www.takbook.com

آموزش PSCAD

آموزش مقدماتی تا پیشرفته نرم افزار شبیه سازی PSCAD

مجتبی اسماعیلی

محسن کجوری

www.takbook.com

نرم افزار
«PSCAD»
یک برنامه شبیه ساز در
زمینه اهداف مختلف برای سیستم
های قدرت فازی و شبکه های کنترلی می
باشد. در واقع این نرم افزار به منظور مطالعه سیستم
های قدرت گذرا طراحی شده است. در این نرم افزار
می توان مدارهای در حال تحلیل را به صورت شماتیکی طراحی
و شبیه سازی کرده و پاسخ ها را مورد آنالیز قرار داد. PSCAD به کاربر
توانایی طراحی مدار، اجرای شبیه سازی، تحلیل نتایج و مدیریت داده ها را در یک
محیط گرافیکی کاملاً جامع می دهد. این نرم افزار دارای یک کتابخانه از مدل های پیش
برنامه ریزی و تست شده بوده که شامل المان های پسیو ساده، کنترلرها و مدل های پیچیده
شامل ماشین های الکتریکی، ادوات FACTS ، خطوط انتقال، کابل ها و ... می باشد .
در این کتاب آموزش با روش مثال محور در نظر گرفته شده است که می تواند با صرف کمترین
زمان توسط کاربران عزیز، بالا ترین تسلط به نرم افزار و قابلیت های آن حاصل شود. مثال ها به گونه ای
انتخاب شده اند که علاوه بر آموزش، کاربردهای مختلف شبیه سازی در موضوعات ذکر شده را نیز نمایان
خواهد کرد.

www.takbook.com

بسم الله الرحمن الرحیم

آموزش مقدماتی تا پیشرفته

نرم‌افزار pscad

مولفان:
مجتبی اسماعیلی / محسن کجوری

۱۳۹۸

www.takbook.com

سرشناسه		اسماعیلی، مجتبی[مهندس برق]، ۱۳۶۹ -
عنوان و نام پدیدآور		آموزش مقدماتی تا پیشرفته نرم‌افزار/pscad مجتبی اسماعیلی، محسن کجوری
مشخصات نشر	:	تهران: نخبه‌سازان، ۱۳۹۸.
مشخصات ظاهری	:	۲۳۲ ص.: مصور.
شابک	:	978-964-5938-60-2
وضعیت فهرست‌نویسی	:	فیپا
موضوع	:	پی. اس. کد
موضوع	:	PSCAD (Computer software)
موضوع	:	برق -- سیستم‌ها -- شبیه‌سازی کامپیوتری
موضوع	:	Electric power systems-- Computer simulation
موضوع		برق -- سیستم‌ها -- طراحی به کمک کامپیوتر
موضوع	:	Electric power systems -- Computer-aided design
شناسه افزوده	:	کجوری، محسن، ۱۳۶۹-
رده‌بندی کنگره	:	TK ۱۵۴۱ / الف ۵ آ ۸ ۱۳۹۸
رده‌بندی دیویی	:	۶۲۱/۴۵
شماره کتابشناسی ملی	:	۵۶۴۵۰۷۶

آموزش مقدماتی تا پیشرفته نرم‌افزار pscad

مجتبی اسماعیلی / محسن کجوری

چاپ اول

تابستان ۱۳۹۸

۳۷۰۰۰ تومان

لیتوگرافی نقش سبز

چاپ ترانه

صحافی تیرگان

۵۰۰ نسخه

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۵۹۳۸-۶۰-۲

نشانی انتشارات: خیابان جمهوری - خیابان دانشگاه شمالی - کوچه بهار - پلاک ۳ - واحد ۵

تلفن: ۶۶۹۶۲۸۰۲ فکس: ۶۶۴۹۳۱۸۵

www.takbook.com

تقدیم به ساحت مقدس امام مهدی (عج الله تعالی فرجه الشریف)

سلامتی و تعجیل در فرج حضرت ولیعصر ارواحنا له الفداء صلوات

www.takbook.com

مقدمه مولف

نرم‌افزار PSCAD (Power Systems Computer Aided Design) یک برنامه شبیه‌ساز در زمینه اهداف مختلف، برای سیستم‌های قدرت فازی و شبکه‌های کنترلی می‌باشد. در واقع این نرم‌افزار به منظور مطالعه سیستم‌های قدرت گذرا طراحی شده است. در این نرم‌افزار می‌توان مدارهای مورد نظر برای تحلیل را به صورت شماتیکی طراحی و شبیه‌سازی کرده و پاسخ‌های آن را مورد آنالیز قرار داد. PSCAD به کاربر توانایی طراحی مدار، اجرای شبیه‌سازی، تحلیل نتایج و مدیریت داده‌ها را در یک محیط گرافیکی کاملاً جامع خواهد داد. این نرم‌افزار دارای یک کتابخانه از مدل‌های پیش برنامه‌ریزی و تست شده بوده که شامل المان‌های پسیو ساده، کنترلرها و مدل های پیچیده شامل ماشین‌های الکتریکی، ادوات FACTS، خطوط انتقال، کابل ها و ... می‌باشد.

مدل‌های موجود در نرم‌افزار PSCAD:

- ✓ ترانسفورماتورها
- ✓ ماشین‌های مختلف (سنکرون، آسنکرون، DC)
- ✓ درایوها و بلوک‌های کنترلی
- ✓ توربین‌های مختلف (بادی، آبی، بخاری)
- ✓ انواع خطاها، رله‌ها و کلیدها

www.takbook.com

- ✓ کابل‌ها و خطوط انتقال
- ✓ ادوات الکترونیک قدرت (دیودها، تریستورها، GTO، IGBT)
- ✓ ادوات FACTS (SVC، HVAC)

حوزه‌های مطالعاتی و تحقیقاتی مورد استفاده درنرم‌افزار PSCAD:

- ✓ شبکه‌های توزیع برق
- ✓ سیستم‌های الکترونیک قدرت و درایو
- ✓ بارهای صنعتی غیرخطی بزرگ
- ✓ کابل‌ها و خطوط انتقال
- ✓ شبیه‌سازی ماشین‌ها، موتورهای یک کارخانه و ترانسفورماتورها
- ✓ خطاها و رله‌های حفاظتی موجود در شبکه
- ✓ مطالعات حالات گذرا
- ✓ طراحی قسمت حفاظتی پست
- ✓ اصابت صاعقه، خرابی‌ها و شکست در عملیات

در این کتاب قسمت‌های مختلف نرم‌افزار PSCAD از طریق حل مثال‌های متنوع در قالب فصل‌های مختلف آموزش داده شده است. روند انتخاب مثال‌ها به ترتیب از آسان به دشوار بوده و در فصل‌های ابتدایی توضیحات کامل‌تری، برای آموزش نکات اولیه جهت انجام شبیه‌سازی ارائه شده است که در فصل‌های بعدی از تکرار آموزش‌های مطرح شده

www.takbook.com

خودداری می‌شود. جهت یادگیری کامل کتاب پیشنهاد می‌شود مطالعه کتاب از ابتدا شروع شود و پس از تسلط بر روی هر فصل، مطالعه فصل‌های بعدی آغاز گردد.

در پایان خداوند متعال را از لطف، احســـان و نعماتی که به این حقیر عنایت فرموده و توفیق نوشتن این اثر را به بنده حقیر مرحمت نموده‌اند، بی‌نهایت شکر گذارم.

از زحمات برادران بزرگوارم، آقایان عبدالحسین حویزه و سعید نصیری زرندی تقدیر و تشکر فراوان دارم.

مجتبی اسماعیلی

m.esmaeili.ee@gmail.com

پاییز ۱۳۹۷

www.takbook.com

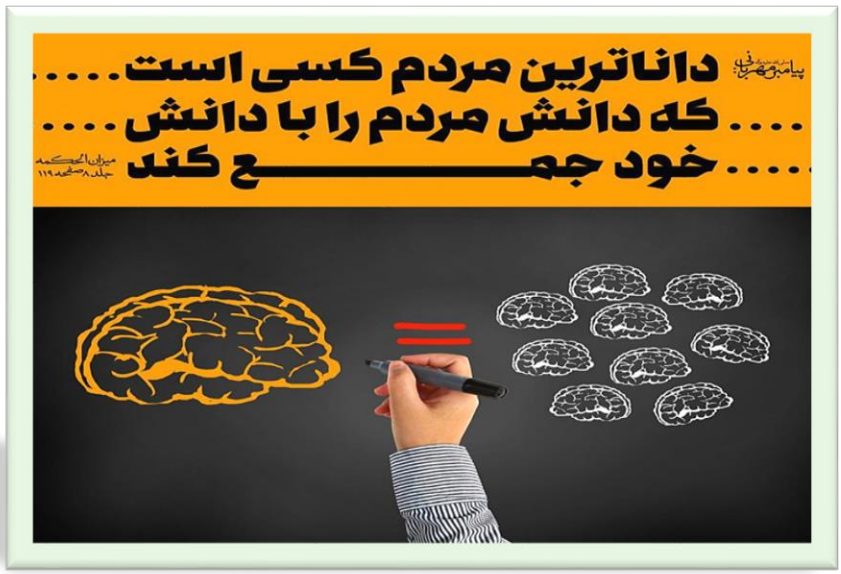
فهرست

فصل ۱ " محیط نرم‌افزار" ۱
فصل ۲ " شبیه‌سازی یک مدار RL سری" ۱۳
فصل ۳ " شبیه‌سازی توان و ولتاژ بارهای خروجی" ۳۳
فصل ۴ " شبیه‌سازی Breaker " ۴۹
فصل ۵ " شبیه‌سازی خط انتقال سه‌فاز" ۵۹
فصل ۶ " شبیه‌سازی یکسوساز نیم‌موج و تمام‌موج مدار تک‌فاز و سه‌فاز " ۷۳
فصل ۷ " شبیه‌سازی یکسوساز تریستوری" ۸۱
فصل ۸ " شبیه‌سازی شبکه درون شهری" ۹۱
فصل ۹ " شبیه‌سازی فیلتر اکتیو سه‌فاز" ۱۰۵
فصل ۱۰ " شبیه‌سازی عملکرد GTO " ۱۱۷
فصل ۱۱ " شبیه‌سازی جبرانساز استاتیک ۶ پالسی" ۱۲۳
فصل ۱۲ " جبرانساز توان راکتیو " ۱۳۳
فصل ۱۳ " شبیه‌سازی مدار راه انداز ماشین DC " ۱۵۳
فصل ۱۴ " بررسی و اندازه¬گیری پارامترهای موتور DC " ۱۶۷
فصل ۱۵ " شبیه‌سازی کندانسور سنکرون " ۱۷۷
فصل ۱۶ " شبیه‌سازی عملکرد دیزل ژنراتور " ۱۹۵
فصل ۱۷ " شبیه‌سازی ماشین سنکرون مغناطیس دائم" ۲۱۱
فصل ۱۸ " شبیه‌سازی موتور القایی " ۲۳۳
فصل ۱۹ " شبیه‌سازی مدار هارمونیک " ۲۳۷
فصل ۲۰ " شبیه‌سازی رزونانس زیرسنکرون برای یک موتور سنکرون " ۲۵۱
"مراجع" ۲۶۳

www.takbook.com

تقدیم به پیامبر خوبی‌ها حضرت محمد (صلی الله علیه و آله وسلم):

