاتی قابل انجام در ادامه این پایان نامه ارائه می گردد.

فصل دوم

راهنمای نگارش  
پایان نامه

## ۲-۱- مقدمه

یکی از اهداف نگارش هر پایان‌نامه، در اصل آشنا نمودن دانشجو با نحوه نگارش و تنظیم یک مبحث علمی است. پایان‌نامه نوشته‌ای است شامل چکیده پایان‌نامه به فارسی، فهرست تفصیلی مطالب، فهرست شکل‌ها، جداول و نمودارها، مقدمه و تاریخچه مختصر، مروری بر کارهای انجام شده و آخرین اطلاعات تئوری، عملکرد تحقیقی و عملی نتایج، بحث و پیشنهادات، فهرست منابع و مآخذ و چکیده پایان‌نامه به انگلیسی که توسط دانشجو و با هدایت و نظارت استاد راهنما و همکاری استاد مشاور (در صورت ضرورت) تنظیم و تدوین می‌شود. رعایت این تذکرات از جانب دانشجویان برای یک‌دست شدن پایان‌نامه‌ها الزامی است. موضوعات هر پایان‌نامه را با توجه به تعریف فوق و به ترتیب تقدم ذیل می‌توان دسته‌بندی نمود:

۱- فرم زرکوب روی جلد فارسی

۲- فرم داخل جلد به فارسی

۳- بسم الله الرحمن الرحيم

۴- تقدیم (اختیاری می‌باشد)

۵- چکیده پایان‌نامه به فارسی

۶- تقدیر و تشکر (اختیاری می‌باشد)

۷- فهرست مطالب

۸- فهرست شکل‌ها

۹- فهرست جداول‌ها

۱۰- لیست علائم و اختصارات



۱۱- متن پایان‌نامه (فصل اول، فصل دوم، ...)

۱۲- پیوست‌ها (پیوست ۱، پیوست ۲، ...)

۱۳- مراجع و مآخذ

۱۴- چکیده پایان‌نامه به انگلیسی (اختیاری می‌باشد)

۱۵- فرم داخل جلد به انگلیسی

۱۶- فرم زرکوب روی جلد انگلیسی (اختیاری می‌باشد)

## ۲-۲- ترتیب مطالب پایان‌نامه

### ۲-۲-۱- برگ‌های ابتدای پایان‌نامه

برگ اول (فرم داخل جلد به فارسی): این قسمت باید طبق فرمت داده شده اعمال گردد. (توصیه می‌شود از فایل نمونه Word داده شده استفاده شود).

برگ دوم: بسم الله الرحمن الرحيم

برگ سوم (تقدیم): در صورت تمایل دانشجو می‌تواند پایان‌نامه خود را به شخصیتی و یا ... تقدیم نماید،

که در این صفحه درج می‌گردد.

برگ چهارم (چکیده): هر پایان‌نامه می‌بایست با چکیده آغاز گردد که شامل بحث پیرامون موضوع

پایان‌نامه، شیوه‌های تحقیق و نتیجه کلی است. دانشجو موظف است این چکیده را به زبان فارسی تهیه

نموده و در این برگ از پایان‌نامه درج نماید.

برگ پنجم (تقدیر): دانشجو می‌تواند در صورت تمایل در این صفحه از کسانی او را در تهیه پایان‌نامه

یاری نموده‌اند تقدیر نماید.

برگ ششم (فهرست مطالب): دانشجو می‌بایست فهرست مطالب که همراه با شماره صفحه مربوطه در این قسمت درج نماید. (توصیه می‌شود از نمونه فایل Word داده شده استفاده شود).

برگ هفتم (فهرست شکل‌ها): دانشجو می‌بایست فهرست شکل‌ها را همراه با شماره صفحه مربوطه در این قسمت درج نماید. (توصیه می‌شود از نمونه فایل Word داده شده استفاده شود).

برگ هشتم (فهرست جدول‌ها): دانشجو می‌بایست فهرست جدول‌ها را همراه با شماره صفحه مربوطه در این قسمت درج نماید. (توصیه می‌شود از نمونه فایل Word داده شده استفاده شود).

