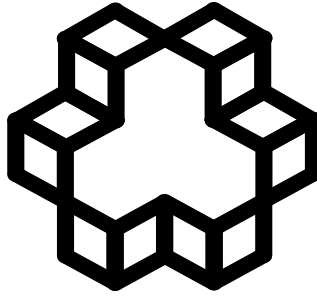


بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ



تأسیس ۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - ماشین های

الکتریکی و الکترونیک قدرت

عنوان :

طراحی و شبیه سازی موتور رلوکتانسی خطی سه فاز با مغناطیس

دائم

استاد راهنما: دکتر محمد اردبیلی

استاد مشاور: دکتر کریم عباس زاده

دانشجو: سعید دارابی

## چکیده:

موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی را می توان براساس مسیر عبوری شار سیم پیچی، شکل قسمت متحرک و یک طرفه یا دو طرفه بودنش تقسیم بندی کرد. اما براساس مسیر شار عبوری ازسیم پیچی می توان موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی را به دو دسته ی ۱- موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار عرضی ۲- موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار طولی تقسیم بندی کرد. پس از بررسی اصول موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی طراحی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار عرضی مطرح می گردد. سپس طراحی این موتور با کمک روش اجزاء محدود انجام می گردد. در ادامه برای بهبود عملکرد موتور، ساختارهای با مغناطیس دائم طراحی می شود. با مقایسه ی نیرو دندانه ای و نیرو محرکه ی این ساختارها، بهترین ساختار انتخاب می گردد.

در ادامه برای مقایسه ی بهتر ساختار مغناطیس دائم با ساختار مرسوم، این دو ساختار به صورت موتور سه فاز طراحی می شوند و عملکرد دینامیک آنها با هم مقایسه می گردد. نتایج بهبود ۵٪ تا ۱۱٪ در راندمان موتور مغناطیس دائم سه فاز جدید نسبت به موتور سه فاز مرسوم را نشان می دهد.

بررسی اضافه کردن مغناطیس دائم بر عملکرد موتور با شار طولی نیز بهبود عملکرد این موتور را نشان می دهد.

صفحه	عنوان
<b>فصل اول: اصول موتورهای سوئیچ رلوکتانسی خطی</b>	
۲	۱-۱ مقدمه
۲	۱-۲ نیروها در یک موتور رلوکتانسی خطی
۱۰	۱-۳ انواع موتورهای سوئیچ رلوکتانسی و ویژگی های آنها
<b>فصل دوم : ساختار موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی بدون مغناطیس دائم و با وجود آن</b>	
۱۵	۲-۱ ساختار موتور
۱۵	۲-۱-۱ موتور رلوکتانسی تک فاز بدون مغناطیس دائم
۱۸	۲-۱-۲ موتور رلوکتانسی تک فاز با مغناطیس دائم
۲۰	۲-۲ تغذیه ی DC
<b>فصل سوم : طراحی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار عرضی</b>	
۲۳	۳-۱ ابعاد موتور(ساختار U۱)
۲۴	۳-۲ تعیین تعداد دور سیم پیچی
۲۵	۳-۳ تعیین مقاومت سیم پیچی
۲۶	۳-۴ جرم اولیه ، ثانویه و سیم پیچی
۲۶	۳-۵ محاسبه اندوکتانس سیم پیچی اولیه
۳۴	۳-۶ عملکرد یک فاز موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۳۵	۳-۷ نتیجه گیری
<b>فصل چهارم : افزودن مغناطیس دائم به موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار عرضی</b>	
۳۸	۴-۱ مقدمه
۴۱	۴-۲ ساختار بدون PM (ساختار U۱)
۴۳	۴-۳ ساختارهای PM (U۲ تا U۱۰)
۵۰	۴-۴ نتیجه گیری
<b>فصل پنجم : عملکرد موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی سه فاز با شار عرضی</b>	
۵۲	۵-۱ مقدمه
۵۲	۵-۲ مدل الکتریکی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۵۵	۵-۳ معادلات مکانیکی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۵۶	۵-۴ نتایج شبیه سازی
۵۸	۵-۴-۱ $F_L = ۶ N$ بار

۶۰	$F_L = ۱۲ \text{ N}$ بار ۵-۴-۲
۶۲	$F_L = ۱۸ \text{ N}$ بار ۵-۴-۳
۶۴	$F_L = ۲۴ \text{ N}$ بار ۵-۴-۴
۶۶	$F_L = ۳۰ \text{ N}$ بار ۵-۴-۵
۶۸	$F_L = ۳۶ \text{ N}$ بار ۵-۴-۶
۷۰	۵-۵ نتیجه گیری
<b>فصل ششم : شبیه سازی و مدلسازی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی سه فاز با شار طولی</b>	
۷۲	۶-۱ مقدمه
۷۲	۶-۲ مشخصات موتور
۷۴	۶-۳ مدل الکتریکی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۷۵	۶-۴ معادلات مکانیکی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۷۶	۶-۵ محاسبه ی پارامترهای مورد نیاز برای شبیه سازی سازی دینامیکی عملکرد موتور با استفاده از روش اجزاء محدود
۷۹	۶-۶ شبیه سازی دینامیک با استفاده از پارامترهای روش های اجزاء محدود دو بعدی و سه بعدی
۸۳	۶-۷ ساختار با مغناطیس دائم
۸۴	۶-۸ مدل الکتریکی ساختار پیشنهادی
۸۵	۶-۹ معادلات مکانیکی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی
۸۶	۶-۱۰ نتایج شبیه سازی
۹۰	۶-۱۱ نتیجه گیری
<b>فصل هفتم : نتیجه گیری و پیشنهادات</b>	
۹۲	۷-۱ نتیجه گیری
۹۲	۷-۲ پیشنهادات
۹۴	ضمیمه (توالی، ترتیب سوئیچینگ و توزیع چگالی شار مغناطیسی)
۱۰۰	مراجع