تا نام تو برده می شود، چراغ‌های صلوات، در جان لحظه ها فروزان می‌شوند، تا فضیلتی از تو گفته می شود، دل‌ها از بوی گل محمدی زنده می‌شوند. یاد نویدبخش تو، درب‌های صبح را به رویِ ما می‌گشاید. قرآن تو، نزدیک‌ترین راه رهایی است و نهج الفصاحه‌ات، پاک‌ترین مبحث بندگی. قرآن، معجزه‌ای است که از دست‌های روشن تو به ما رسید و مرهمی شد بر داغ‌های همه روزه بشریت. نهج الفصاحه، سرزمین پهناور دوستی است، زمزمه‌های بهاری گنجشکان بر درخت است که روبه‌روی لحظات خستگی انسان، قد می‌کشد. دنیا، شاداب و جوان می‌ماند اگر سطری از اندرزهای تو را به کار بندد، همچنان‌که منبر و مسجد و مأذنه از ذکر و نام تو فعال مانده‌اند. یا رسول اللّه (صلی الله علیه و آله وسلم) ، تو را نشناخته‌ایم و فقط می‌دانیم که نامت بر همه کائنات ترجیح دارد. چگونه می‌توان شعاع دایره خوبی‌هایت را ترسیم کرد؟ «مدینه» با آن عظمتش، هیچ‌گاه ادعا نمی‌کند که تو را شناخته است...



www.takbook.com

فصل اول

محیط نرم‌افزار

۱- محیط PSCAD

شکل (۱.۱) محیط نرم‌افزار PSCAD را نشان می‌دهد که شامل بخش‌های زیر می‌باشد.

۱- سربرگ اصلی (Main Toolbar)

۲- پالت الکتریکی (Electrical Palette)

۳- پالت کنترلی (Control Palette)

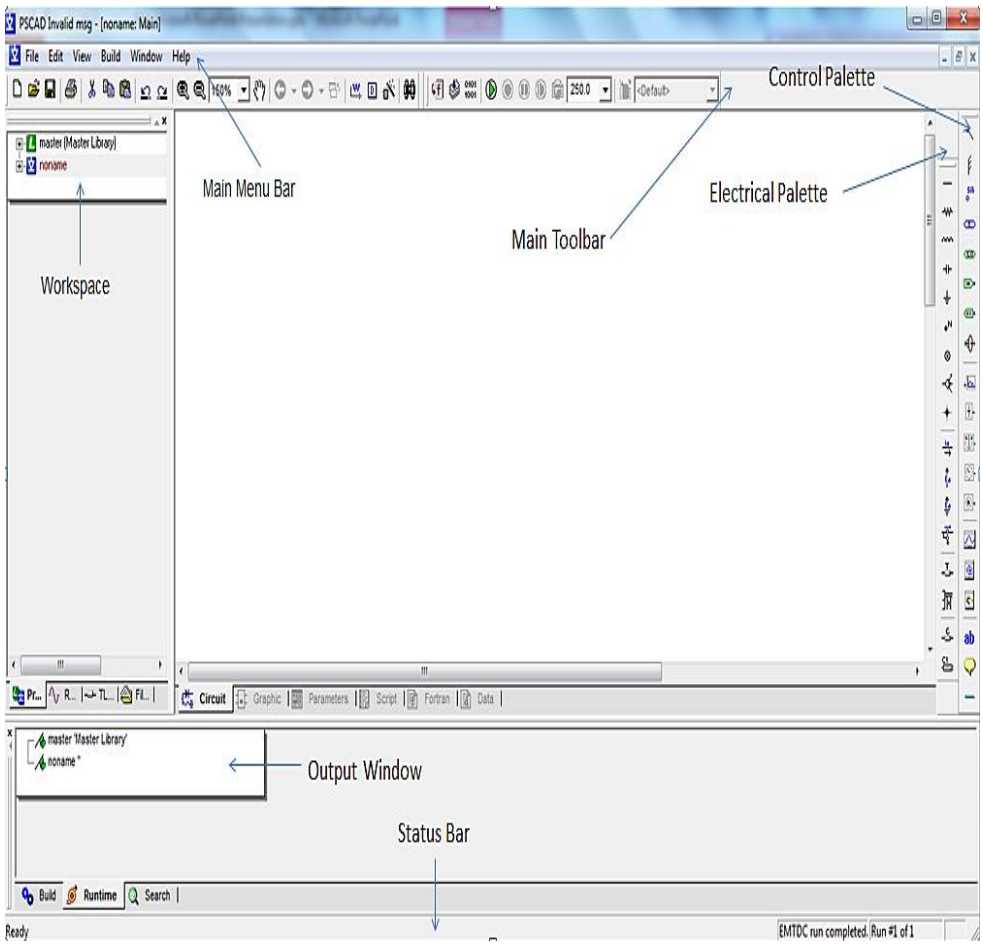
www.takbook.com

۴- نوار انتخاب (Tab)

۵- فضای کاری (Workspace)

۶- پنجره خروجی (Output Window)

۷- نوار وضعیت (Status Bar)



(شکل ۱.۱): محیط PSCAD

www.takbook.com

۱-۲- سربرگ اصلی (Main Toolbar)

تو ضیحات مربوط به عملکرد هر یک از المان‌های سربرگ ا صلی در ق سمت زیر بیان شده است.

ساخت پروژه جدید

فراخوانی پروژه‌های موجود

ذخیره کردن تغییرات در پروژه فعال

چاپ شبیه‌سازی

بریدن قسمت انتخاب شده

کپی قسمت انتخاب شده

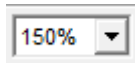
چسباندن بخش کپی شده

برگشت به عقب

انجام مجدد

بزرگ کردن

کوچک کردن

 تنظیم بزرگ نمایی

جابجایی صفحه با ماوس

برگشت به عقب (در کتابخانه)

برگشت به جلو (در کتابخانه)

برگشت به صفحه اصلی کتابخانه

www.takbook.com

اتصال سیم

ایجاد یک مدل فرضی

ساخت یک بلوک جدید

جستجو

کامپایل کردن

کامپایل تمام مدل‌ها

ساخت فایل پروژه

اجرای شبیه‌سازی

قطع شبیه‌سازی

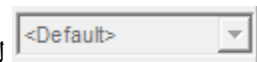
توقف شبیه‌سازی

اجرای پله ای شبیه‌سازی

گرفتن عکس

تغییر در پله‌های زمانی منحنی‌ها

فهرست تنظیم‌ها

 لیست الگوهای تنظیم

۱–۳– پالت الکتریکی (Electrical Palette)

 افزودن سیم

افزودن مقاومت

www.takbook.com

افزودن سلف

افزودن خازن

افزودن زمین

افزودن گره

افزودن گره خارجی

تبدیل سه‌فاز به تک‌فاز و برعکس

افزودن پین

آمپرمتر

ولت‌متر

ولت‌متر نسبت به زمین

مولتی متر

افزودن تنظیمات خط انتقال

افزودن خط انتقال

افزودن تنظیمات کابل

افزودن کابل

۱–۴– پالت کنترلی (Control Palette)

افزودن انتخاب‌گر اطلاعات

افزودن ادغام‌گر اطلاعات

www.takbook.com

افزودن برچسب اطلاعات

افزودن عدد صحیح ثابت

افزودن عدد حقیقی ثابت

افزودن ورودی اطلاعات

افزودن خروجی اطلاعات

ارتباط رادیو

افزودن کانال خروجی

افزودن لغزنده

افزودن کلید

افزودن صفحه شماره گیر

افزودن دکمه فشاری

افزودن قاب منحنی ها

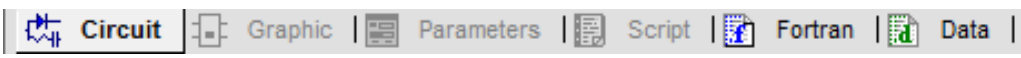
افزودن قاب منحنی‌های دو متغیره

افزودن قاب کنترلی

افزودن متن

افزودن برچسب

۱–۵– نوار انتخاب (Tab)



(شکل ۲.۱): نوار انتخاب (Tab)

www.takbook.com

Circuit : صفحه مربوط به طراحی مدار

Graphic : صفحه مربوط به طراحی گرافیکی بلوک‌ها

Parameters : صفحه مربوط به تنظیم پارامترهای ورودی

Script : مربوط به زبان برنامه نویسی

Fortran : کد فرترن نهایی پروژه

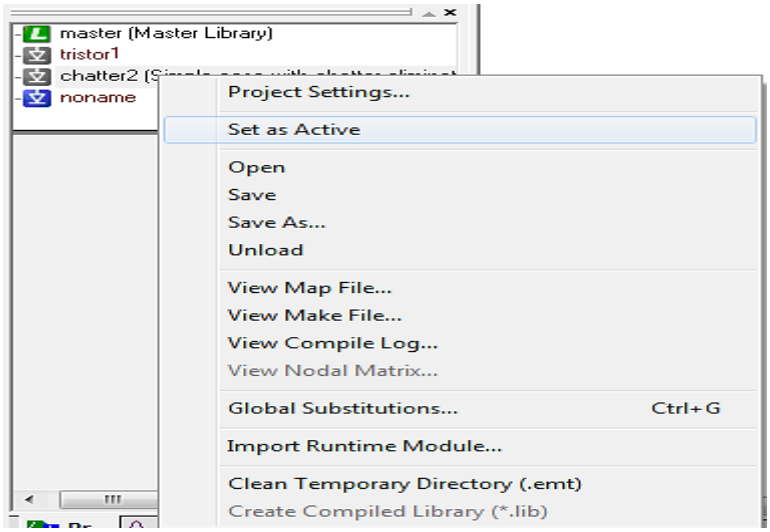
Data : صفحه اصلی اطلاعات

۱–۶– فضای کاری (Workspace)

این فضا شامل کتابخانه و پروژه‌های بارگذاری شده می‌باشد. اولین پنجره این قسمت کتابخانه می‌باشد که با دابل کلیک کردن روی آن فهرست اصلی نمایان می‌شود و می‌توان قطعات دلخواه را کپی کرده و به صفحه پروژه انتقال داد. پروژه‌ها به تعداد دلخواه می‌توانند در فضای کاری بارگذاری شود اما فقط یک پروژه می‌تواند اجرا و شبیه‌سازی شود که در اصطلاح به آن پروژه فعال گفته می‌شود و دارای رنگ آبی می‌باشد و پروژه‌های غیر فعال نیز دارای رنگ خاکستری می‌باشد. برای اینکه بتوانید هرپروژه غیر فعال را فعال کنید کافی

www.takbook.com

است روی آن کلیک راست کرده و گزینه Set as Active را کلیک کنید که در اینصورت پروژه فعال و آماده اجرا می‌شود.