برگ نهم (لیست علائم و اختصارات): دانشجو می‌بایست تمام نمادهای علمی انگلیسی و لاتین بکار رفته در پایان‌نامه را به ترتیب حروف الفبا آورده و معرفی نماید. (توصیه می‌شود از نمونه فایل Word داده شده استفاده شود).

## ۲-۲-۲- متن پایان‌نامه

متن هر پایان‌نامه شامل چندین فصل و هر فصل شامل چندین بخش خواهد بود. هر فصل را می‌توان با یک مقدمه کوتاه آغاز و بایک نتیجه‌گیری مختصر به اتمام رساند. قبل از شروع هر فصل بهتر است یک صفحه (مطابق فایل نمونه داده شده و یا مشابه آن) عاری از مطلب و صرفاً شماره و عنوان فصل آورده شود. بسته به موضوع پایان‌نامه، متن پایان‌نامه به فصل‌های مختلف تقسیم‌بندی می‌شود که در کمترین حالت سه فصل مقدمه، متن و نتیجه‌گیری وجود خواهند داشت. تعداد و عنوان فصل‌ها باید قبل از شروع به نگارش پایان‌نامه با به نظر دانشجو و تأیید استاد راهنما مشخص شوند.

## ۲-۲-۱- متن فصل اول

این فصل شامل تاریخچه، هدف‌های مورد نظر در پایان‌نامه، روش‌ها و نحوه انجام تحقیق، ساختار پایان‌نامه و نتایج حاصل از آن می‌باشد که در فایل نمونه شماره ۱۱ مثالی از آن آورده شده است. معمولاً مرور منابع (Literature Survey) و شرح مختصر کارهای قبلی در این فصل انجام می‌پذیرد. همچنین ذکر اهمیت موضوع تحقیق در رابطه با توسعه کشور توصیه می‌شود. توضیح ساختار پایان‌نامه با ذکر مختصر از مطالبی که در فصل‌های مختلف آورده شده است ضروری است.

## ۲-۲-۲- فصل‌های دوم به بعد

تعداد فصل‌های بعد از مقدمه با توجه به موضوع پایان‌نامه متغیر می‌باشد. مثلاً برای یک پروژه با موضوع شبیه‌سازی یک ماشین خاص نظیر ماشین الکتریکی سنکرون در محیط ماکسول می‌توان در فصل دوم، در مورد موضوع موردنظر (ماشین سنکرون)، مدل‌سازی ریاضی مربوطه را ارائه نمود. در فصل سوم در مورد نرم‌افزار موردنظر و روش مدل‌سازی ماشین سنکرون در این نرم‌افزار مطالب مورد نیاز را ارائه نمود. در فصل چهارم نیز نتایج شبیه‌سازی ماشین سنکرون ارائه گردند.

اگر پروژه مثلاً در مورد طراحی یک الگوریتم و یا روش ساخت سیستم الکترونیکی متناظر با آن با استفاده از ریزپردازنده‌ها باشد، در فصل دوم در مورد تئوری الگوریتم موردنظر بحث شود. در فصل سوم (اگر پردازنده از نوع خاصی است که دانشجو در هیچ یک از دروس خود فرا نگرفته باشد)، پردازنده موردنظر را معرفی نموده و ویژگی‌های آن را بیان کند. در فصل چهارم فلوچارت و برنامه کنترلی و جزئیات طراحی و ساخت سخت‌افزار سیستم شرح داده شوند. در فصل پنجم نتایج شبیه‌سازی (در صورت وجود) و نتایج آزمایشگاهی آورده و تحلیل شوند.

## ۲-۲-۳- متن فصل آخر

این فصل معمولاً به فصل نتیجه‌گیری و پیشنهادات نام‌گذاری می‌شود. فصل آخر باید با توجه به مطالب عنوان شده به ویژه در مقدمه به نگارش درآید. مقایسه نتیجه‌های بدست آمده با اهداف از قبل تعیین شده در مقدمه، دستیابی‌های نوین در این فصل ذکر می‌شوند و مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند. در ضمن ارائه‌دهنده پایان‌نامه در این فصل به عنوان پیشنهاد برای تحقیقات بعدی، به طرح چند موضوع در راستای تحقیقات خود می‌پردازد. با حتی پیشنهاداتی در جهت رفع نقائص کار خود ارائه نماید.

