

۴-۱ هدف آزمایش

در این آزمایش ابتدا راه اندازی موتور القایی رتور سیم پیچی شده سه فاز با استفاده از مقاومت های راه انداز مختلف بررسی و سپس مشخصه گشتاور-سرعت آن رسم می شود.

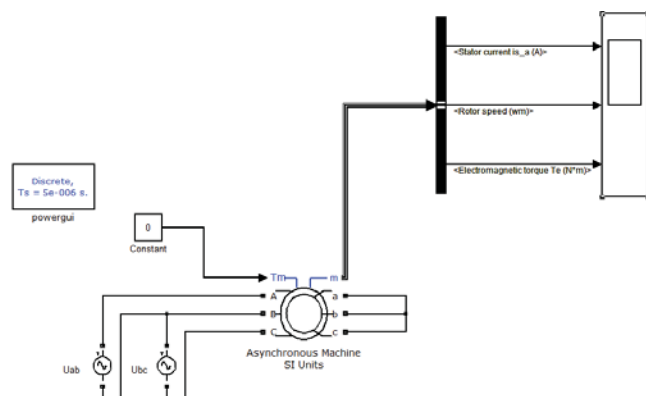
۴-۲ آماده سازی جهت آزمایش

- مشخصه گشتاور-سرعت موتور القایی را رسم کنید و در مورد اثر مقاومت رتور بر آن بحث کنید.
- با استفاده از مدار معادل موتور القایی در مورد دامنه جریان راه اندازی موتور القایی و اثر مقاومت رتور بر آن توضیح دهید.
- رابطه گشتاور حداکثر را در موتور القایی بدست آورید و در مورد اثر مقاومت رتور بر آن توضیح دهید.
- با استفاده از مشخصه گشتاور سرعت، در مورد اثر مقاومت رتور در بازده موتور القایی توضیح دهید (گشتاور بار را ثابت فرض نمایید).
- تغییر سرعت در یک موتور القایی با رتور سیم پیچی شده چگونه صورت می گیرد؟
- بخش شبیه سازی را انجام دهید و نتایج آن را همراه پیش گزارش تحویل نمایید.

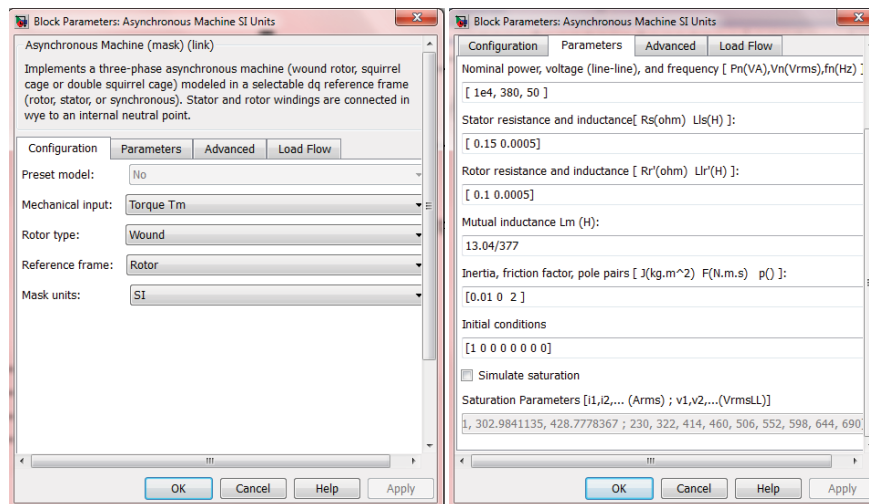
۴-۳ شبیه سازی

۴-۳-۱ راه اندازی موتور بدون مقاومت رتور

برای شبیه سازی این قسمت مدل زیر را در فایل Simulink ایجاد و پارامترهای ماشین القایی را به صورت نشان داده شده تنظیم نمایید. روش حل را در بلوک PowerGUI از نوع Discrete با زمان نمونه برداری 5e-6، و در قسمت Configuration Parameter از منوی Tool، نوع حل مساله را Discrete تعیین کنید.