(شکل ۳.۱): فعال کردن پروژه

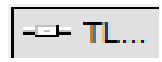
در انتهای قسمت Workspace چهار زبانه انتخاب دیده می‌شود.

(شکل ۴.۱): فضای کاری (Workspace)

فهرست پروژه‌ها و کتابخانه را نمایش می‌دهد.

قسمت‌های مختلف پروژه وقتی که روی آن کلیک شود، همراه با علامت نمایش داده می‌شود.

www.takbook.com

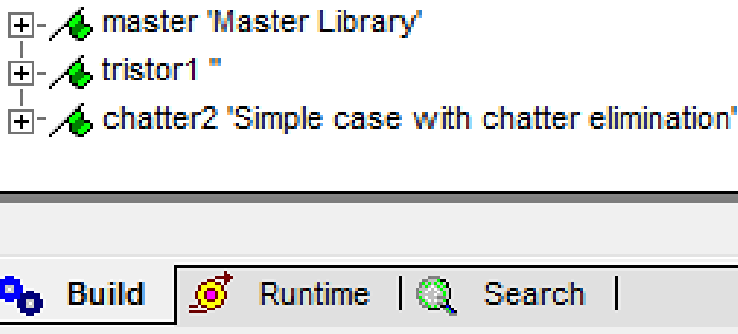


پروژه‌های فعال را نمایش می‌دهد.

کدهای پروژه فعال را نمایش می‌دهد.

۱-۷- پنجره خروجی (Output Window)

در این پنجره پیام‌هایی نمایش داده می‌شود که نشان‌دهنده اجرای صحیح پروژه یا اجرای همراه با خطای پروژه می‌باشد. این پیام‌ها در دو بخش ساخت (Build) و زمان اجرا (RunTime) تقسیم می‌شود و قسمت سوم نیز برای جستجو نتایج آن می‌باشد.

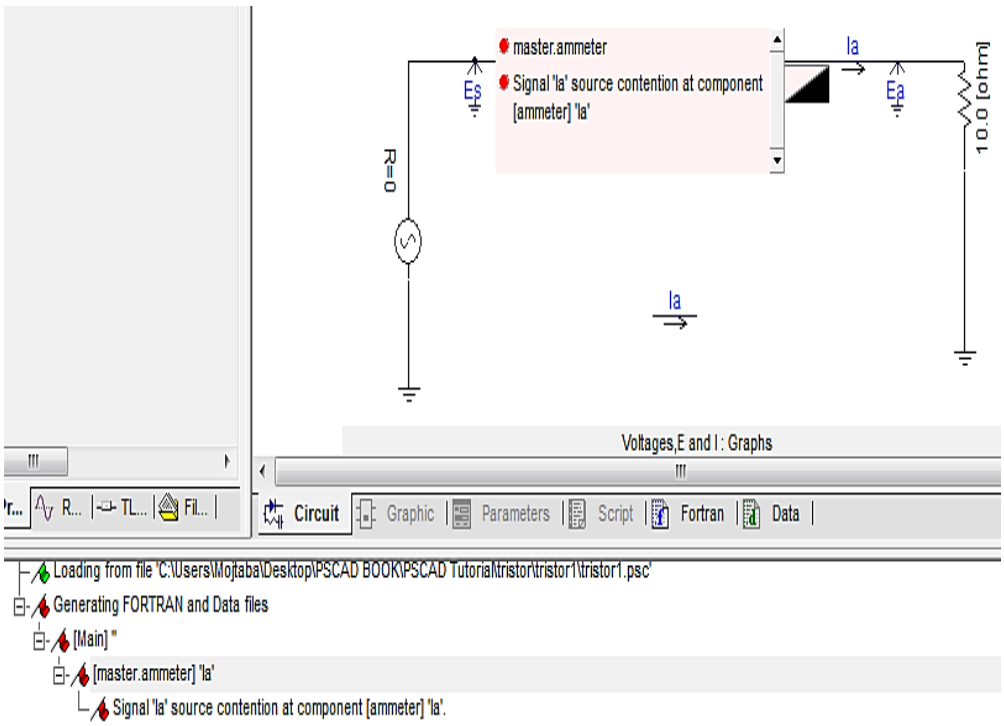


(شکل ۵.۱): پنجره خروجی (Output Window)

در این پنجره هر پیام همراه با پرچم نمایش داده می‌شود که رنگ هر پرچم نشان‌دهنده نوع آن خطا می‌باشد. پرچم سبز نشانه صحیح بودن، پرچم زرد نشانه اخطار و پرچم قرمز

www.takbook.com

نشانه خطا می‌باشد. وقتی پرچم سبز باشد شبیه‌سازی اجرا شده و نتایج بدست آمده کاملا دقیق است. وقتی پرچم زرد باشد به معنی اخطار است که ساخت و اجرای شبیه‌سازی را دچار اختلال نمی‌کند و شبیه‌سازی اجرا می‌شود اما می‌تواند نتایج شبیه‌سازی را دچار اختلال کند. وقتی پرچم قرمز باشد اجرای شبیه‌سازی قطع می‌شود که باید محل خطا مشخص شده و عیب یابی صورت بگیرد. برای پیدا کردن خطا باید ابتدا علامت + کنار خطا را کلیک کنید که تمام زیر شاخه های خطا نمایان می‌شود و سپس روی گزینه خطا دابل کلیک کنید، با این کار علت خطا در صفحه نمایش داده می‌شود.



(شکل ۶.۱): پنجره خروجی (Output Window)

www.takbook.com

همان‌طور که در شکل بالا مشخص است یک آمپرمتر اضافی در فضای مدار قرار گرفته است که موجب خطا در ساخت مدار شده و با دابل کلیک کردن روی زیر شاخه خطا، علت خطا در صفحه نشان داده شده است.

۱–۸– نوار وضعیت (Status Bar)

وضعیت نرم‌افزار را در حالت آماده به کار، غیر آماده برای کار و درحال اجرای شبیه‌سازی نشان می‌دهد.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل دوم

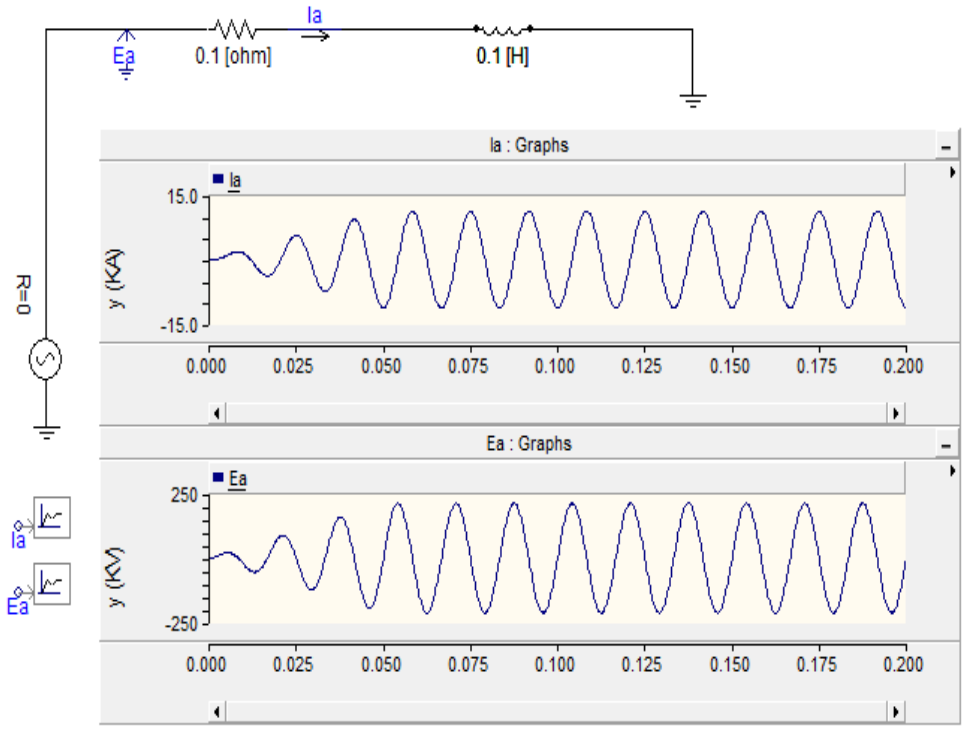
شبیه‌سازی یک مدار RL سری

۲– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی یک مدار RL سری انجام خواهد گرفت و شکل موج‌های جریان سری و ولتاژ موازی در حالت گذرا و ماندگار بدست خواهد آمد.