## فصل اول: اصول موتورهای سوئیچ رلوکتانسی خطی

## ۱-۱ مقدمه

موتورهای الکتریکی خطی تجهیزات الکترومکانیکی هستند که حرکت را در راستای طولی توسعه می دهند. این موتورها نیاز به استفاده از مکانیزمی برای تبدیل حرکت دوار به خطی ندارند. موتورهای خطی تاریخچه ی یکسانی با موتورهای دوار دارند. نخستین موتور الکتریکی خطی در سال ۱۸۸۳ اختراع شد. اما فاصله ی هوایی بزرگ و راندمان پایین مانع از استفاده ی وسیع این موتورها شد. بر خلاف موتورهای دوار موتورهای خطی نقطه ی ابتدا و انتهای حرکت دارند.

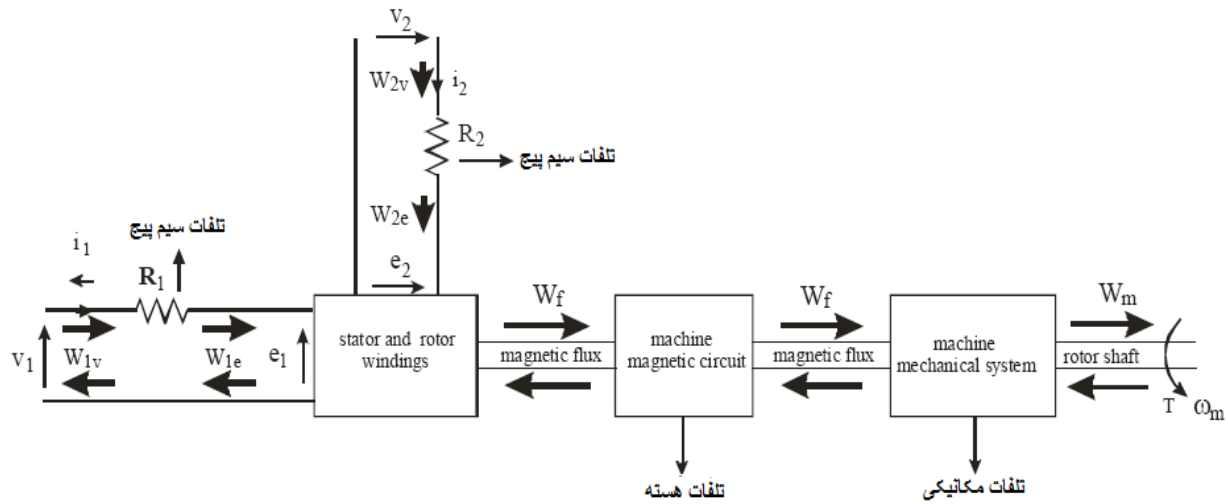
موتورهای سوئیچ رلوکتانسی خطی<sup>۱</sup> (LSRM) نسبت به موتورهای القایی خطی یا سنکرون خطی به دلیل حذف سیم پیچی در ساختار اولیه یا ثانویه مزیت دارند. مواردی از مزایای LSRM عبارتند از :

- حذف سیم پیچی در اولیه یا ثانویه
- عدم نیاز به چرخ دنده های مکانیکی
- سادگی در ساخت و نگهداری به دلیل اینکه دارای سیم پیچی متمرکز هستند
- ساختار ثانویه در صورت قرار گرفتن سیم پیچی بر روی هسته ی اولیه دیگر نیاز به سیم پیچی ندارد. در این صورت ساختار ثانویه اقتصادی تر خواهد بود.
- عدم تولید گرما توسط ثانویه حین عملکرد موتور به این دلیل که در هر لحظه یک قسمت ثانویه در مسیر شار تولید شده توسط سیم پیچی اولیه توسط هر فاز قرار دارد [۱].

## ۱-۲ نیروها در یک موتور رلوکتانسی خطی

روند تبدیل انرژی در هر مبدل الکترومکانیکی مطابق شکل ۱-۱ است. در موتورهای الکتریکی انرژی الکتریکی به مکانیکی تبدیل می شود. در موتور رلوکتانسی خطی انرژی الکتریکی  $W_e$  از طریق ترمینالهای سیم پیچی اولیه یا ثانویه به موتور منتقل می شود. این انرژی برابر مجموع انرژی میدان مغناطیسی  $W_f$  و انرژی مکانیکی  $W_m$  است.

<sup>۱</sup> Linear Switched Reluctance Motor (LSRM)



شکل ۱-۱ دیاگرام تبدیل انرژی الکترومکانیکی با توان تلف شده

در یک آهنربای الکتریکی میدان مغناطیسی به وسیله ی جریان الکتریکی تولید می شود. ساختار یک سیستم الکترومغناطیسی مطابق شکل ۱-۲ برای محاسبه ی انرژی میدان مغناطیسی ذخیره شده در نظر گرفته شده است. ساختار شامل دو قسمت است ۱- قسمت اولیه که ساکن است ۲- قسمت ثانویه که متحرک است و سیم پیچی ندارد.