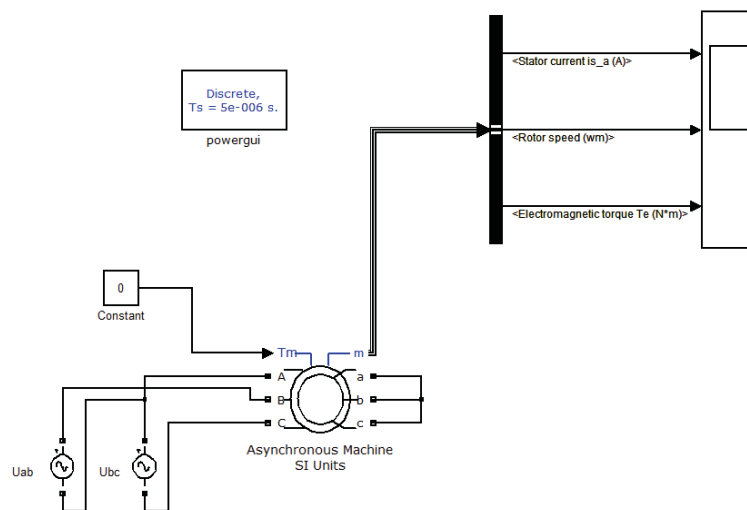


شکل ۱: مدل سیستم شبیه سازی راه اندازی موتور القایی رتور سیم پیچی شده



شکل ۲: پارامترهای ماشین القایی

- با استفاده از Help موتور، روابط به کار رفته برای مدل سازی موتور را بنویسید.
- رتور را به صورت نشان داده شده در شکل اتصال کوتاه نموده و با گشتاور صفر، فایل را اجرا کرده و شکل موج جریان را مشاهده و رسم نمایید.
- مطابق شکل ۳، جای دوفاز را عوض کنید و جهت سرعت رتور را مشاهده نمایید.

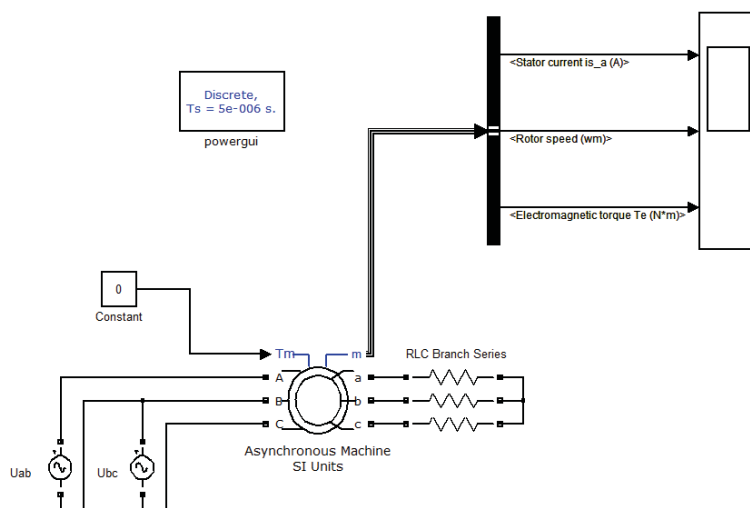


شکل ۳: تعویض فازها برای تغییر جهت چرخش موتور القایی

۴-۳-۲ راه اندازی موتور با مقاومت رتور

در این قسمت به سیم پیچی های رتور همانند شکل ۴، مقاومت راه اندازی را به صورت اتصال ستاره اضافه نمایید. برای اضافه نمودن مقاومت می توانید از کتابخانه

SimPowerSystems/Elements/Series RLC Branch استفاده نموده و در قسمت تنظیم پارامترهای این المان، نوع آن را مقاومت انتخاب نمایید. جریان و زمان راه اندازی را برای پله های مقاومتی ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ اهم با نتایج به دست آمده در حالت قبل مقایسه نمایید.



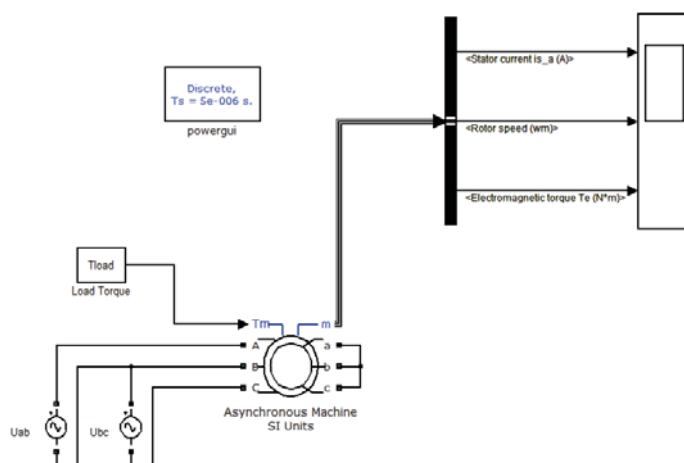
شکل ۴: اضافه کردن مقاومت راه اندازی برای موتور القایی رتور سیم پیچی شده