www.takbook.com

۲–۱– طرح مدار

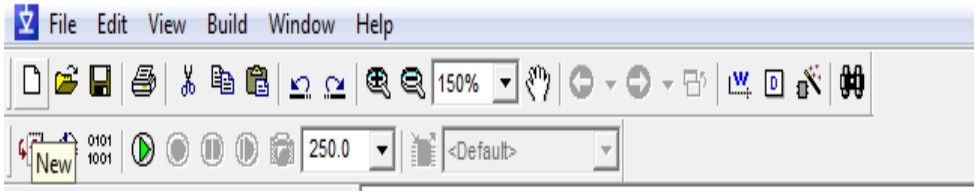


(شکل ۱.۲): طرح مدار

۲–۲– اجرای شبیه‌سازی

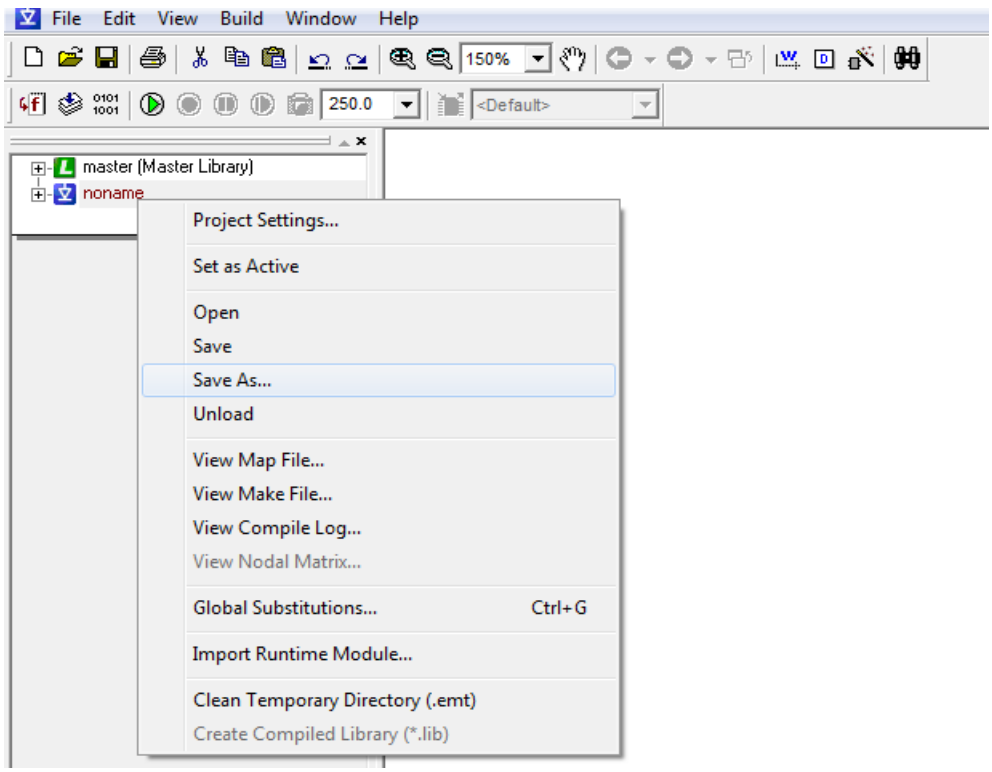
برای شروع مثال از قسمت Main Toolbar گزینه New را انتخاب کنید که صفحه جدیدی ایجاد می‌شود.

www.takbook.com



(شکل ۲.۲): گزینه New

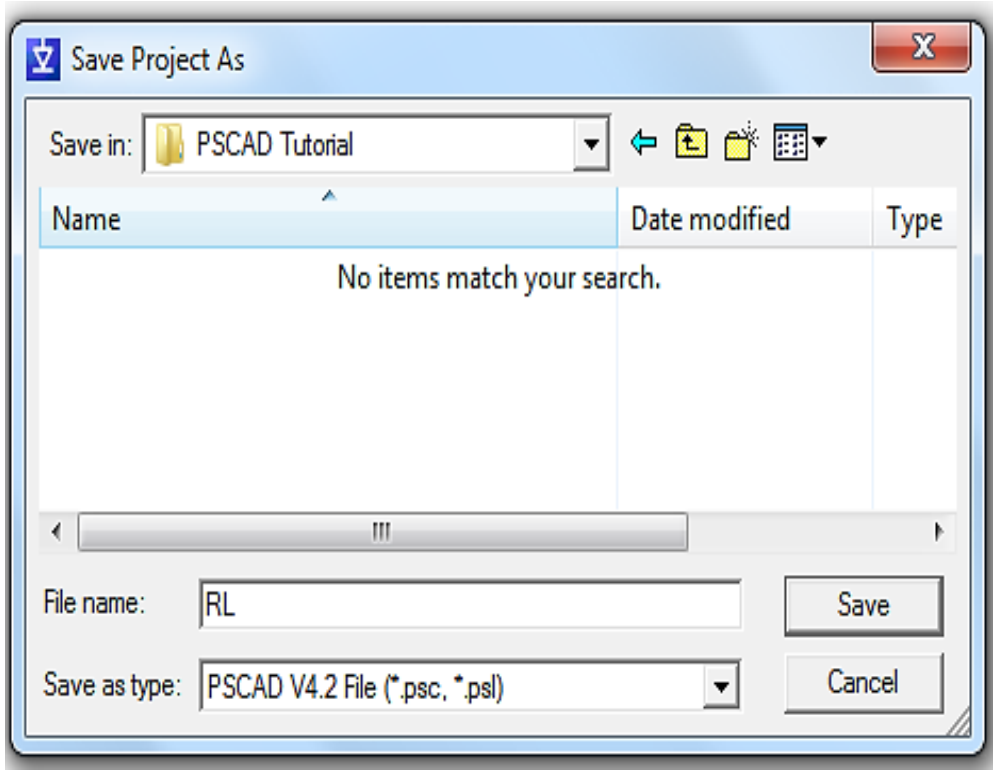
این صفحه جدید ایجاد شده در قسمت Workspace با نام noname قابل مشاهده می‌باشد که برای نام گذاری و ذخیره‌سازی آن بر روی این گزینه کلیک راست کرده و گزینه Save As را کلیک کنید.



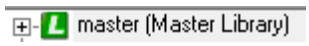
(شکل ۳.۲): ذخیره‌سازی پروژه

www.takbook.com

در این مرحله باید نام مثال (RL) و مسیر ذخیره سازی به آن داده شود و روی گزینه Save کلیک کنید تا مثال ذخیره گردد.

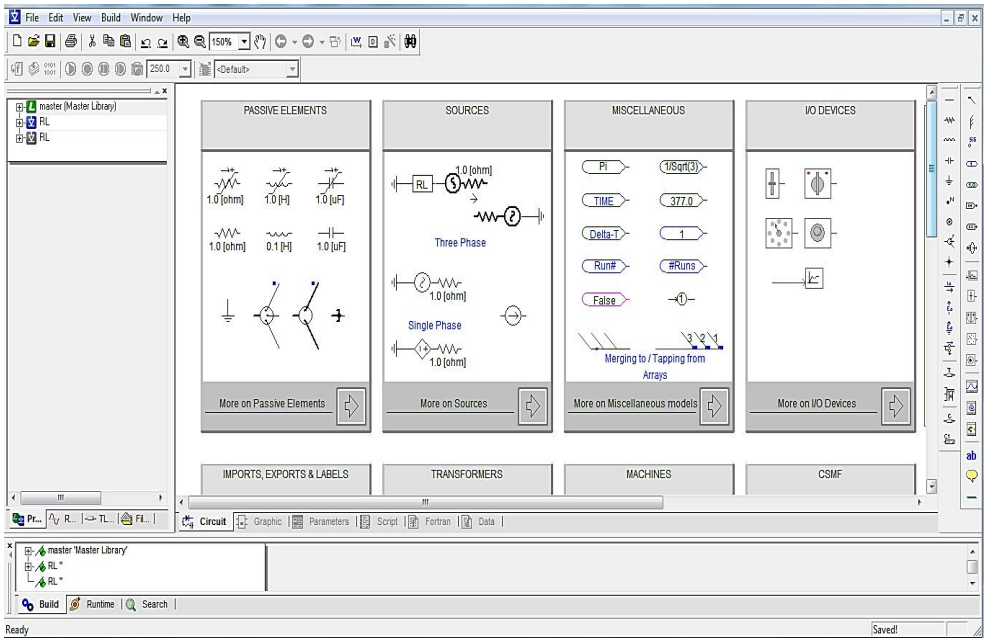


(شکل ۴.۲): نام‌گذاری و محل ذخیره‌سازی پروژه

در این قسمت شروع به شبیه‌سازی مدار می‌کنیم، برای این منظور نیاز به قطعات و المان‌های اندازه‌گیری و سایر موارد داریم، این کار از دو روش امکان‌پذیر است. روش اول این است که از قسمت Workspace روی گزینه 

دابل کلیک کرده و وارد منوی آن بشویم. فضای این منو در شکل زیر نمایش داده شده است.

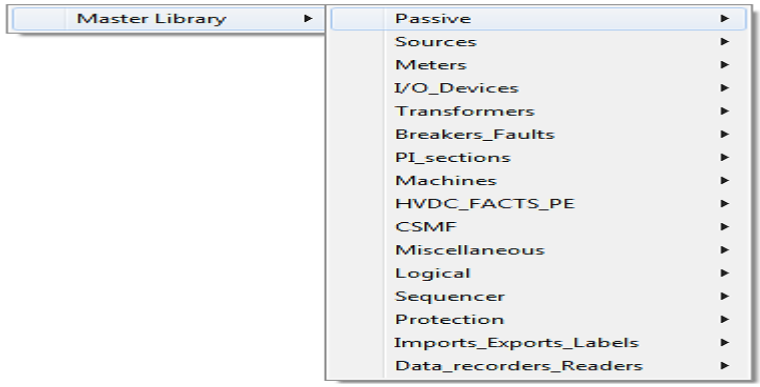
www.takbook.com



(شکل ۵.۲): کتابخانه نرم‌افزار

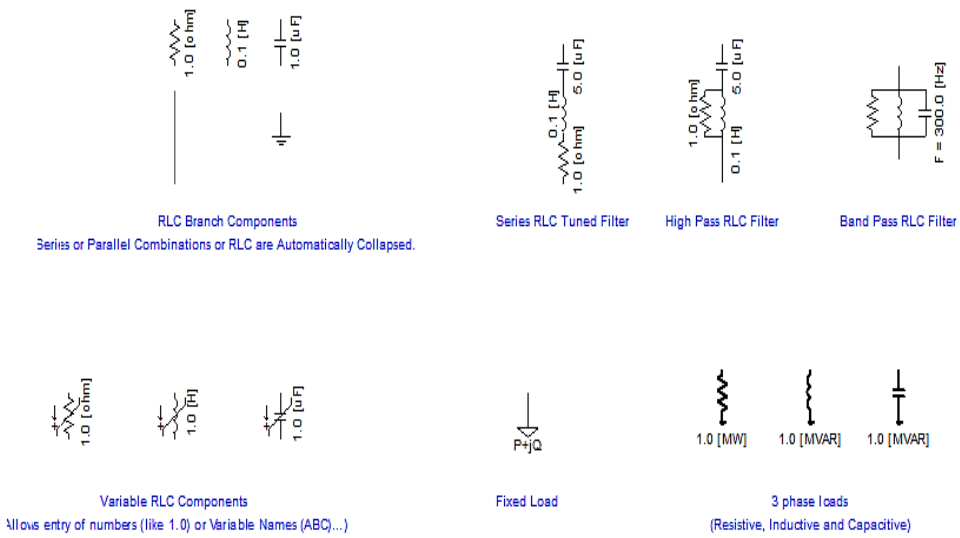
این کتابخانه شامل المان‌های پسیو، منابع، ترانسفورمرها و سایر ادوات می‌باشد که سعی شده است با مثال‌های مختلف این کتابخانه توضیح داده شود. متناسب با المانی که مورد نیاز باشد در قسمت سر فصل آن، روی علامت پیکان دابل کلیک می‌کنیم با این کار وارد پوشه آن سر فصل خواهیم شد و برای اضافه کردن هر قطعه به مدار، روی آن قطعه کلیک راست کرده و آن را کپی (copy) می‌کنیم و به پروژه انتقال (Paste) می‌دهیم. روش دوم و سریع‌تر بدین صورت است که روی صفحه‌ای که پروژه را ایجاد کردید (راست کلیک + Ctrl) را بزنید در اینصورت کتابخانه Master Library قابل مشاهده است که با یک بار چپ کلیک کردن روی هر المان می‌توانید آن‌را به مدار انتقال دهید.