ولتاژ در هر لحظه برای سیستم شکل ۱-۲ براساس قانون فارادی در سیم پیچی اولیه برابر است با :

$$v = iR + \frac{d\lambda}{dt} \quad (1-1)$$

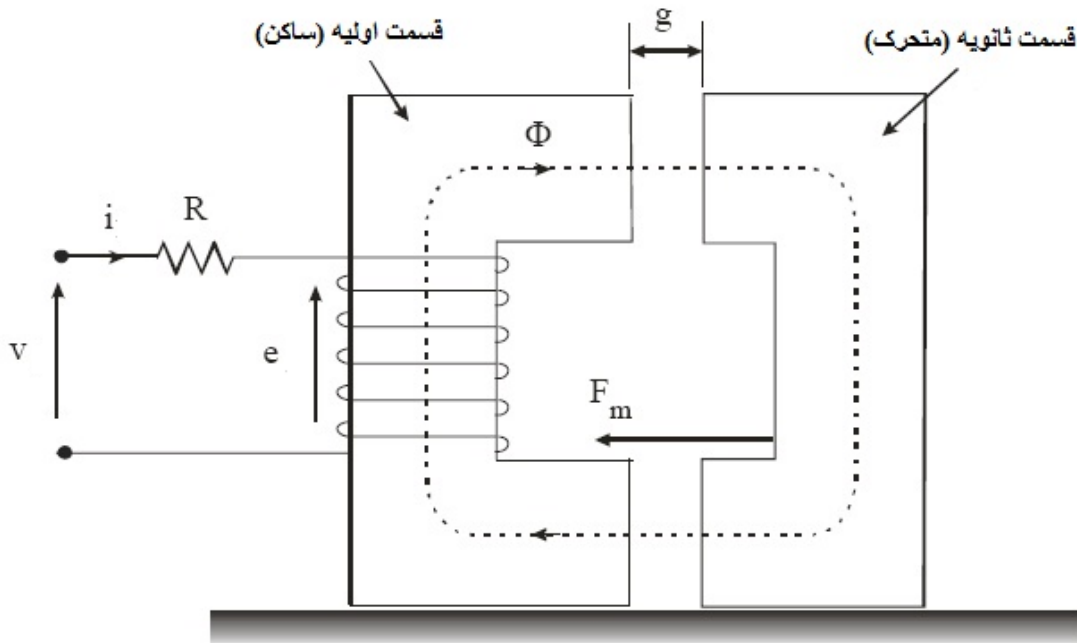
$v$  = ولتاژ ترمینال

$i$  = جریان سیم پیچی

$R$  = مقاومت سیم پیچی

$\lambda$  = شار پیوندی به وسیله ی سیم پیچی





شکل ۱-۲ یک سیستم الکترومغناطیسی

برای سیستم الکترومغناطیسی شکل ۱-۲ می توان رابطه ی (۱-۱) را به صورت زیر نوشت :

$$v = iR + \frac{\partial \lambda}{\partial i} \cdot \frac{di}{dt} + \frac{\partial \lambda}{\partial x} \cdot \frac{dx}{dt} \quad (1-2)$$

که X راستای حرکت قسمت متحرک است.

اگر طرفین رابطه ی (۱-۱) را در  $\dot{t}$  ضرب کنیم داریم :

$$vi = i^2 R + i \frac{d\lambda}{dt} \quad (1-3)$$

در رابطه ی بالا عبارت سمت چپ توان الکتریکی ورودی  $P_{in}$  ، اولین عبارت در سمت راست تلفات اهمی و عبارت دوم در سمت راست توان ترمینالهای سیم پیچی که برابر مجموع توان مکانیکی و هر نوع توان ذخیره شده در سیستم است. رابطه ی توان دو سر سیم پیچی در میدان مغناطیسی خطی را می توان به صورت زیر نوشت.

$$P_e = \frac{dW_e}{dt} = L \frac{di}{dt} i \quad (1-4)$$

که  $W_e$  انرژی تحویلی به سیم پیچی است و برابر با مجموع انرژی ذخیره شده در سیم پیچی  $W_f$  و انرژی تبدیلی به کار مکانیکی  $W_m$  است. در نتیجه می توان نوشت :

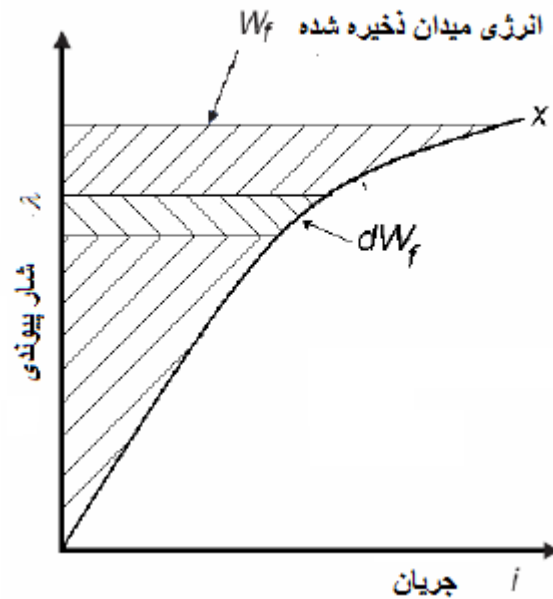
$$W_e = W_f + W_m \quad (1-5)$$

در شکل ۱-۳ انرژی میدان مغناطیسی توسط رابطه ی زیر به دست می آید :

