فهرست مطالب

1)مقدمه----------1

2)شبیه سازی و مراحل آن----------1

3)جمع بندی و نتیجه گیری----------9

فهرست اشکال

شکل-1: مدار شبیه سازی شده در نرم افزار متلب قسمت سیمولینک----------3

شکل-2: تنظیمات مربوط به bus selector----------3

شکل-3: سایر پارامترهای موتور القایی----------4

شکل-4: منبع ولتاژ ورودی ترانسفورماتور----------5

شکل-5: سرعت و گشتاور موتور----------5

شکل-6: جریان استاتور ----------6

شکل-7: نحوه اعمال تغیر جهت حرکت در موتور القایی سه فاز----------7

شکل-8: نتایج پس از تغیر جهت حرکت----------7

1)مقدمه

موتورهای القایی سه‌فاز به دلیل ساختار ساده، هزینه پایین، قابلیت اطمینان بالا و نیاز کم به تعمیرات، یکی از پرکاربردترین ماشین‌های الکتریکی در صنایع مختلف به‌شمار می‌روند. یکی از موضوعات مهم در بهره‌برداری از این موتورها، امکان کنترل و تغییر جهت حرکت آن‌ها است که در بسیاری از کاربردهای صنعتی مانند نوار نقاله‌ها، آسانسورها، جرثقیل‌ها و تجهیزات دوار مورد نیاز است. جهت چرخش موتور القایی وابسته به جهت میدان مغناطیسی دوار ایجادشده توسط سیم‌پیچ‌های استاتور بوده و با تغییر ترتیب اتصال فازهای منبع تغذیه سه‌فاز می‌توان جهت حرکت موتور را معکوس کرد. در این گزارش، عملکرد یک موتور القایی سه‌فاز در محیط شبیه‌سازی متلب/سیمولینک مدل‌سازی شده و تأثیر تغییر توالی فازهای تغذیه بر رفتار دینامیکی موتور مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این راستا، تغییرات سرعت روتور، گشتاور الکترومغناطیسی و جریان‌های استاتور و روتور قبل و بعد از تغییر جهت حرکت تحلیل شده تا صحت عملکرد روش اعمال‌شده برای معکوس کردن جهت چرخش موتور بررسی گردد.

2)شبیه سازی و مراحل آن

در مرحله نخست، به‌منظور پیاده‌سازی مدل شبیه‌سازی موتور القایی سه‌فاز در محیط سیمولینک نرم‌افزار متلب، بلوک‌های موردنیاز از کتابخانه‌های مربوطه انتخاب و در محیط شبیه‌سازی قرار داده شدند.

هر یک از این بلوک‌ها به‌منظور ایجاد منبع تغذیه سه‌فاز، مدل‌سازی ماشین القایی، استخراج و نمایش متغیرهای الکتریکی و مکانیکی و همچنین پردازش سیگنال‌های خروجی مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

پس از انتخاب بلوک‌ها، مطابق با ساختار استاندارد مدل‌سازی موتور القایی سه‌فاز، اتصالات الکتریکی و کنترلی بین بلوک‌ها مطابق شکل (۱) انجام شد. برای تأمین ولتاژ سه‌فاز ورودی موتور، یک منبع ۳ فاز به یک ترانس ۳ فاز متصل شده است که خروجی این منابع به ترتیب به ترمینال‌های ورودی استاتور بلوک **Asynchronous Machine SI Units** متصل گردید.

پارامتر های موتور را با توجه به دیتاشیت وارد شده است.

$ns = 120 \times f / p$

$1500 = 120 \times 50 / p$

$p = 4$

pole pairs = 2

برای محسابه گشتاور ورودی موتور:

Pmech = 4.0 kW

nr = 1430 RPM

$\omega = (2\pi \times 1430) / 60$

$T = P / \omega = 4000 / 149.7 = 26.72$

در صنعت، موتورها معمولاً با ۵۰ تا ۸۰ درصد بار نامی کار می‌کند (پنجاه درصد بار نامی) $13.36 \approx 13$

در ادامه، به‌منظور دسترسی به کمیت‌های اندازه‌گیری‌شده داخلی موتور، خروجی اندازه‌گیری بلوک **Asynchronous Machine SI Units** که با حرف **m** مشخص شده است، به بلوک **Bus Selector** متصل گردید. این بلوک امکان انتخاب و استخراج متغیرهای موردنظر مانند سرعت روتور، جریان‌ها و گشتاور الکترومغناطیسی را از مجموعه سیگنال‌های اندازه‌گیری‌شده فراهم می‌کند. تنظیمات مربوط به بلوک **Bus Selector** در شکل (۲) ارائه شده است.