## ۲-۲-۳- پیوست‌ها

پس از اتمام متن پایان‌نامه پیوست‌ها قرار می‌گیرند. قسمت اصلی متن پایان‌نامه نباید دارای داده‌های غیرضروری، برنامه نرم‌افزاری و یا چگونگی بدست آوردن معادلات ریاضی باشد، چنین مطالبی باید در پیوست آورده شوند.

## ۲-۲-۴- مراجع و مآخذ

پس از اتمام بخش پیوست‌ها، باید مراجع درج گردند. به‌طور کلی چنانچه برای مطلبی از مرجعی استفاده شود، ذکر مرجع مربوطه در لیست مراجع پایان‌نامه الزامی می‌باشد. در متن پایان‌نامه، پس از مطلب بیان شده، شماره مرجع مورد استفاده بصورت فارسی و در داخل براکت [ ] درج می‌گردد. در بخش مراجع انتهای پایان‌نامه، مراجع به صورت زیر آورده می‌شوند:

۲-۲-۴-۱- در مورد مقاله چاپ شده در نشریات ادواری یا مجلات

۱- شماره مرجع که باید داخل براکت [۱۵] قرار داده شود.

۲- نام نویسنده یا نویسندگان: نام خانوادگی، حرف اول نام مولف

۳- عنوان مقاله

۴- نام کنفرانس یا ژورنال یا ناشر

۵- شماره جلد و شماره نشریه

۶- شماره صفحات.

۷- سال انتشار

مثال‌ها:

[۱۵]. S. Nicosia, P. Tokei; "Model Reference Adaptive Control Algorithms for Industrial Robots", Automatica, Vol. 20, No. 5, pp. 635-644, 1984.

[۱۵]. اکبری، ع.، "بررسی اثر دما بر نیمه‌رساناها"، مجله استقلال، دانشگاه صنعتی اصفهان، شماره ۶، ص

ص ۲۲-۳۱، ۱۳۶۲.

۲-۲-۴-۲- مقالات کنفرانسی

۱- شماره مرجع که باید داخل براکت [۱۵] قرار داده شود.

۲- نام نویسنده یا نویسندگان: نام خانوادگی، حرف اول نام مولف

۳- عنوان مقاله

۴- نام کنفرانس

۵- شماره جلد (در صورت وجود)

۶- شماره صفحات

۷- سال انتشار

مثال:

[۱]. A. Kusko and S. M. Peeran; "Definition of the brushless dc motor", Proceedings of the IEEE Industry Applications Conference (IAS), pp. 20-22, 1988.

۲-۲-۴-۳- کتب تألیف شده

۱- شماره مرجع که باید داخل براکت [۱۵] قرار داده شود.

۲- نام نویسنده یا نویسندگان: نام خانوادگی، حرف اول نام مولف

۳- عنوان کتاب

۴- شماره ویرایش

۵- نام ناشر و محل نشر

۶- سال انتشار

[۱۶]. Craig C., Introduction to Robotics: Mechanics and Control, Addison Wesley, 1986.

۲-۲-۴-۴- کتب ترجمه شده

۱- شماره مرجع که باید داخل براکت [۱۵] قرار داده شود.

۲- نام خانوادگی، حرف اول نام مولف اصلی

۳- عنوان کتاب

۴- شماره ویرایش

۵- نام مترجم یا مترجمین

۶- نام ناشر و محل نشر

۷- سال انتشار

[۱۵]. سونتاک، بورگناک و ون وایلن، اصول ترمودینامیک، ویرایش پنجم، ترجمه دکتر احمد عظیمیان،

جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان، ۱۳۷۷.

## ۲-۲-۴-۵- پایان‌نامه‌ها یا گزارشات علمی

۱- شماره مرجع که باید داخل براکت [۱۵] قرار داده شود.