۴-۳-۳ بررسی مشخصه گشتاور-سرعت

از قسمت Configuration در مشخصات ماشین القایی، Mechanical Input را از Torque T_m به Speed W تغییر دهید. برای شبیه سازی این قسمت سرعت موتور را که به عنوان ورودی تعیین شده است؛ برای پله های مقاومتی ۰/۰۵، ۰/۱ و ۰/۲ اهم، از $1500 \times 2\pi/60$ تا $3000 \times 2\pi/60$ تغییر داده و در هر مرحله گشتاور حالت ماندگار ماشین و جریان استاتور را مشخص نمایید. نمودار گشتاور بر حسب سرعت و همچنین جریان استاتور بر حسب سرعت را در نواحی کاری مختلف رسم کنید. توجه داشته باشید در این قسمت با نزدیک شدن سرعت ماشین به صفر، گشتاور حالت گذرا نوسانی است و برای مشاهده گشتاور حالت پایدار باید زمان شبیه سازی را بیشتر کرد.

۴-۳-۴ تأثیر گشتاور بار بر سرعت موتور

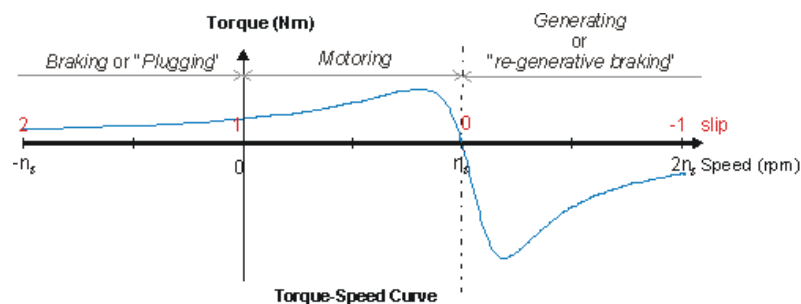
برای شبیه سازی این قسمت، مدل زیر را در فایل Simulink ایجاد نمایید. سپس شبیه سازی را برای گشتاورهای ورودی صفر، ۳۰ و ۶۰ نیوتن-متر اجرا کنید و مقادیر سرعت و جریان استاتور را مشخص نمایید. برای حالتی که سیم پیچی های رتور به مقاومت ۰/۰۵ و ۰/۲ اهمی متصل هستند نیز شبیه سازی را تکرار کنید و تأثیر افزایش مقاومت رتور را بر سرعت و جریان استاتور مشاهده و بررسی نمایید.



شکل ۵: تأثیر گشتاور بار روی سرعت موتور

۴-۴ تئوری آزمایش

موتور القایی با رتور سیمپیچی شده علاوه بر سه سیمپیچ استاتور دارای سیمپیچ سه فاز در رتور می‌باشد. سه سر این سیمپیچی با استفاده از حلقه لغزان و جاروبک همراه پایانه‌های استاتور در دسترس می‌باشد. در هنگام راهاندازی به منظور محدود کردن جریان راهاندازی مقاومتی با سیمپیچی رتور سری می‌شود. پس از راهاندازی موتور به منظور کاهش تلفات این مقاومت از مدار خارج می‌شود. برای تحلیل اثر مقاومت رتور بر مشخصه موتور القایی در مدار معادل موتور، اتصال سری این مقاومت با مقاومت رتور در نظر گرفته می‌شود. با تغییر این مقاومت به دلیل متفاوت شدن امپدانس مدار معادل مقادیر گشتاور، سرعت، جریان راهاندازی و ... تغییر می‌کند. برای تعیین گشتاور در لغزش‌های مختلف باید توان عبوری از فاصله هوایی را بر سرعت زاویه‌ای سنکرون تقسیم نماییم. در این صورت مشخصه گشتاور - سرعت موتور القایی به صورت شکل ۶ خواهد بود. در این شکل، نواحی کار موتوری، ژنراتوری و ترمزی مشخص شده‌اند. اگر گشتاوری به محور ماشین القایی اعمال شود که سرعت آن بیشتر از سرعت سنکرون شود، ماشین القایی در مد ژنراتوری کار می‌کند. برای سرعت‌های کمتر از صفر (دور معکوس)، ماشین القایی در مد ترمزی کار خواهد کرد.