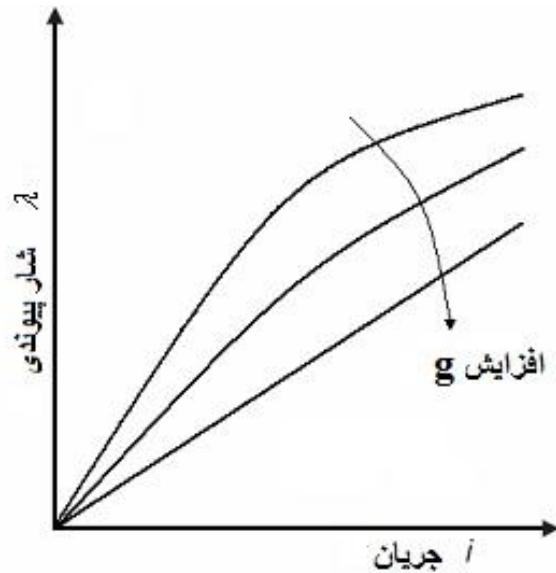
$$W_f = \int \lambda i d\lambda \quad (1-6)$$

انرژی میدان با توجه به تغییر شار پیوندی  $\lambda$  نسبت به جریان در شکل ۱-۳ نشان داده شده است. با افزایش فاصله ی هوایی سیستم الکترومغناطیسی شکل ۱-۲، منحنی شکل ۱-۳ مطابق شکل ۱-۴ تغییر می کند. این بدین معنا است که برای ادامه یافتن شار مغناطیسی بایستی جریان بیشتری در سیم پیچی جاری باشد و در نتیجه انرژی بیشتری در مدار مغناطیسی ذخیره خواهد شد.

اگر فاصله ی هوایی افزایش یابد و حجم هسته ی سیستم الکترومغناطیسی تغییر نکند، انرژی میدان در فاصله ی هوایی افزایش می یابد. شکل ۱-۴ تغییرات منحنی  $\lambda - i$  با تغییر فاصله هوایی را نشان می دهد.



شکل ۱-۳ انرژی میدان ذخیره شده با تغییرات شار پیوندی



شکل ۱-۴ تغییرات منحنی  $\lambda - i$  با تغییر فاصله هوایی

انرژی ذخیره شده در میدان مغناطیسی با فاصله هوایی  $g$  با صرف نظر کردن از انرژی ذخیره شده در هسته را می توان برحسب  $B_g$  به صورت زیر نوشت.

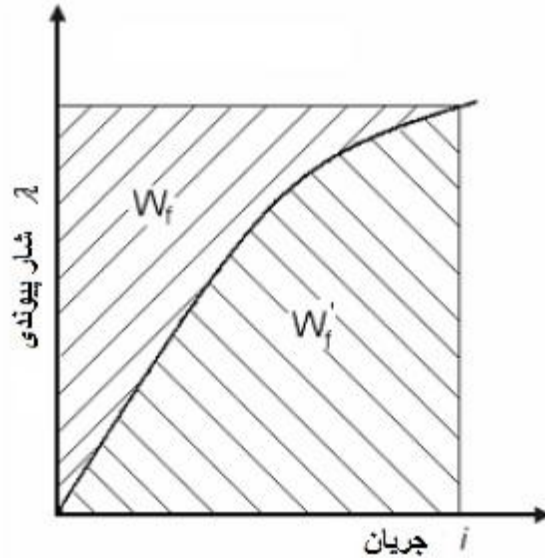
$$W_f = \int \frac{B_g}{\mu_0} dB_g \cdot V_g = \frac{B_g^2}{2\mu_0} \cdot V_g \quad (1-7)$$

از رابطه ی بالا پیداست که انرژی میدان با چگالی شار میدان در فاصله ی هوایی و حجم  $V_g$  نسبت مستقیم دارد. سطح زیر منحنی شکل ۱-۵ به عنوان شبه انرژی  $W_f'$  تعریف می شود. شبه انرژی را می توان به صورت رابطه ی زیر نوشت :

$$W_f' = \int i \lambda di \quad (1-8)$$

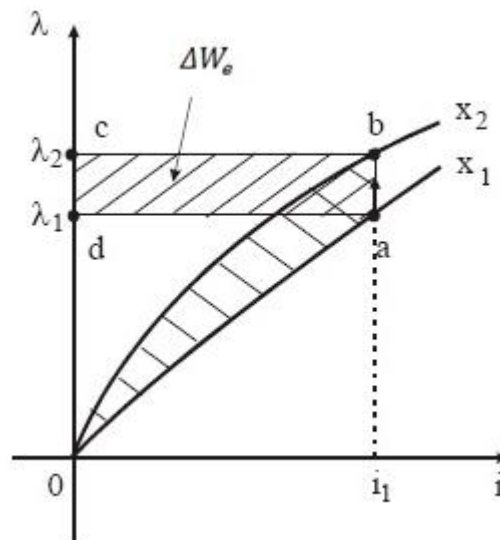
شبه انرژی توجیه فیزیکی ندارد و تنها به تعیین نیروی مغناطیسی کمک می کند.