۲- نام خانوادگی، حرف اول نام مولف اصلی

۳- عنوان پایان‌نامه یا گزارش

۴- مقطع پایان‌نامه

۵- دانشکده

۶- دانشگاه (ناشر)

۷- سال انتشار

مثال:

[۱۵]. صدیقی، م.، "مطالعه تجربی و تحلیلی مکانیزم شعله ذرات ریز جامد"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد،

دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران، ۱۳۷۷.

## ۲-۲-۵- برگ های انتهای پایان نامه

برگ ماقبل آخر (چکیده انگلیسی پایان نامه): چکیده پایان نامه به انگلیسی، ترجمه همان چکیده فارسی می باشد که در ابتدای پایان نامه قرار گرفته است.

برگ آخر (فرم انگلیسی): این برگ می بایست دقیقاً مانند فرمت داده شده اعمال گردد.

## ۲-۳- شماره گذاری در بخش های مختلف پایان نامه

### ۲-۳-۱- شماره گذاری صفحات متن

صفحه های فرم داخل جلد و بسم الله الرحمن الرحيم، شماره گذاری نمی شوند. صفحات بعدی به ترتیب حروف ابجد (الفبای فارسی) شماره گذاری می گردند. شماره گذاری با عدد از مقدمه و تا انتهای پایان نامه (پیوست ها) ادامه خواهد داشت. در شماره گذاری اعداد باید در وسط و پایین صفحه قرار گیرند. تعداد صفحات متن پایان نامه بین ۴۰ تا ۸۰ صفحه باشد.

### ۲-۳-۲- شماره گذاری روابط ریاضی

هر رابطه و یا معادله ریاضی به وسیله دو عدد توسط یک خط فاصله از یکدیگر تمیز داده و مشخص می گردند. عدد سمت راست نشانگر شماره فصل و عدد سمت چپ نشانگر شماره ترتیب روابط در هر فصل می باشد. مثلاً رابطه چهارم در فصل پنجم را به صورت زیر باید نشان داد: (۴-۵)



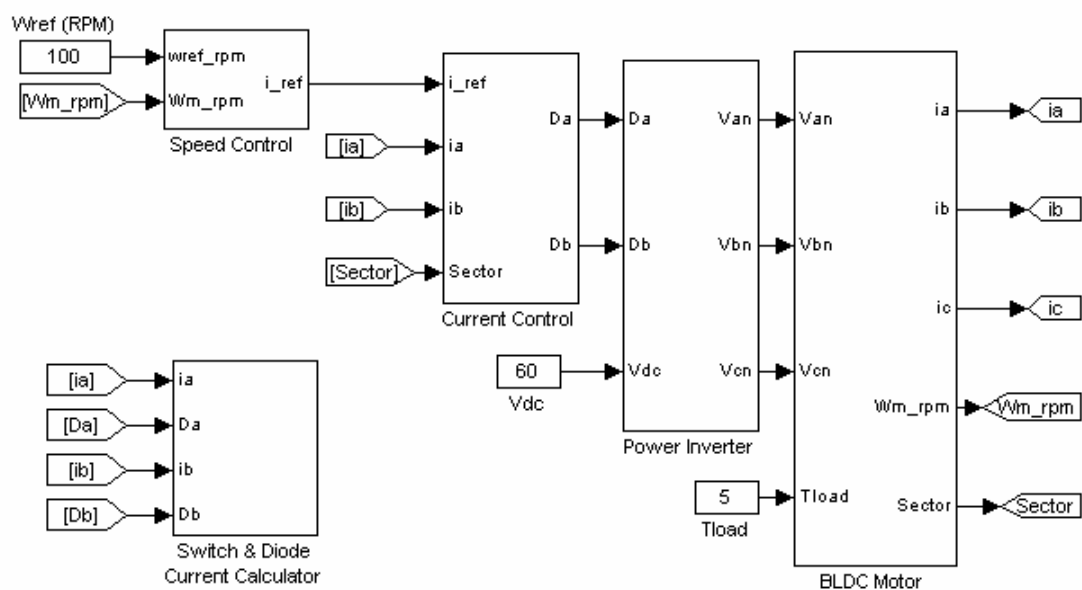
## ۲-۳-۳- شماره‌گذاری جداول و نمودارها

در هر فصل هر جدول (شکل) با درج شماره فصل شکل (جدول) در آن فصل شماره‌گذاری می‌شود. سپس موضوع شکل (جدول) بلافاصله بعد از شماره‌گذاری درج خواهد شد. به طور مثال شکل (جدول) شماره ۳ در فصل دوم به صورت زیر شماره‌گذاری می‌گردد:

شکل (۲-۳): پاسخ سیستم با کنترل آدپتیو

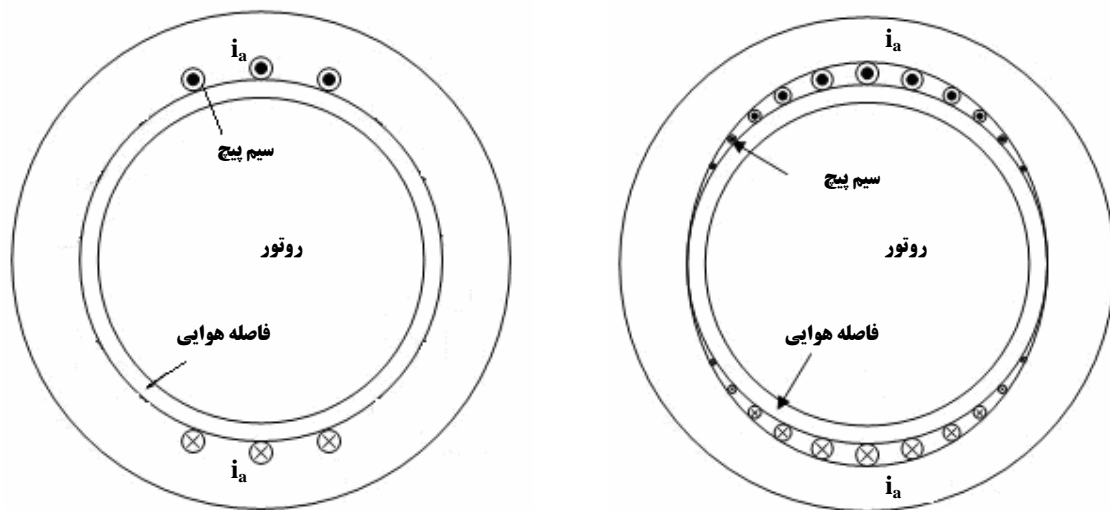
## ۲-۴- ارائه شکل و جدول در پایان‌نامه

شکل‌های ارائه شده در متن پایان‌نامه باید از کیفیت مناسب برخوردار باشند. توصیه می‌شود، فرمت شکل‌ها بصورت tiff یا jpg باشد. شکل‌ها نباید در پایان‌نامه شناور (float) باشند و بعبارتی بوسیله موس قابل حرکت باشند. حرکت شکل فقط باید با فشردن کلید Enter امکان‌پذیر باشد. عنوان هر شکل در زیر آن نوشته می‌شود. عنوان اصلی شکل حتماً باید به فارسی تایپ گردد و نباید جزئی از شکل باشد. عنوان شکل و جدول باید بصورت وسط‌چین تنظیم شود. برای شکیل‌تر شدن پایان‌نامه، می‌توانید شکل‌های تکی (تک ستونه) را در جدولی دارای یک ستون و دو ردیف همانند زیر قرار دهید. خود شکل در ردیف اول و عنوان آن در ردیف دوم قرار گیرد. .



شکل (۲-۱): یک نمونه از وارد نمودن شکل یک ستونه در متن پایان نامه

برای شکل‌های دو ستونه از یک جدول دارای دو ستون و سه ردیف مطابق شکل زیر استفاده کنید:



الف- نوع BLAC (شار سینوسی) با آرایش سیم‌پیچی توزیع شده      ب- نوع BLDC (شار دوزنقه‌ای) با آرایش سیم‌پیچی متمرکز

شکل (۲-۲): یک نمونه از وارد نمودن شکل دو ستونه در متن پایان نامه

برای شکل‌های چندتایی (چند ستون - چندردیف)، جدولی با تعداد سطر و ستون مناسب ایجاد

نمائید و مانند حالت قبل آنرا با عنوان و شکل تکمیل نمائید.