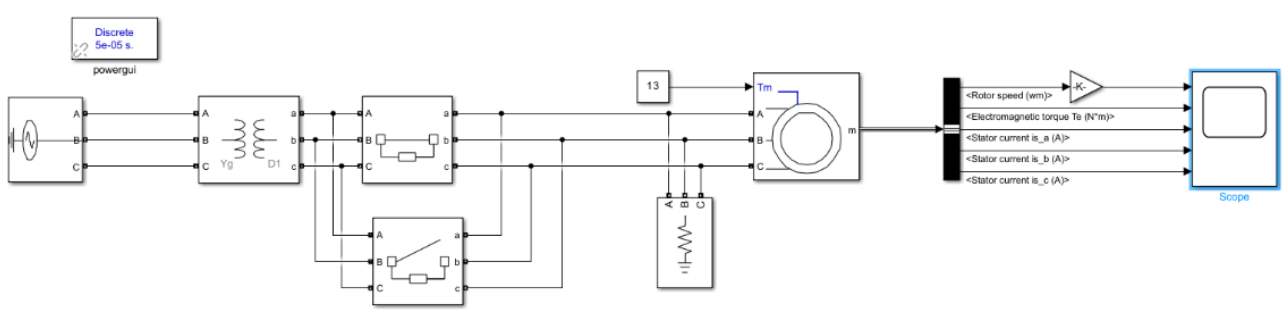
برای نمایش سرعت مکانیکی روتور، سیگنال سرعت استخراج‌شده از بلوک **Bus Selector** ابتدا به بلوک **Gain** منتقل گردید. مقدار بهره این بلوک برابر با:

$$\frac{60}{2 * pi}$$

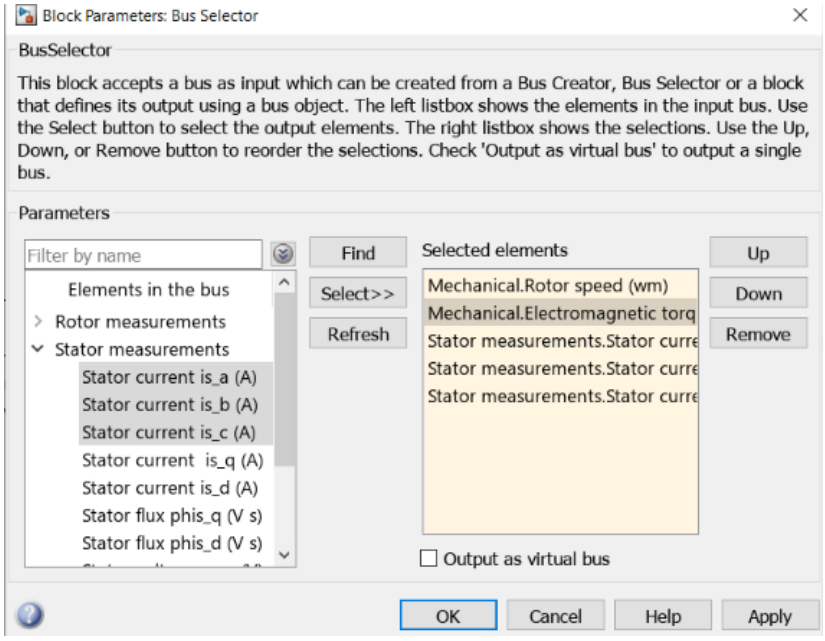
تنظیم شد تا سرعت زاویه‌ای روتور بر حسب رادیان بر ثانیه به سرعت دورانی بر حسب دور بر دقیقه تبدیل شود. سپس خروجی بلوک **Gain** به بلوک **Scope** ارسال گردید تا تغییرات سرعت موتور در طول زمان شبیه‌سازی قابل مشاهده و تحلیل باشد.