www.takbook.com



(شکل ۶.۲): کتابخانه نرم‌افزار

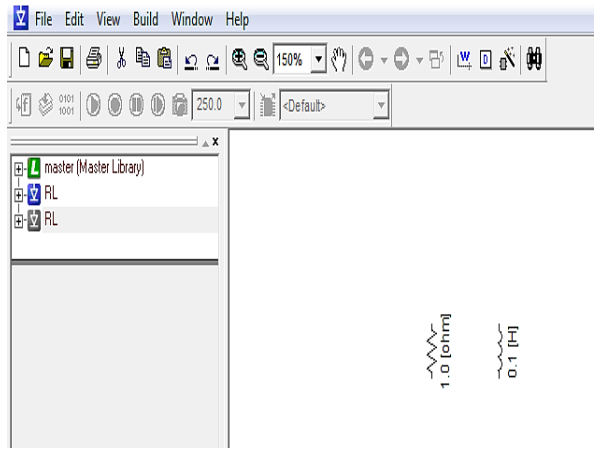
در این پروژه ما نیاز به مقاومت و سلف داریم برای این منظور از سرفصل PASSIVE ELEMENTS روی علامت پیکان دابل کلیک کنید که با این کار پوشه این سر فصل باز می‌شود که قسمتی از المان‌های این پوشه در شکل زیر قابل مشاهده است.



(شکل ۷.۲): پوشه PASSIVE ELEMENTS

www.takbook.com

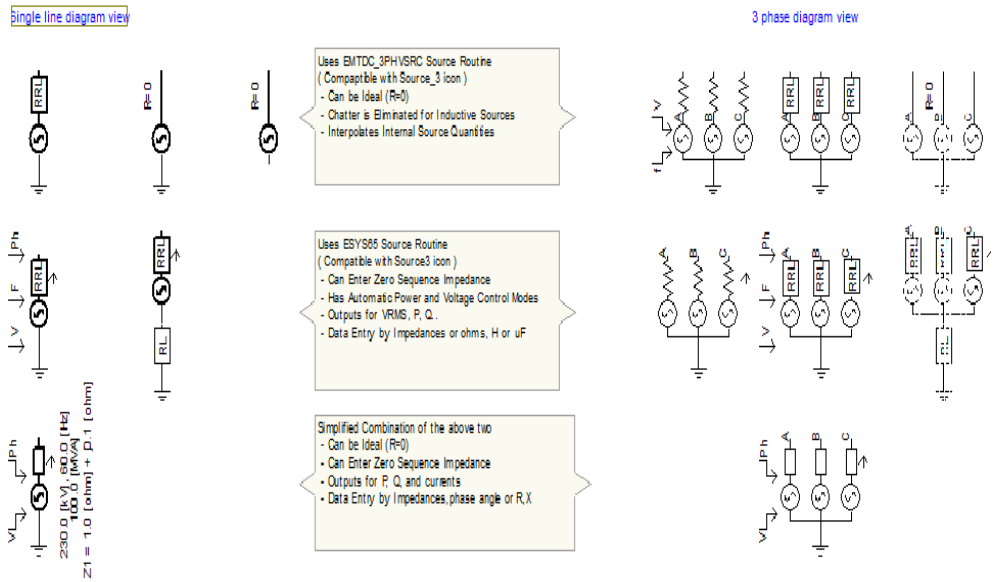
برای انتخاب مقاومت و سلف از گزینه اول این پوشه RLC Branch Components استفاده کرده و روی مقاومت کلیک راست و سپس copy و آنرا در پروژه Paste کنید همین کار را برای سلف هم انجام دهید.



(شکل ۸.۲): انتخاب مقاومت و سلف

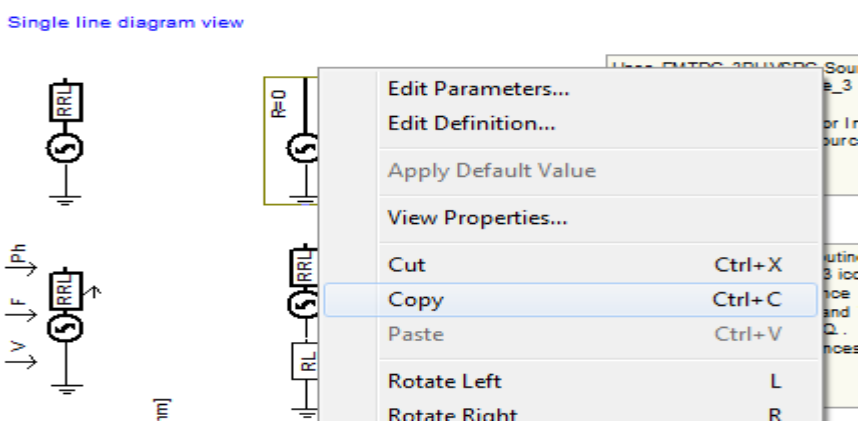
ما در این پروژه نیاز به منبع ولتاژ سینوسی داریم که آنرا از سرفصل SOURCES به مدار اضافه می‌کنیم. در اینجا لازم به ذکر است که وقتی که ما در master (MasterLibrary) سر فصلی را باز می‌کنیم، کتابخانه در این پوشه باز شده باقی می‌ماند به منظور بیرون آمدن از این پوشه و انتخاب سایر سرفصل ها باید از منوی Main Toolbar گزینه back را کلیک کرده تا بتوانیم از سایر سر فصل ها استفاده کنیم. در ادامه وارد سرفصل SOURCES می‌شویم و قسمتی از این سرفصل در شکل زیر قابل مشاهده است.

www.takbook.com



(شکل ۹.۲): منابع

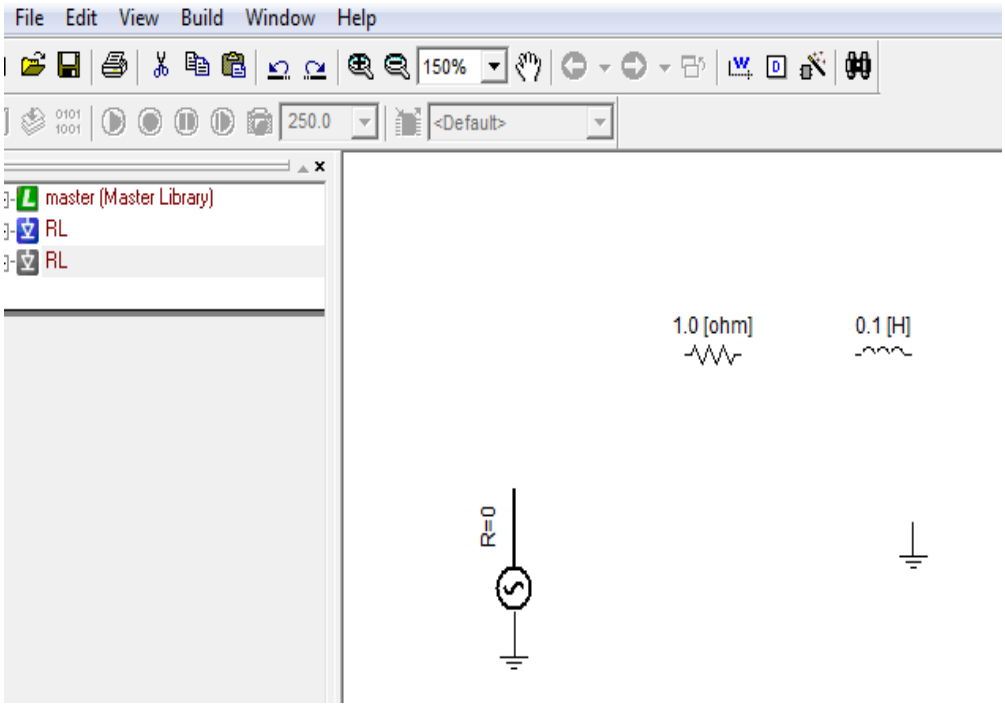
در این قسمت ما نیاز به منبع تک‌فاز زمین‌شده با مقاومت داخلی صفر داریم که آنرا از قسمت Single line diagram view انتخاب کنید و به مدار انتقال دهید.



(شکل ۱۰.۲): انتخاب منبع ولتاژ زمین‌شده

www.takbook.com

آخرین المان مورد نیاز زمین می‌باشد که آنرا از قسمت Electrical Palette انتخاب کرده و به مدار اضافه کنید. تا این مرحله شما توانستید المان‌های مورد نیاز را به مدار انتقال دهید، در این قسمت شروع به تکمیل مدار خواهیم کرد. در اینجا نکته ای را باید ذکر کنیم که برای چرخش المان‌ها روی آن چپ کلیک کرده و کلید R را بزنید تا در جهت دلخواه قرار گیرد.