شکل ۶: منحنی گشتاور-سرعت موتور القایی

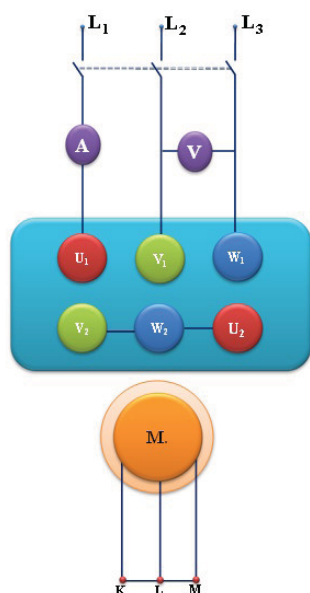
۵-۴ انجام آزمایش

پارامترهای نامی ماشین را مشاهده کرده و در جدول زیر یادداشت کنید.

توان نامی	ولتاژ نامی	جریان نامی	سرعت نامی	ضریب توان	فرکانس

۴-۵-۱ اندازه گیری مشخصات راه اندازی در حالت اتصال کوتاه بودن رتور

مدار آزمایش را مطابق شکل ۷ ببندید. توجه کنید که آمپر متر در فاز اول و ولت متر بین فازهای دوم و سوم وصل شود تا توان سه فاز و ضریب توان توسط کنترلر سرو درست اندازه گیری شود. ضمناً جهت چرخش موتور بهتر است؛ به صورت ساعتگرد (جهت مثبت سرو موتور) باشد. سیم پیچی استاتور به صورت ستاره سربندی شده و رتور نیز اتصال کوتاه شده است.



شکل ۷: مدار مربوط به راه اندازی موتور القایی با رتور اتصال کوتاه شده

در این حالت موتور را در گشتاور صفر راه اندازی نمایید و شکل موج جریان راه اندازی را مشاهده نمایید. برای این منظور سرو را در مد PC راه اندازی کنید و در حالت Manual، کنترلر گشتاور را انتخاب کنید و عدد صفر را وارد نمایید. نمودار جریان بر حسب زمان را باز کنید (از قسمت New

۱- در غیر اینصورت مطابق قسمت ۴-۵-۲، جهت چرخش را تغییر دهید.

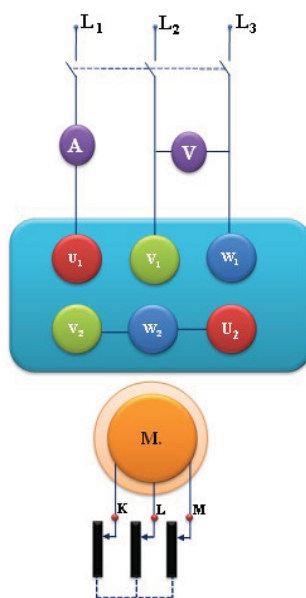
graph)، کلید Continuous را فشار دهید و به محض اینکه علامت ضربدر روی گراف زمان صفر را نشان داد، موتور را روشن کنید.

۴-۵-۲ تغییر جهت چرخش موتور

جای دو تا از فازهای استاتور را عوض کنید. موتور را روشن کرده و تغییر جهت چرخش موتور را مشاهده کنید. سپس دوباره ترتیب فازها را مرتب نمایید تا موتور به صورت راست‌گرد بچرخد.

۴-۵-۳ راهاندازی موتور با وجود مقاومت در رتور

مدار آزمایش را مطابق شکل ۸ ببندید (به محل قرار گرفتن آمپرتر و ولت‌متر توجه کنید و جهت چرخش موتور بعد از راهاندازی باید به صورت راست‌گرد باشد). مقاومت رتور را در وضعیت ۱ و ۳ و ۶ (مقاومت صفر) قرار دهید و با راهاندازی موتور در هر حالت تاثیر افزایش مقاومت رتور بر جریان و زمان راهاندازی را مشاهده نموده و توضیح دهید.