برای تغییر فاز ها از دو **Three-Phase Breake** استفاده شده است که بریکر اولی در حالت اول به مدت **0.5** ثانیه بسته خواهد بود و فاز ها با توالی درست به موتور وصل میشوند ، بعد از راه اندازی موتور بریکر اول بسته میشود و به کمک بریکر دوم دو فاز **B** و **C** با یکدیگر جابجا میشوند (در ثانیه **0.5**).

در نهایت، پس از تکمیل اتصالات و تنظیم پارامترهای اولیه، مدل آماده اجرای شبیه‌سازی و بررسی عملکرد موتور القایی سه‌فاز در شرایط تغییر جهت حرکت گردید.



شکل-1: مدار شبیه سازی شده در نرم افزار متلب قسمت سیمولینک

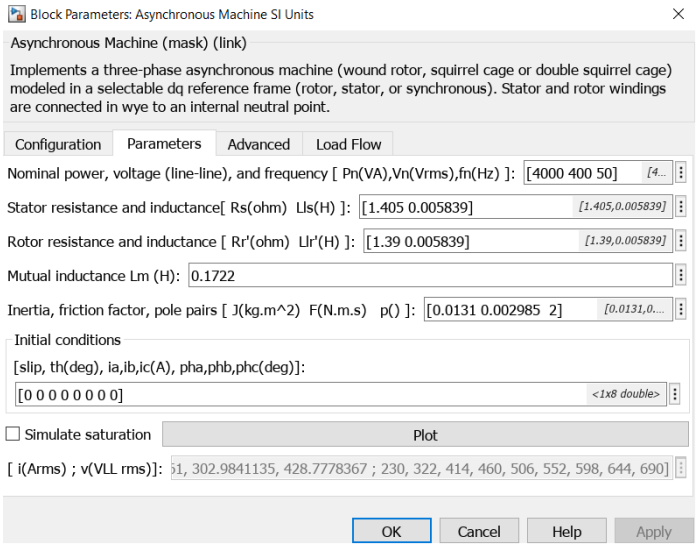


شکل-2: تنظیمات مربوط به bus selector

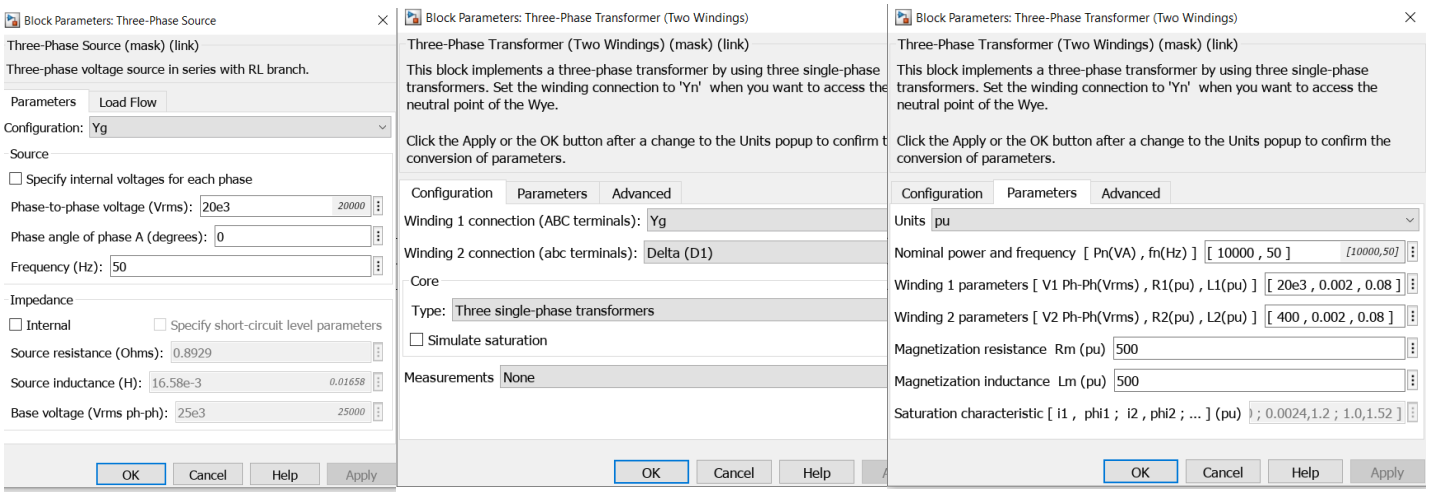
در مرحله تنظیم مشخصات موتور القایی، در بلوک**Asynchronous Machine SI Units** ، نوع روتور بر روی گزینه **Squirrel Cage**قرار داده شد. انتخاب این نوع روتور به دلیل استفاده گسترده از موتورهای القایی قفس سنجابی در کاربردهای صنعتی و همچنین سادگی ساختار و قابلیت اطمینان بالای آن‌ها انجام شده است. پس از تعیین نوع روتور، سایر پارامترهای الکتریکی و مکانیکی موتور شامل توان نامی، ولتاژ، فرکانس، پارامترهای مدار معادل، ممان اینرسی و ضریب اصطکاک مطابق مشخصات موردنظر وارد بلوک موتور گردید که تنظیمات مربوطه در شکل (۳) ارائه شده است.