برای جداول نیز، عنوان باید در بالای جدول همانند جدول زیر قرار گیرد. شماره‌گذاری جدول‌ها

نیز همانند شماره‌گذاری شکل‌ها یعنی (شماره فصل - شماره جدول) انجام شود.

جدول (۱-۲): عنوان جدول در بالای آن باید نوشته شود.

ناحیه کاری موتور	زاویه الکتریکی روتور	فازهای فعال		فاز خاموش	
۱	$0^0 < \theta_r < 30^0$	b, c	$I_b + I_c = 0$	a	$I_a = 0$
۲	$30^0 < \theta_r < 90^0$	a, b	$I_a + I_b = 0$	b	$I_c = 0$
۳	$90^0 < \theta_r < 150^0$	a, c	$I_a + I_c = 0$	c	$I_b = 0$
۴	$150^0 < \theta_r < 210^0$	b, c	$I_b + I_c = 0$	a	$I_a = 0$
۵	$210^0 < \theta_r < 270^0$	a, b	$I_a + I_b = 0$	b	$I_c = 0$
۶	$270^0 < \theta_r < 330^0$	a, c	$I_a + I_c = 0$	c	$I_b = 0$

## ۲-۵- نوشتن معادلات در پایان‌نامه

پیشنهاد می‌شود، معادلات با فونت پیش‌فرض منوی Equation نرم‌افزار Word تایپ گردند. شماره‌گذاری معادلات نیز همانند شماره‌گذاری شکلها، شامل دو عدد شماره فصل - شماره معادله باشد. برای شکل‌تر شدن پایان‌نامه، می‌توانید معادلات را در جدولی دو ستونه و یک‌ردیفه همانند زیر بنویسید. معادلات باید تایپ شوند و از کپی و Paste نمودن اجتناب کنید. شماره گذاری‌های آنها باید در هر فصل از شماره ۱ تکرار شود.

$$\lambda_a = \pi r l B \theta_r / (\pi / 2) \quad (-\pi/2 \leq \theta_r \leq \pi/2) \quad (۱-۲)$$

## ۲-۶- اندازه و نوع فونت بخش‌های مختلف

اندازه فونت بخش‌های مختلف مطابق جدول زیر تنظیم گردند. در هر بخش از پایان‌نامه که کلمات فارسی و لاتین با هم بکار می‌روند، معمولاً سایز فونت لاتین، به اندازه ۲ سایز کوچکتر از سایز فونت فارسی است. نوع فونت بکار رفته در متن پایان‌نامه از نوع Lotus (یا B Lotus)، Zar و یا Nazanin باشد.

جدول (۲-۲): اندازه فونت بخش‌های مختلف پایان‌نامه

بخش	اندازه فونت	نوع فونت
عنوان پایان‌نامه در صفحات فرم و روی جلد	۲۶	Bold
عناوین دیگر در صفحات فرم	۱۸ و ۲۰	Bold
عنوان در بخش Header فصل‌ها	۱۰	Bold
عناوین اصلی در متن پایان‌نامه (۱-۲)	۱۶	Bold
عناوین فرعی در متن پایان‌نامه (۱-۲-۱)	۱۵	Bold
عناوین فرعی فرعی در متن پایان‌نامه (۲-۲-۱-۲)	۱۴	Bold
زیرنویس شکل	۱۲	ساده

ساده	۱۲	بالانویس جدول
ساده	۱۲	مراجع انگلیسی
ساده	۱۴ (همراه با انگلیسی ۱۲)	متن پایان نامه
مطابق با فایل های نمونه ارائه شده		سایر بخش ها