اگر منحنی  $\lambda - i$  غیرخطی باشد  $W_f' > W_f$  اما اگر منحنی  $\lambda - i$  خطی باشد  $W_f' = W_f$ .



شکل ۱-۵ انرژی میدان  $W_f$  و شبه انرژی  $W'_f$

در سیستم الکترومغناطیسی شکل ۱-۲، اگر قسمت ثانویه به آهستگی حرکت کند جریان  $i = V/R$  در هر دو حالت در حالت ماندگار ثابت خواهد ماند چونکه مقاومت سیم پیچی تغییر نمی کند و ولتاژ نیز ثابت نگه داشته شده است.



شکل ۱-۶ تغییرات انرژی الکتریکی تحت جریان ثابت

با توجه به شکل ۱-۶ نقطه ی کار از نقطه ی  $a$  به سمت  $b$  جابجا می شود. حین جابجایی افزایش انرژی الکتریکی که به سیستم داده می شود برابر است با :

$$\Delta W_e = \int e i dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda = \text{area}(abcd) \quad (1-9)$$

تغییرات انرژی میدان تحت جریان ثابت برابر است با :

$$\Delta W_f = \text{area}(Obc - Oad) \quad (1-10)$$

و تغییرات انرژی مکانیکی برابر است با :

$$\Delta W_m = \Delta W_e - \Delta W_f = \text{area}(abcd) + \text{area}(Oad) - \text{area}(Obc) = \text{area}(Oab) \quad (1-11)$$

که رابطه ی (1-11) معادل کار مکانیکی انجام شده در جابجایی قسمت ثانویه است و در شکل ۶-۱ نشان داده شده است . سطح  $Oab$  برابر تغییرات شبه انرژی است.

$$\Delta W_m = \Delta W'_f \quad (1-12)$$

رابطه ی تغییرات انرژی مکانیکی و نیروی مکانیکی به صورت زیر است :

$$\Delta W_m = f_m dx \quad (1-13)$$

نیروی مکانیکی  $f_m$  که باعث جابجایی می گردد باتوجه به روابط گفته شده برابر است با :

$$f_m = \left. \frac{\partial W'_f(i,x)}{\partial x} \right|_{i=const} \quad (1-14)$$

شار پیوندی در یک سیستم الکترومغناطیسی خطی را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\lambda = L(x, i) i \quad (1-15)$$

با توجه به شبه انرژی میدان از رابطه ی (1-8) و قرار دادن  $\lambda$  از رابطه ی (1-15) در آن شبه انرژی به صورت زیر به دست می آید :

$$W'_f = \int_0^i L(x, i) i di = \frac{1}{2} L(x) i^2 \quad (1-16)$$

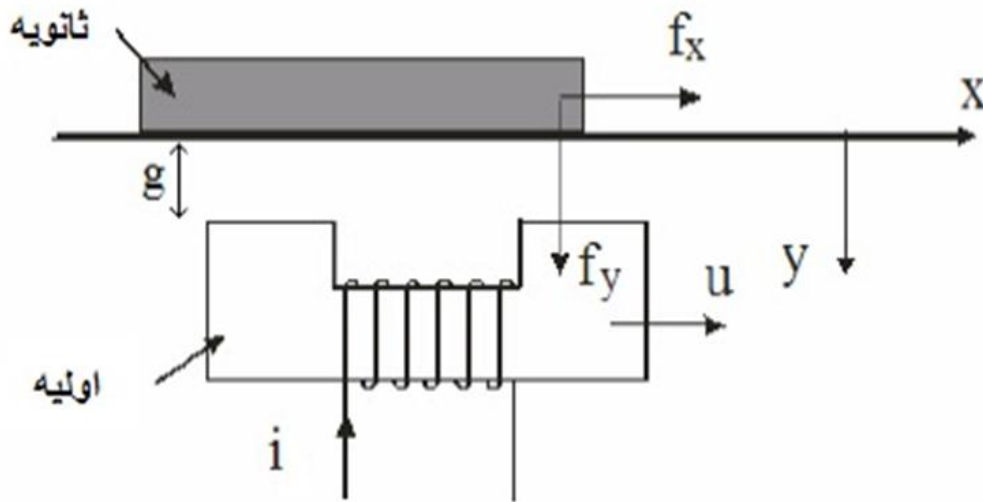
نیروی مکانیکی که به ثانویه اعمال می شود ، با استفاده از روابط (1-14) و (1-16) به صورت زیر به دست می آید :

$$f_m = \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{\gamma} L(x) i^2 \right) = \frac{1}{\gamma} i^2 \frac{dL(x)}{dx} \quad |_{i=const} \quad (1-17)$$

برای یک سیستم خطی انرژی میدان با شبه انرژی برابر است پس :

$$W_f = W_f' = \frac{1}{\gamma} L(x) i^2 \quad (1-18)$$

اگر قسمت اولیه ی یک موتور رلوکتانسی خطی مطابق شکل ۱-۷ باشد، می توان از رابطه ی (۱-۱۷) برای محاسبه ی نیروی خطی  $f_x$  اعمالی به ثانویه استفاده کرد. برای محاسبه ی این نیرو به جریان سیم پیچی اولیه و اندوکتانس  $L(x)$  به صورت تابعی از موقعیت نیاز است.