شکل ۸: مدار مربوط به راهاندازی موتور القایی با تغییر مقاومت رتور (اتصالات خط‌چین وصل شده است)

۴-۵-۴ تاثیر مقاومت رتور بر مشخصه گشتاور – سرعت موتور القایی

در مدار قسمت قبل برای حالتی که مقاومت رتور در وضعیت ۱، ۳، و ۶ (مقاومت صفر) است؛ سرعت سرو را بین ۱۵۰۰ تا ۵۰- دور در دقیقه تغییر داده، (در زمان ۳۵ ثانیه) نمودار گشتاور، جریان، بازده و ضریب توان را بر حسب تغییرات سرعت مشاهده و ثبت نمایید.

۴-۵-۵ تاثیر گشتاور بار بر سرعت موتور القایی

مدار را مطابق شکل ۹، ببندید. در قسمت control options گشتاور را مطابق جدول زیر بین صفر تا ۲ نیوتن-متر تغییر داده، مقادیر سرعت، جریان استاتور، ضریب توان، توان‌های ورودی و خروجی و بازده را در جدول ثبت نمایید.

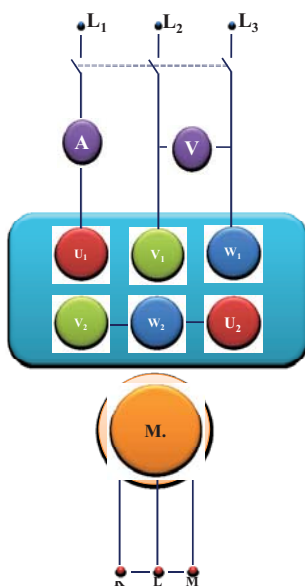
رتور	اتصال کوتاه (بدون مقاومت راهانداز)				
T(N.m)	0	0.5	1	1.5	2
N(rpm)					
$I_{st}(a)$					
$\cos\phi$					
$P_{in}(W)$					
$P_{out}(W)$					
η (%)					

سپس، سه سر سیم‌پیچی رتور را به مقاومت راهاندازی متصل نمایید. مراحل فوق را برای مقاومت‌های یک و سه انجام داده، تاثیر افزایش مقاومت رتور را بر مقادیر مشاهده شده بررسی کنید.

رتور	مقاومت راهاندازی در پله یک				
T(N.m)	0	0.5	1	1.5	2
N(rpm)					
$I_{st}(a)$					
$\cos\phi$					
$P_{in}(W)$					
$P_{out}(W)$					
η (%)					

رتور	مقاومت راهاندازی در پله سه				
T(N.m)	0	0.5	1	1.5	2
N(rpm)					
$I_{st}(a)$					
$\cos\phi$					
$P_{in}(W)$					
$P_{out}(W)$					
η (%)					

سپس موتور را خاموش نمایید. گشتاور سرو را در مقدار ۳ نیوتن متر قرار دهید. توجه کنید که این مقدار بیشتر از گشتاور نامی موتور است لذا آزمایش را در حداقل زمان ممکن انجام دهید. برای حالتی که سیم پیچ رتور اتصال کوتاه است؛ موتور را راه اندازی کنید. سپس برای مقاومت راه-اندازی ۱ و ۳ این کار را تکرار نمایید. مشاهده خود را با توجه به منحنی های گشتاور سرعت بدست آمده در بخش قبل تحلیل نمایید.



شکل ۹: مدار مربوط به بخش ۴-۵-۵

۴-۶ پرسش و محاسبه

- ۱- با توجه به نتایج آزمایش، تاثیر تغییر مقاومت رتور را بر جریان و زمان راه اندازی موتور القایی بیان نموده، سپس در مورد علت آن بحث کنید.
- ۲- تاثیر تغییر مقاومت رتور بر سرعت حالت کار دائم چگونه است؟ چرا؟
- ۳- با توجه به پاسخ سؤال ۲، فکر می کنید که سرعت موتورهای القایی رتور سیم پیچی شده را چگونه می توان با مقاومت رتور کنترل کرد؟ عیب این روش چیست؟
- ۴- با مقایسه منحنی های گشتاور- سرعت موتور القایی به ازای مقاومت های مختلف رتور چه کمیتی در سه منحنی ثابت می ماند؟ چرا؟