همان‌طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، تغذیه موتور القایی توسط یک منبع ولتاژ متناوب مستقل انجام می‌شود. به‌منظور ایجاد یک سیستم تغذیه سه‌فاز متعادل، منابع ولتاژ به یک ترانس ۳ فاز متصل شده که پارامترهای تنظیم‌شده مربوط به منبع و ترانس در شکل (۴) نشان داده شده است.

در نهایت، زمان کل اجرای شبیه‌سازی برابر با ۱ ثانیه در نظر گرفته شد تا امکان مشاهده رفتار گذرای موتور، رسیدن به حالت پایدار، تغییرات سرعت روتور و همچنین بررسی عملکرد موتور در شرایط تغییر جهت حرکت فراهم شود.(در نیم ثانیه اول موتور راه اندازی شده و به حالت پایدار در چرخش راستگرد میرسد و در نیم ثانیه بعدی تغییر جهت میدهد و به حالت پایدار در چرخش چپگرد میرسد)

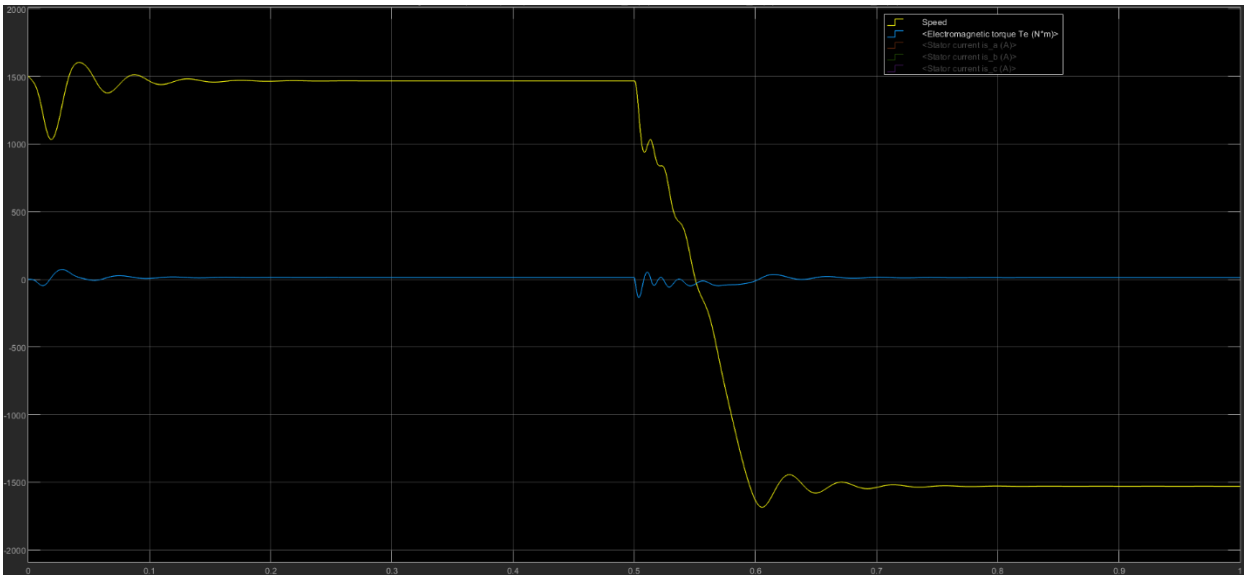


شکل-3: سایر پارامترهای موتور القایی

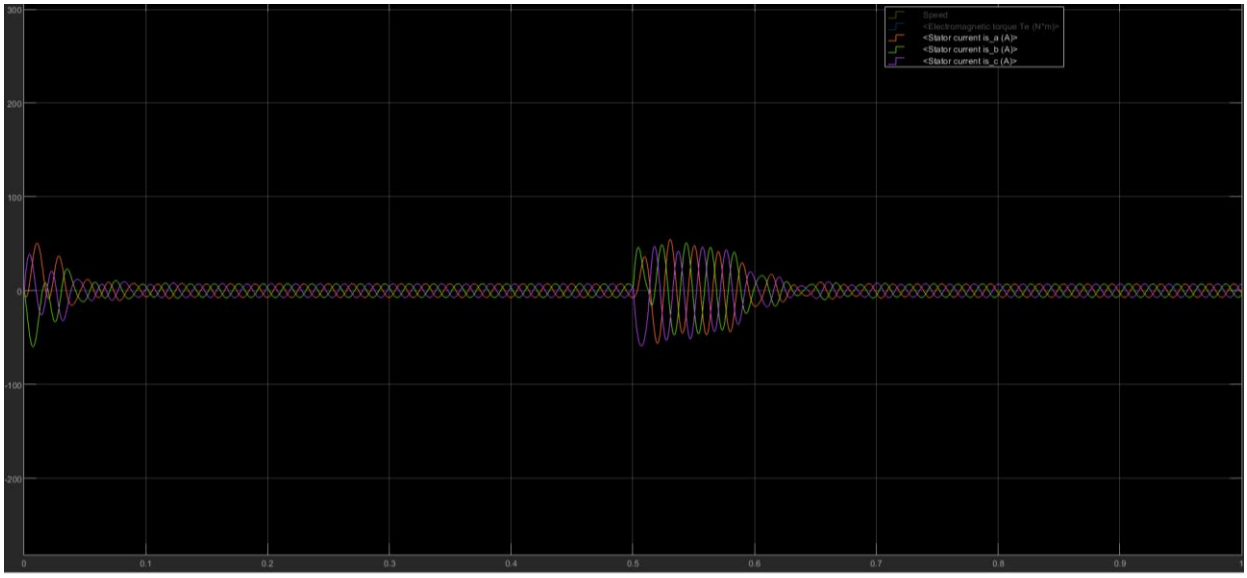


شکل-4: منبع ولتاژ ورودی و ترانسفومر

سپس شبیه سازی اجرا می‌گردد:



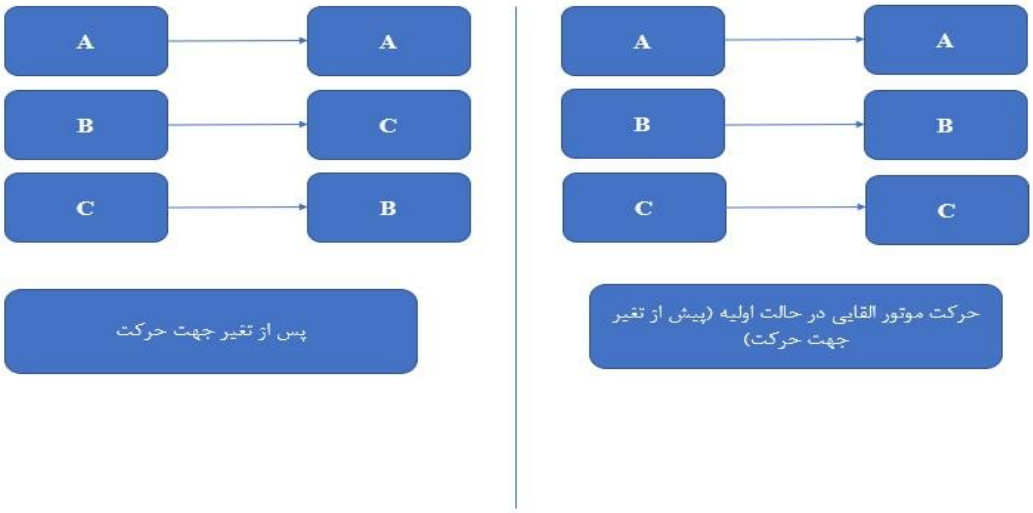
شکل-5: سرعت و گشتاور موتور



شکل-6: جریان استاتور

پس از انجام شبیه‌سازی و اجرای مدل موتور القایی سه‌فاز، نتایج حاصل از عملکرد دینامیکی موتور استخراج و بررسی گردید. در شکل (۵)، تغییرات سرعت مکانیکی روتور و گشتاور الکترومغناطیسی موتور در طول زمان شبیه‌سازی نشان داده شده است. این نمودارها امکان بررسی رفتار گذرای موتور در لحظه راه‌اندازی، روند افزایش سرعت تا رسیدن به مقدار پایدار و تغییرات گشتاور ایجادشده در فرآیند عملکرد موتور را فراهم می‌کنند. همچنین در شکل (۶)، جریان‌های استاتور موتور القایی ارائه شده است که به‌منظور بررسی رفتار الکتریکی ماشین، میزان جریان راه‌اندازی، تغییرات جریان‌ها در حالت گذرا و نحوه رسیدن سیستم به شرایط پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرد.

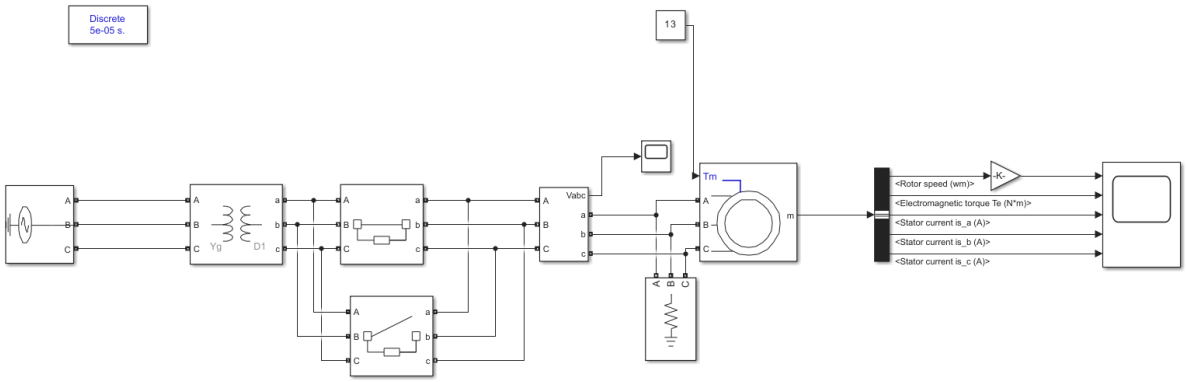
جهت تغییر حرکت موتور القایی جای سیم پیچی منابع ولتاژ تغیر می‌یابد. این موضوع نیز در شکل(7) نشان داده شده است.