شکل ۱-۷ نیروهای  $f_x$  و  $f_y$  تولید شده در موتور رلوکتانسی خطی

نیروی دیگری نیز در موتور رلوکتانسی خطی شکل ۱-۷ وجود دارد ، نیروی جذب کننده ی  $f_y$  ، که می توان این نیرو را برحسب چگالی شار مغناطیسی در فاصله ی هوایی  $B_g$  بیان کرد. اگر از شدت میدان مغناطیسی در هسته  $H_c$  صرف نظر شود ( به دلیل نفوذ پذیری مغناطیسی  $\mu_c$  بالا در هسته ) ، در نتیجه برای سیستم الکترومغناطیس شکل ۱-۷ ارتباط بین جریان ، تعداد دور سیم پیچی اولیه و شدت میدان در فاصله ی هوایی در حالت هم راستایی به صورت زیر بیان می شود :

$$Ni = \gamma g H_g = \gamma g \frac{B_g}{\mu_0} \quad (1-19)$$

بنابراین :

$$i = \frac{2g}{N\mu_0} B_g \quad (1-20)$$

اندوکتانس سیم پیچی به مقاومت مغناطیسی مدار مغناطیسی وابسته است و با صرف نظر کردن از مقاومت مغناطیسی هسته برابر است با :

$$L = \frac{N^2 \mu_0 A_g}{2g} \quad (1-21)$$

که  $A_g$  مساحت موثر فاصله ی هوایی است.

از رابطه ی (۱-۱۶) ، (۱-۱۸) و (۱-۲۰) می توان شبه انرژی میدان را به صورت زیر به دست آورد :

$$W_f' = 2g A_g \frac{B_g^2}{2\mu_0} \quad (1-22)$$

رابطه ی بالا را می توان از انرژی میدان نیز به دست آورد. برای مدار مغناطیسی خطی  $W_f' = W_f$  و اگر انرژی ذخیره شده در هسته قابل صرف نظر کردن باشد :

$$W_f' = V_g \frac{B_g^2}{2\mu_0} = 2g A_g \frac{B_g^2}{2\mu_0} \quad (1-23)$$

از روابط (۱-۱۴) و (۱-۲۳) نیروی جذب کننده ی  $f_y$  برابر خواهد شد با :

$$f_y = \frac{\partial}{\partial g} \left( 2g A_g \frac{B_g^2}{2\mu_0} \right) = 2 A_g \frac{B_g^2}{2\mu_0} \quad (1-24)$$

با توجه به این رابطه نیروی جذب کننده به مربع چگالی میدان مغناطیسی در فاصله ی هوایی وابسته است.

### ۳-۱ انواع موتورهای سوئیچ رلوکتانسی و ویژگی های آنها

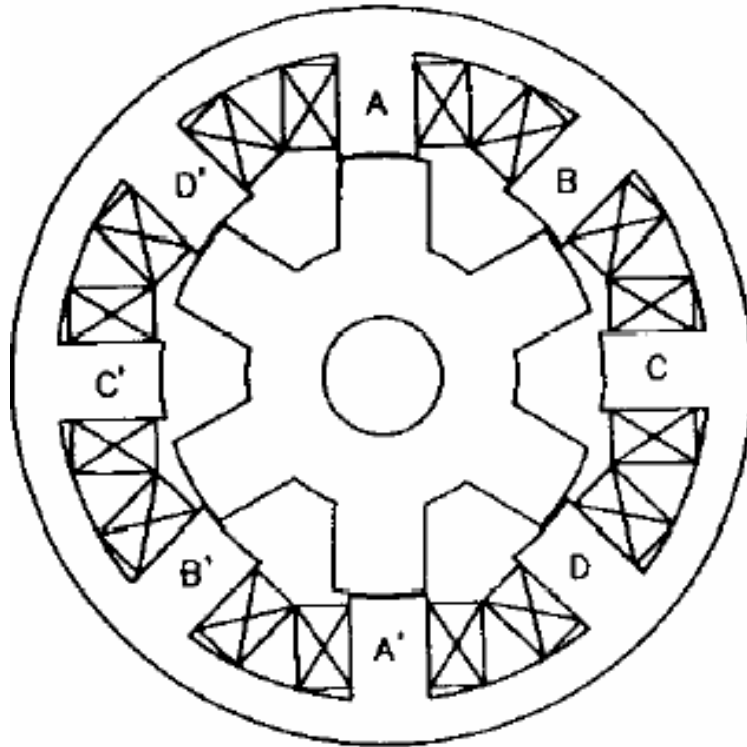
موتورهای سوئیچ رلوکتانسی ممکن است ، باتوجه به نوع حرکت، جهت مسیر شار و مبدل‌های الکترونیک قدرت به کار رفته در آنها دسته بندی شوند. براساس نوع حرکت به دو دسته ی زیر تقسیم بندی می شوند :

#### ۱- موتور سوئیچ رلوکتانسی دوار<sup>۱</sup> (RSRM)

<sup>۱</sup> Rotary Switched Reluctance Motor (RSRM)

۲- موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی (LSRM)

شمای دو بعدی یک موتور سوئیچ رلوکتانسی دوار ۴ فاز در شکل ۸-۱ نشان داده شده است. سیم پیچی بر روی استاتور قرار دارد و هسته ی روتور سیم پیچی ندارد.