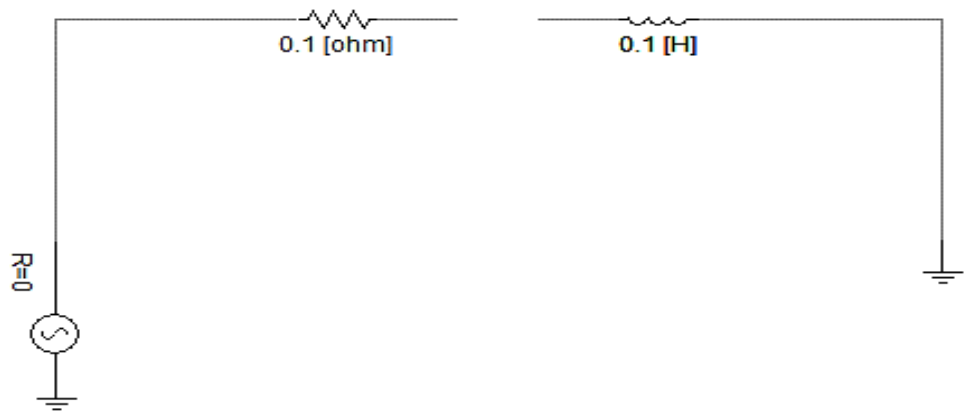


(شکل ۱۱.۲): انتخاب تمام المان‌های مورد نیاز

برای سیم‌کشی بین قطعات دو روش وجود دارد. روش اول و سریع تر این است که از قسمت Electrical Palette روی گزینه کلیک کنید و آنرا بین قطعات قرار داده و

www.takbook.com

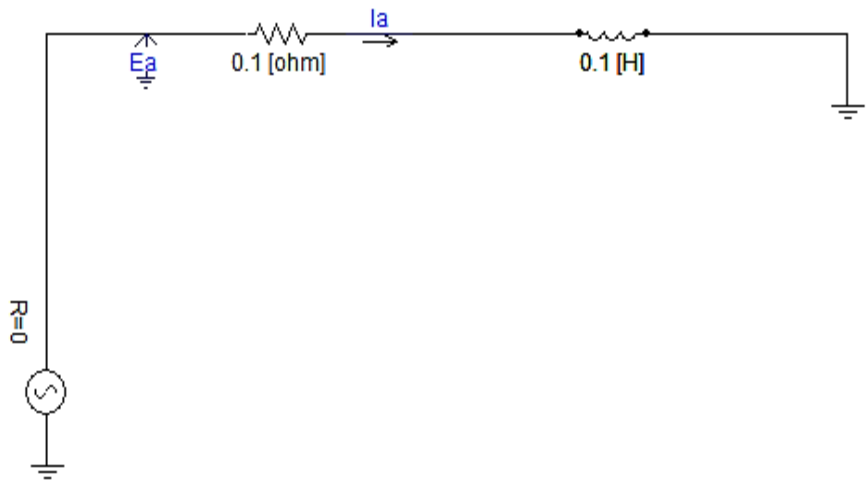
برای تغییر اندازه ان کافی است ابتدا یا انتهای آنرا با چپ کلیک کردن بکشید تا اندازه مطلوب ایجاد شود برای چرخش سیم به منظور قرار گرفتن به صورت عمودی تنها کافی است کلید R زده شود. روش دوم استفاده از گزینه Wire mode می‌باشد که در Main Toolbar با علامت قابل مشاهده است وقتی این گزینه را کلیک کنید شکل مداد همراه با Mouse در اختیار شما قرار می‌گیرد برای سیم کشی در این حالت در انتهای هر قطعه چپ کلیک کرده و وقتی که به ابتدای قطعه دیگر رسیدید برای اتمام سیم کشی، راست کلیک کنید در این روش اگر نیاز به تغییر حالت سیم از افقی به حالت عمودی داشته باشید تنها کافی است در وسط سیم کشی یکبار چپ کلیک کنید و جهت حرکت Mouse را عمودی کنید تا تغییر دلخواه برای شما ایجاد شود برای بیرون آمدن از این حالت کافی است مجددا روی گزینه چپ کلیک کنید.



(شکل ۱۲.۲): سیم‌کشی بین المان‌ها

www.takbook.com

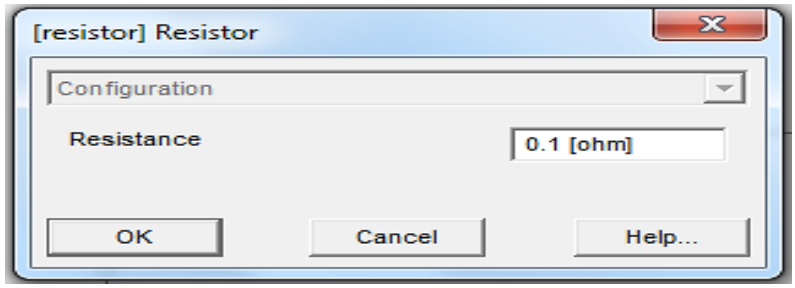
برای اندازه‌گیری جریان سری در مدار نیاز به آمپرمتر داریم و همان طور که می‌دانید آمپرمتر به صورت سری باید در مدار اعمال شود آمپرمتر را از Electrical Palette انتخاب کنید و به صورت سری در مدار بالا قرار دهید. برای ولت‌متر نیز آنرا از قسمت Electrical Palette انتخاب کنید و به صورت موازی در مدار قرار دهید.



(شکل ۱۳.۲): اضافه نمودن آمپرمتر و ولت‌متر

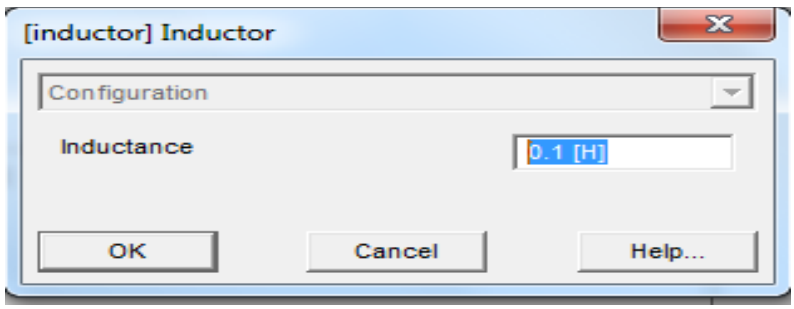
اگر وارد Help آمپرمتر شویم، بیان شده است که واحد اندازه‌گیری آمپرمتر کیلو آمپر است، همین حالت برای ولت‌متر نیز برقرار است که واحد آن کیلو ولت می‌باشد. اکنون باید وارد تنظیمات المان‌ها شویم و مقدار مطلوب را به آن‌ها اعمال کنیم، برای این کار روی مقاومت دابل کلیک کنید و مقدار انرا ۰,۱ اهم قرار دهید.

www.takbook.com



(شکل ۱۴.۲): تنظیم مقاومت

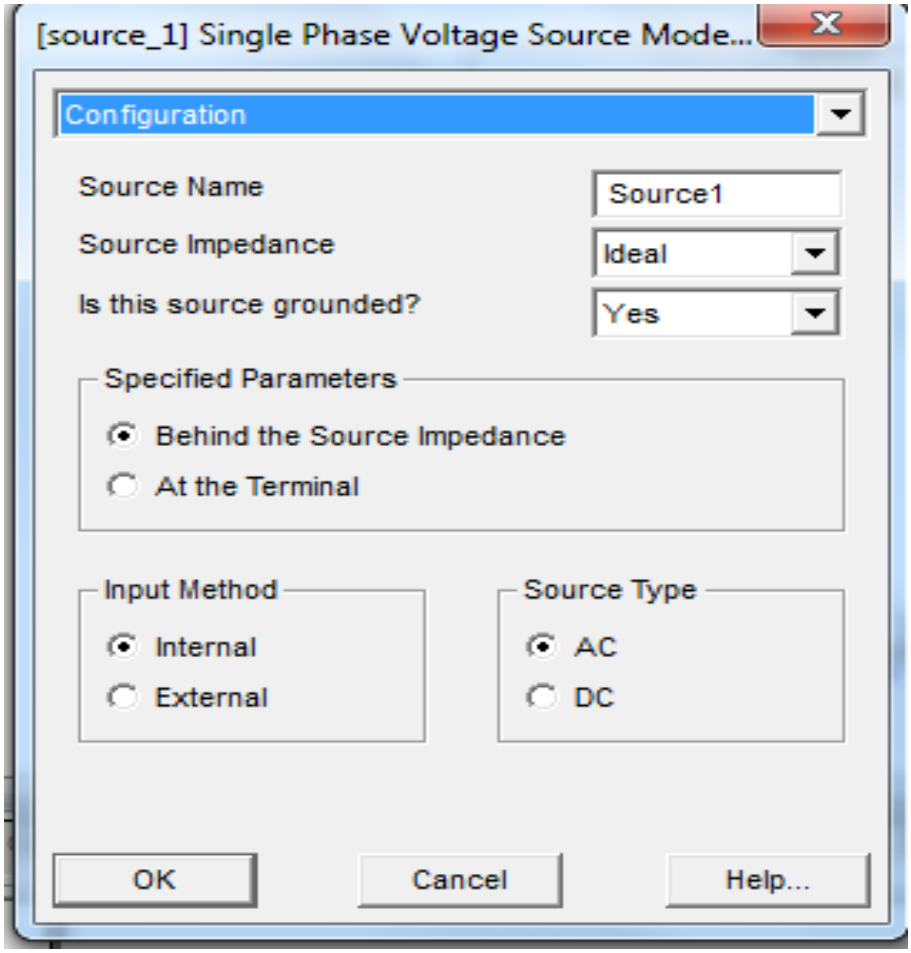
همین کار را برای سلف انجام داده و مقدار آنرا ۰,۱ هانری قرار دهید.



(شکل ۱۵.۲): تنظیم سلف

برای منبع ولتاژ نیز روی آن دابل کلیک کنید. این منبع چندین صفحه تنظیمات دارد لازم به ذکر است که این منبع می‌تواند دارای امپدانس‌های مختلف باشد که هر صفحه تنظیمات آن مربوط به نوعی از امپدانس R-RL-RLC می‌باشد که به فراخور نیاز، هر کدام را می‌توانیم انتخاب کنیم. در این پروژه منبع بدون امپدانس مورد نیاز است، بنابراین ما تنها نیاز به تنظیم دو سربرگ اول را داریم، سربرگ اول Configuration می‌باشد که تنظیمات آن به صورت زیر است.