شکل-7: نحوه اعمال تغیر جهت حرکت در موتور القایی سه فاز

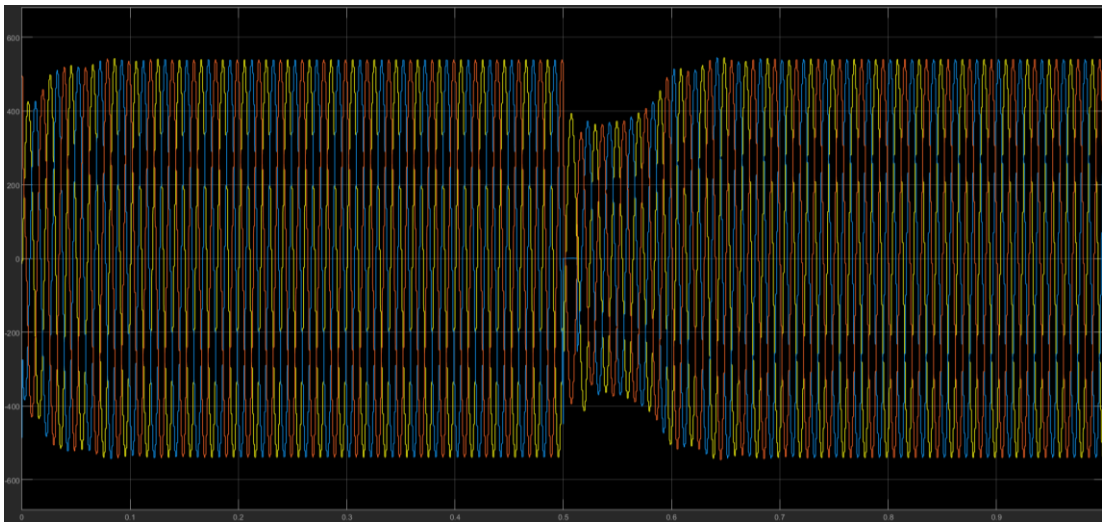
با توجه به هدف اصلی شبیه‌سازی، یعنی بررسی تغییر جهت حرکت موتور القایی سه‌فاز، انتظار می‌رود پس از تغییر توالی فازهای منبع تغذیه، جهت میدان مغناطیسی دوار استاتور معکوس شده و در نتیجه جهت حرکت روتور نیز تغییر کند. مطابق نتایج به‌دست‌آمده از شبیه‌سازی، این تغییر جهت به‌درستی در رفتار موتور مشاهده شده است؛ به‌گونه‌ای که پس از اعمال تغییر در توالی فازها، سرعت روتور کاهش یافته، از مقدار صفر عبور کرده و در جهت مخالف به مقدار پایدار جدیدی می‌رسد. همچنین گشتاور الکترومغناطیسی موتور نیز هم‌جهت با تغییر جهت حرکت، علامت خود را تغییر داده است که نشان‌دهنده معکوس شدن جهت انتقال توان مکانیکی در موتور است

برای اندازه گیری ولتاژ استاتور از Three-Phase V-I Measurement استفاده شده که به صورت زیر قرار میگیرند:



شکل-8:مدار برای اندازه گیری ولتاژ

خروجی ولتاژ استاتور:



شکل-9: ولتاژ استاتور

3)جمع بندی و نتیجه گیری

در شبیه‌سازی انجام‌شده، تغییر جهت چرخش موتور القایی با جابجایی دو فاز ورودی، تأثیرات قابل‌توجهی بر عملکرد سیستم داشته است. در لحظه تعویض فازها، سرعت موتور که پیش از آن در حالت پایدار و در جهت مثبت بود، به‌سرعت کاهش یافته و با عبور از صفر، در جهت مخالف شروع به افزایش می‌کند و مجدداً به پایداری می‌رسد که نشان‌دهنده پاسخ سریع موتور به تغییر ترتیب فازهاست. هم‌زمان با این تغییر، جریان کشیده‌شده از شبکه و همچنین جریان عبوری از ترانسفورماتور و سیم‌پیچ‌های استاتور، به‌طور ناگهانی و چشمگیری افزایش می‌یابد که ناشی از اختلاف ناگهانی بین میدان دوار جدید و سرعت مکانیکی روتور است. این جریان هجومی اگرچه میراشونده است، اما می‌تواند تنش‌های حرارتی و مکانیکی قابل‌توجهی به تجهیزات وارد کند. از سوی دیگر، ولتاژ دو سر موتور در همان لحظه، به دلیل افزایش جریان و افت ولتاژ روی امپدانس ترانس، دچار یک کاهش لحظه‌ای می‌شود که نشان‌دهنده تأثیر پدیده‌های گذرا بر کیفیت تغذیه سایر تجهیزات متصل به شبکه است. همچنین گشتاور الکترومغناطیسی موتور در لحظه تغییر جهت، با نوسانات شدیدی همراه می‌شود و از حالت مثبت به منفی تغییر علامت می‌دهد که این نوسانات می‌توانند چندین برابر گشتاور نامی بوده و تنش‌های مکانیکی زیادی به شفت و کوپلینگ وارد آورند. در مجموع، این روش که از ساده‌ترین راه‌کارهای تغییر جهت موتورهای القایی محسوب می‌شود، با وجود مزیت اقتصادی و کنترلی، نیازمند مدیریت دقیق پدیده‌های گذرا، استفاده از کلیدهای مناسب، طراحی حفاظت‌های جریان و ولتاژ و در صورت لزوم به‌کارگیری راه‌اندازهای نرم یا درایوهای فرکانس‌متغیر است تا ضمن حفظ ایمنی تجهیزات، عملکردی پایدار و مطمئن در کاربردهای صنعتی با نیاز به چرخش دوطرفه فراهم شود.