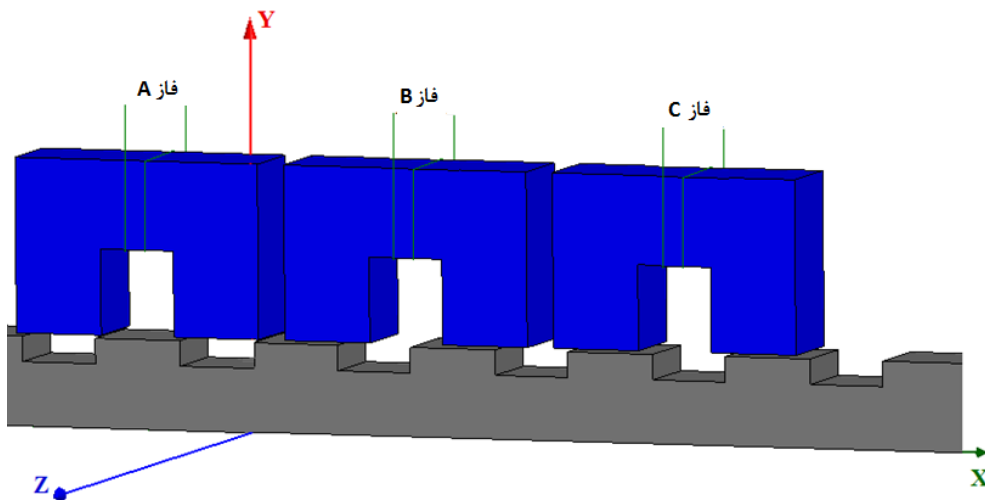
شکل ۸-۱ موتور سوئیچ رلوکتانسی دوار [۲]

بهترین دسته بندی موتور های سوئیچ رلوکتانسی خطی، دسته بندی آنها مطابق با مسیر شار عبوری ناشی از سیم پیچی است. بر این اساس می توان این موتور ها را به دو دسته تقسیم بندی کرد : ۱- موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار طولی<sup>۱</sup> ۲- موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار عرضی<sup>۲</sup> [۴], [۳], [۲]. موتورهای سوئیچ رلوکتانسی خطی سه فاز با شار طولی و عرضی به ترتیب در شکل های ۹-۱ و ۱۰-۱ نشان داده شده اند. مسیر شار در هسته ی اولیه ی موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی با شار طولی و عرضی به ترتیب در راستای حرکت موتور و عمود بر راستای حرکت موتور هستند.

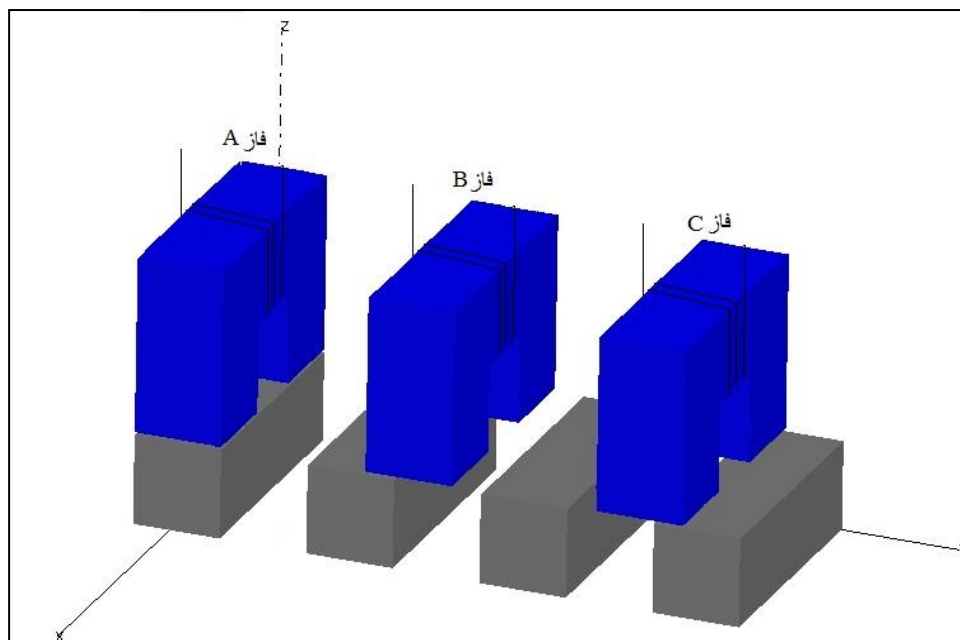
<sup>۱</sup> Longitudinal flux

<sup>۲</sup> Transverse flux





شکل ۹-۱ موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی سه فاز با شار طولی

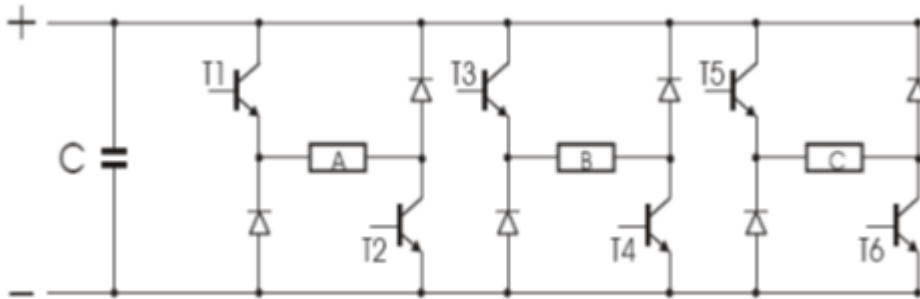


شکل ۱۰-۱ موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی سه فاز با شار عرضی