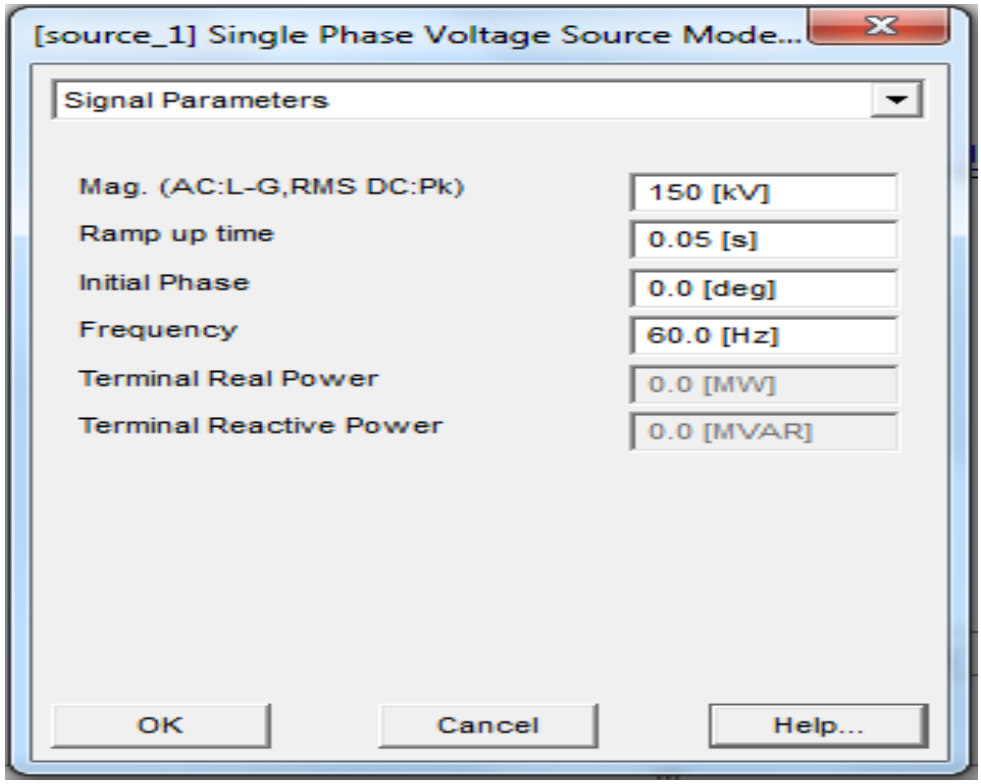
www.takbook.com



(شکل ۱۶.۲): تنظیم منبع ولتاژ

دو نکته در این سربرگ وجود دارد مورد اول Source Impedance است که به صورت Ideal انتخاب شده، این به معنی مقاومت صفر برای منبع ولتاژ می‌باشد و مورد دوم Source Type است که باید به صورت Ac انتخاب کنید. سربرگ دوم Signal Parameters می‌باشد که تنظیمات آن به صورت زیر می‌باشد.

www.takbook.com

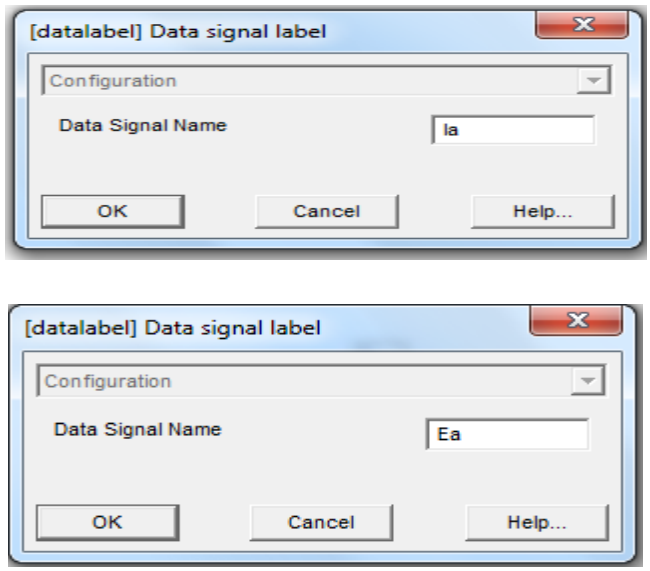


(شکل ۱۷.۲): تنظیم منبع ولتاژ

در این سربرگ دو نکته وجود دارد نکته اول Initial phase می‌باشد که اگر منبع نیاز به فاز اولیه داشته باشد می‌توانیم به آن مقدار بدهیم در این پروژه مقدار آن صفراست. نکته دوم Ramp up time می‌باشد که مربوط به کاهش راه اندازی حالت گذرا می‌باشد که در مورد آن دو نکته قابل توجه است اگر فرکانس ۶۰ هرتز باشد مقدار آن ۰,۰۵s و اگر فرکانس ۵۰ هرتز باشد مقدار آن ۰,۰۶s باید تنظیم شود. سایر سربرگ‌های منبع برای حالت‌های امپدانسی می‌باشد که در این مثال استفاده نمی‌گردد.

www.takbook.com

برای نشان دادن نمودار هر المان اندازه‌گیری (آمپرمتر - ولت‌متر) در نرم‌افزار PSCAD یک روش مخصوص و یکسان وجود دارد. در این پروژه ما نیاز به نشان دادن شکل موج آمپرمتر داریم به همین منظور از قسمت Control Palette روی گزینه Data Label کلیک کنید و آنرا به پروژه منتقل کنید که المانی به صورت SignalName ایجاد می‌شود. نکته قابل توجه برای این المان این است که حتما باید نام این المان را در قسمت Data Signal Name برای آمپرمتر Ia و برای ولت‌متر Ea قرار دهید.

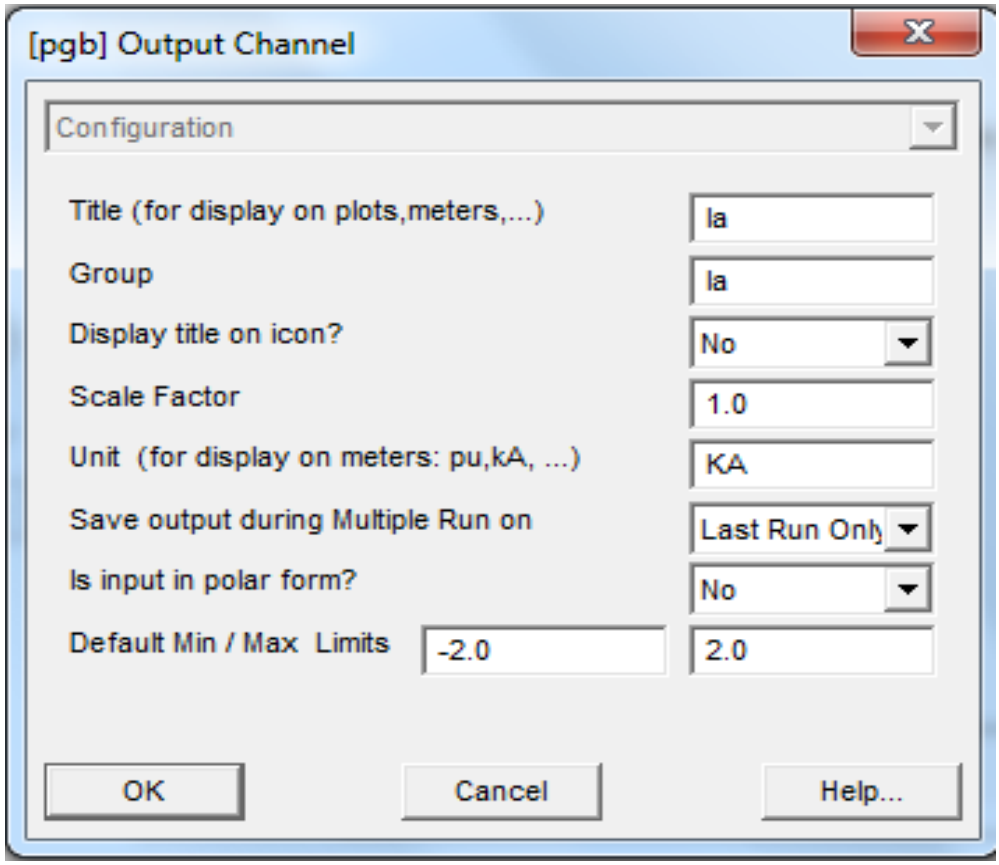


(شکل ۱۸.۲): تنظیم Data Signal Name

بعد از این کار در قسمت Control Palette روی گزینه Output Channel کلیک کرده و آنرا به Ia متصل کنید سپس همین کار را مجددا برای Ea بصورت

www.takbook.com

انجام دهید. روی Output Channel مربوط به Ia دابل کلیک کرده و تنظیمات زیر را بر روی آن اعمال کنید.

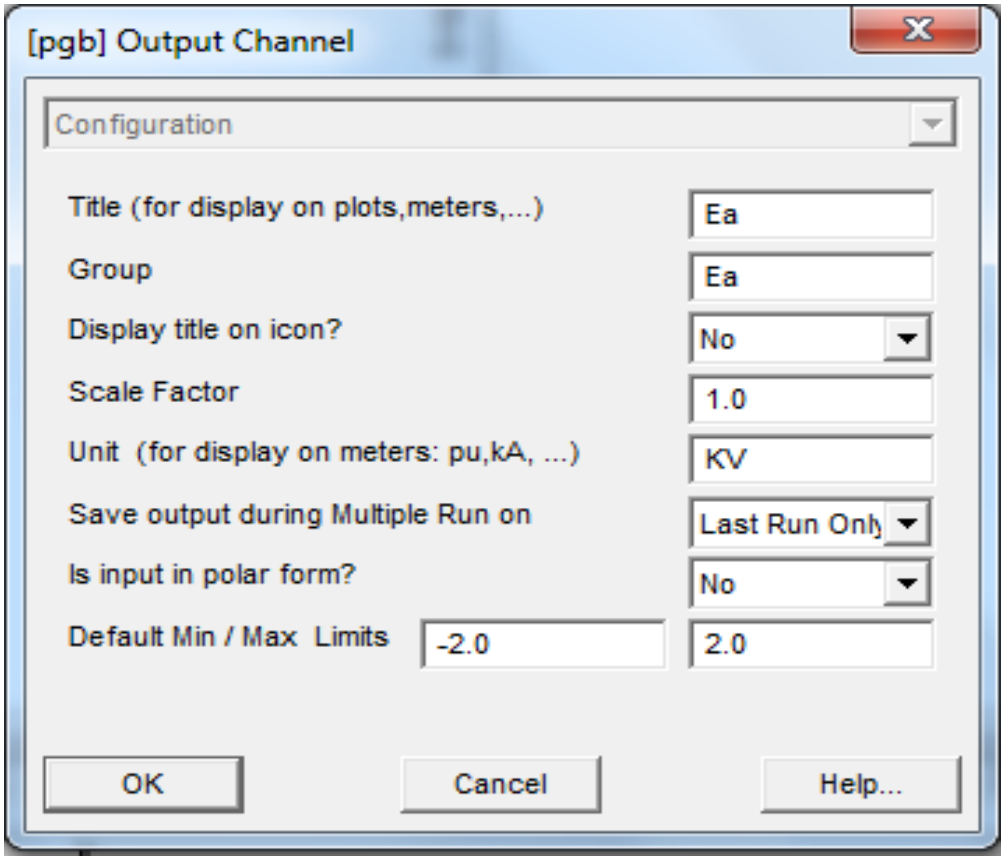


(شکل ۱۹.۲): تنظیم Output Channel

برای این المان سه نکته قابل اهمیت است نکته اول Title و Group می‌باشد که نام آنرا Ia اعمال کنید و نکته دوم در مورد واحد اندازه‌گیری می‌باشد که در قسمت Unit واحد KA را وارد کنید. اما نکته سوم Default Min/Max Limits می‌باشد که حد عمودی