## ۷-۲- بازبینی گزارش پروژه و تهیه نسخه نهائی

- بخش های مختلف پایان نامه (مطابق فایل های Word نمونه) در فایل های word جداگانه save شوند و فایل pdf متناظر هر فایل نیز ساخته شود.
- پس از نوشتن پایان نامه و اشکال زدایی اولیه توسط دانشجو، پایان نامه برای بررسی به استاد راهنمای پروژه ارائه شود.
- پس از انجام اصلاحات نهایی و تامین نظر استاد، از پایان نامه پرینت گرفته و حداقل یک نسخه نیز کپی گرفته شود. سپس آنها را به رنگ قرمز تیره (برای دانشجویان رشته مهندسی برق) صحافی نمائید.
- یک نسخه صحافی شده باید به استاد راهنما تحویل گردد و امضای آن از استاد اخذ شود. نسخه دیگر باید به آموزش دانشکده تحویل گردد تا آموزش دانشکده، نمره نهائی شده توسط استاد راهنما را تائید آموزش نماید.

## ۸-۲- نکات مهم نگارشی

- استفاده از فایل های نمونه ضمیمه این دستورالعمل در تهیه پایان نامه، توصیه می گردد.

- فاصله بین خطوط (Line Spacing) به اندازه ۱/۵ خط باشد. حاشیه صفحات از راست و بالا، ۳ سانتی‌متر و از پائین و چپ ۲,۵ سانتی‌متر باشند.
- معادل انگلیسی کلمات فارسی که شاید ناآشنا هستند، و یا برای اولین بار استفاده می‌شوند، را می‌توان یکبار بصورت زیرنویس با گذاردن شماره برای آن (از گزینه Footnote) نرم-افزار Word ذکر نمود.
- تمام پاراگراف‌های متن توسط Justify منظم شوند و نه Align right و امثالهم.
- ابتدای هر پاراگراف به اندازه ۰,۷۵ تا ۱ سانتی‌متر نسبت به سطور بعدی داخل تر باشد.
- در جاهائی که متون فارسی و انگلیسی توأمان بکار می‌روند، اندازه فونت انگلیسی از فارسی ۲ شماره کمتر است.
- در تمام متن، بجای فشردن کلید space برای ایجاد فاصله بین کلمات دو بخشی مانند (می‌شود، کنترل کننده‌ها)، کلیدهای (Ctrl -) را همزمان بفشارید تا فاصله بین دو بخش کلمه به حداقل برسد و بصورت (می‌شود، کنترل‌کننده‌ها) در بیاید.
- در تمام بخش‌های پایان‌نامه، نقطه (.)، کاما (،)، دو نقطه (:) و امثالهم به کلمات قبل از خود می‌چسبند. ادامه جمله بعد از این نمایه‌ها با یک فاصله شروع می‌گردد.
- از آوردن عنوان یک بخش در یک صفحه و متن مرتبط با آن در صفحه دیگر خودداری کنید.
- بین شکل و پاراگراف‌های متن قبل و بعد از آن حتما یک خط فاصله قرار داده شود.
- از گذاردن دو نقطه در جلوی عناوین بخش‌ها خودداری گردد.

فصل هفتم

نتیجه‌گیری

و

پیشنهادهات

## ۷-۱- نتیجه‌گیری

این پایان‌نامه با هدف ارائه یک درایو الکتریکی سرعت متغیر برای کاربردهایی که کاهش هزینه و افزایش عملکرد درایو موردنظر می‌باشند، به طراحی و ساخت یک نمونه آزمایشگاهی درایو موتور BLDC با اینورتر چهارسوئیچ و به‌روش کنترل بدون حسگر پرداخته است. علاوه بر آن به دیگر جنبه‌های عملکردی این درایو نظیر رپل گشتاور و محدوده عملکرد بهینه نیز پرداخته شده است. نتایج بدست آمده از این پایان‌نامه را می‌توان به صورت ذیل جمع‌بندی نمود:

(۱) استفاده از روش کنترل جریان DPC در درایو چهارسوئیچ، ایجاد جریان‌های فاز مربعی شکل را امکان‌پذیر نموده است.