در تعدادی از تحقیقات صورت گرفته موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی بر اساس طراحی موتورهای سوئیچ رلوکتانسی دوار استخراج شده است و در نتیجه بر مبنای طراحی یک موتور دوار طراحی یک موتور خطی حاصل می شود. بر این اساس اگر RSRM اولیه به صورت  $6/4$  (۶ قطب استاتور و ۴ قطب روتور) باشد در

نتیجه LSRM حاصل نیز به صورت ۶/۴ خواهد بود [۵], [۴]. اما در تحقیقات دیگر LSRM مستقل از ساختار RSRM به صورت سه فاز و چند فاز طراحی می گردد [۶].

LSRM به صورت مستقیم با یک ولتاژ DC یا AC نمی توانند کار کنند، و برای عملکرد مناسب به کلیدزنی با تجهیزات الکترونیک قدرت نیاز دارند. توپولوژی های متفاوتی برای مبدلهای موتورهای سوئیچ رلوکتانسی پیشنهاد شده است [۴], [۳]. شکل ۱-۱۱ مبدل قدرت برای یک موتور سوئیچ رلوکتانسی سه فاز را نشان می دهد. هر فاز با اتصال واحد الکترونیک قدرت متصل به آن فاز به ولتاژ DC متصل می شود و با عبور جریان از هر فاز نیروی محرکه تولید می شود. برای مثال هنگامیکه ترانزیستورهای  $T_1$  و  $T_2$  روشن باشند فاز A جریاندار می شود و در هنگام خاموش بودن این دو ترانزیستور انرژی فاز A از طریق دو دیود متصل به این فاز به منبع تزریق می گردد.



شکل ۱-۱۱ مبدل یک موتورهای سوئیچ رلوکتانسی سه فاز

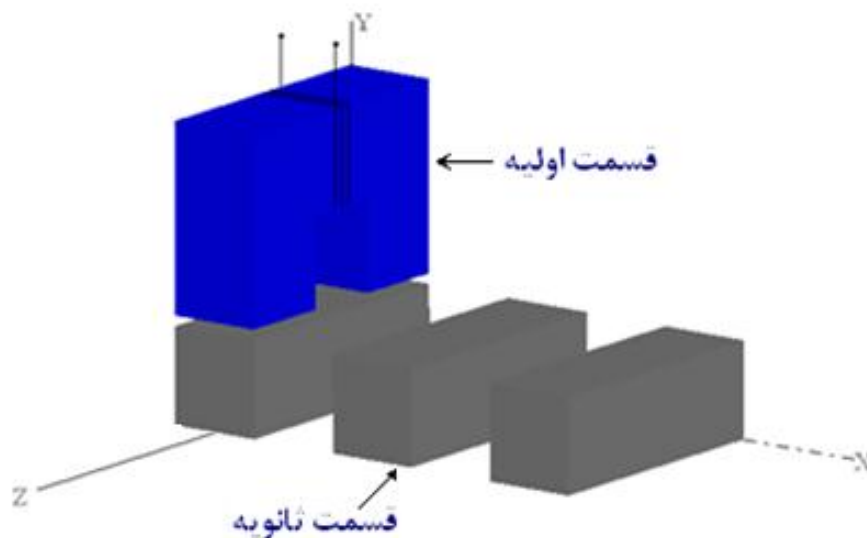
## فصل دوم : ساختار موتور سوئیچ رلوکتانسی خطی بدون مغناطیس دائم و با وجود آن

## ۲-۱ ساختار موتور

ساختارهای متفاوتی را می توان برای موتورهای رلوکتانسی خطی در نظر گرفت. در این پایان نامه این موتور به موتور بدون مغناطیس دائم<sup>۱</sup> و همراه با مغناطیس دائم تقسیم بندی شده است . اساس کار این نوع موتورها به گونه ای است که با تحریک سیم پیچی های قسمت متحرک رلوکتانس فاصله ی هوایی کاهش یابد . به کار گیری مواد مغناطیس دائم در ساختار موتور باعث ایجاد ساختارهای جدیدی می گردد که در ادامه مورد بررسی قرار خواهد گرفت .

### ۲-۱-۱ موتور رلوکتانسی تک فاز بدون مغناطیس دائم

موتور با اولیه ی U شکل در شکل ۲-۱ نشان داده شده است ، و بر اساس این شکل موتور از دو قسمت اولیه و ثانویه تشکیل شده است . قسمت اولیه با سیم پیچی همان قسمت متحرک موتور را دارد.



شکل ۲-۱ موتور رلوکتانسی خطی بدون مغناطیس دائم

عبور جریان از سیم پیچی باعث ایجاد شار در هسته ی اولیه می گردد ، که این شار بر جهت حرکت موتور ( محور X) عمود است. روابط حاکم بر ساختارهای مورد بررسی در این پایان نامه یکسان است و این ساختارها فقط بر نحوه عملکرد موتور تاثیر می گذارند. در آغاز روابط حاکم بر موتور رلوکتانسی خطی بدون مغناطیس

<sup>۱</sup> Permanent Magnet