(۲) امکان ایجاد جریان‌های مربعی شکل در سرعت‌های بالاتر از نصف سرعت نامی موتور امکان‌پذیر نمی‌باشد.

## ۷-۲- پیشنهادات

در این پایان‌نامه دو روش جدید کنترل بدون حسگر برای درایو موتور BLDC با اینورتر چهار سوئیچ، با موفقیت و به وسیله DSP پیاده‌سازی شده‌اند. جهت بهبود نتایج به‌دست آورده شده، صنعتی‌نمودن طرح ارائه شده و صحت‌گذاری عملی سایر الگوریتم‌های کنترلی، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌گردد:

۱- پیاده‌سازی روش‌های بدون حسگر ارائه شده با مدارات FPGA و ساخت تراشه خاص کنترل بدون حسگر موتور BLDC با اینورتر چهارسوئیچ.

۲- پیاده‌سازی روش کاهش رپل گشتاور کموتاسیون ارائه شده و تلفیق آن با روش دوم کنترل بدون حسگر ارائه شده و یک روش هوشمند کموتاسیون با حداقل رپل گشتاور.



جدول (پ - ۱): پارامترهای موتور BLDC نوع دوزنقه‌ای مورد استفاده در پیاده‌سازی

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
سرعت نامی	$\omega_n = 300$ [rpm]	توان نامی	$P_n = 180$ [Watt]
جریان نامی	$I_n = 4.5$ [A]	گشتاور نامی	$T_n = 5.7$ [N.m]
ثابت ولتاژ ضدمحرکه	$K_e = 0.0667$ [V/rpm]	ثابت گشتاور	$K_t = 1.25$ [N.m/A]
مقاومت فاز	$R = 0.64$ [ $\Omega$ ]	تعداد قطبها	$Z = 16$
اندوکتانس متقابل	$M = 0.25$ [mH]	اندوکتانس خودی	$L_s = 1.0$ [mH]

- 
- [1]. B.K. Lee, T.H. Kim, M. Ehsani; "On the feasibility of four-switch three-phase BLDC motor drives for low cost commercial applications: topology and control", IEEE Transactions on Power Electronics, Vol. 18, No. 1, pp. 164-172, January 2003.
  - [2]. A. Kusko and S. M. Peeran; "Definition of the brushless dc motor", Proceedings of the IEEE Industry Applications Conference (IAS), pp. 20-22, 1988.
  - [3]. T. J. E. Miller; "Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives", Oxford: Clarendon Press, 1999.
  - [4]. D.C. Hanselman; "Brushless Permanent-Magnet Motor Design", New York: McGraw-Hill, 1994.
  - [5]. [www.lem.com](http://www.lem.com)
  - [6]. [www.hp.com/go/isolator](http://www.hp.com/go/isolator)

[۷]. بودن، م. ، "طراحی و تحلیل موتور مغناطیس دائم شار محور در نرم افزار ماکسول"، پایان نامه

کارشناسی مهندسی برق گرایش قدرت، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان، تابستان ۱۳۸۷.

## **Abstract**

This section is optional. It is an experience for the students to write in English.



University of Kashan  
Faculty of Electrical and Computer Engineering  
Department of Power Engineering

## **Write the Title of Dissertation in Sentence Case**

A Dissertation  
by

**The Name (or Names) of Student(s)**

Submitted to the Electrical Engineering Department of University of Kashan  
in partial fulfillment of the requirements for the degree of

**Bachelor of Science**

In Electrical Engineering

**Supervisor:**  
**Dr. Abolfazl Halvaei Niasar,**  
Assistant Professor

June 2013



**UNIVERSITY OF KASHAN**  
**FACULTY OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING**  
**DEPARTMENT OF POWER ENGINEERING**

**WRITE THE TITLE OF YOUR DISSERTATION IN  
UPPER CASE**

**by:**  
**THE NAME OF STUDENT IN UPPER CASE**

**A Dissertation Submitted to the Electrical Engineering Department of  
University of Kashan in partial fulfillment of the requirements for the degree of  
BACHELOR OF SCIENCE  
In Electrical Engineering**

**June 2013**