www.takbook.com

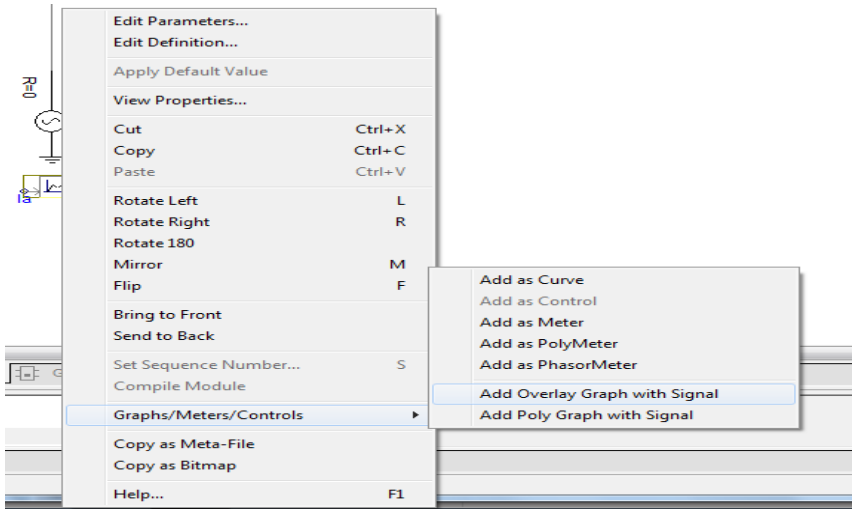
نمودار را معین می‌کند سایر المان‌ها نیازی به تغییر ندارد. برای Output Channel مربوط به Ea نیز تنظیمات را به صورت زیر انجام دهید.



(شکل ۲۰.۲): تنظیم Output Channel

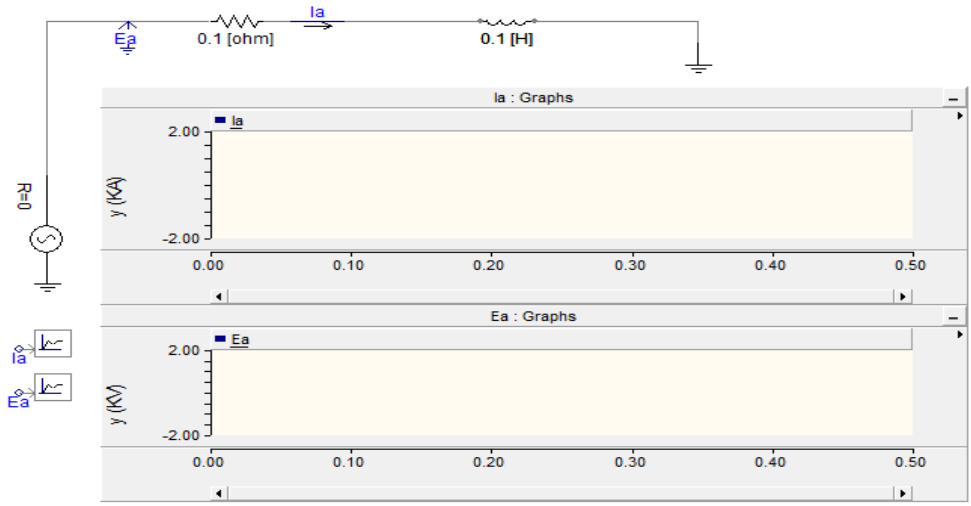
در این مرحله برای ایجاد گراف روی هر دو Output Channel کلیک راست کنید و از مسیر زیر گزینه Add Overaly Graph With Signal را کلیک کنید و با تنظیم سایز، اندازه مناسب را برای آن انتخاب کنید.

www.takbook.com



(شکل ۲۱.۲): مسیر ایجاد گراف

تا این جای کار، پروژه شبیه‌سازی تکمیل شده و آماده برای Run کردن و مشاهده نتایج می‌باشد.

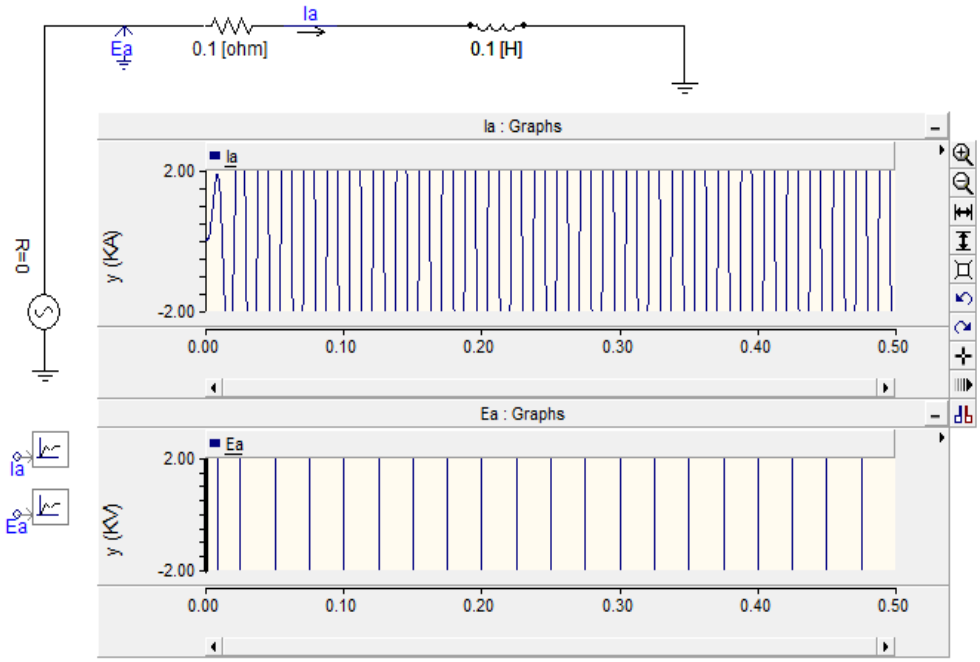


(شکل ۲۲.۲): مدار تکمیل شده

www.takbook.com

۲-۳- شبیه‌سازی

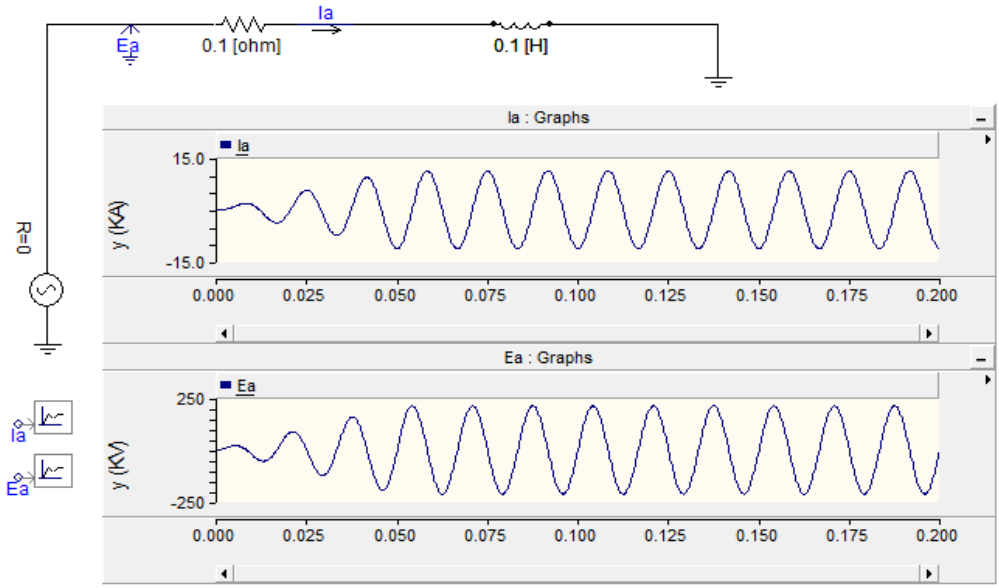
برای Run کردن از قسمت Main Toolbar گزینه Run را کلیک کنید که نتایج قابل مشاهده می‌باشد.



(شکل ۲۳.۲): شبیه‌سازی

برای دیدن واضح تر نمودار ابتدا روی علامت چپ کلیک کنید در این قسمت المان‌هایی برای وضوح بهتر نمودار قرار داده شده است که می‌توانید آن‌ها را امتحان کنید برای نمونه چون حد عمودی در نمودار قابل مشاهده نیست روی گزینه کلیک کنید که نمودار به صورت زیر قابل مشاهده می‌باشد.

www.takbook.com



(شکل ۲۴.۲): شبیه‌سازی

برای ذخیره شدن این مدار در قسمتی که ابتدا ذخیره کردیم در قسمت Workspace روی پروژه راست کلیک کنید و گزینهsave را کلیک کنید تا آخرین تغیرات مدار در محل ابتدایی ذخیره گردد.

بر طبق نتایج مشاهده می‌کنیم که مدار در کمتر از زمان ۰.۰۵s دارای پاسخ گذرا بوده و بعد از آن به حالت پایدار می‌رسد. در این قسمت شبیه‌سازی مدار RL سری به پایان رسده و شما توانسته اید نحوه انتقال قطعات، تنظیمات اساسی قطعات، نشان دادن شکل موج ها، استفاده از آمپرمتر و ولت‌متر و سایر موارد را یاد بگیرید در فصل‌های بعد به مثال‌های جامع تر خواهیم پرداخت.

www.takbook.com

فصل سوم

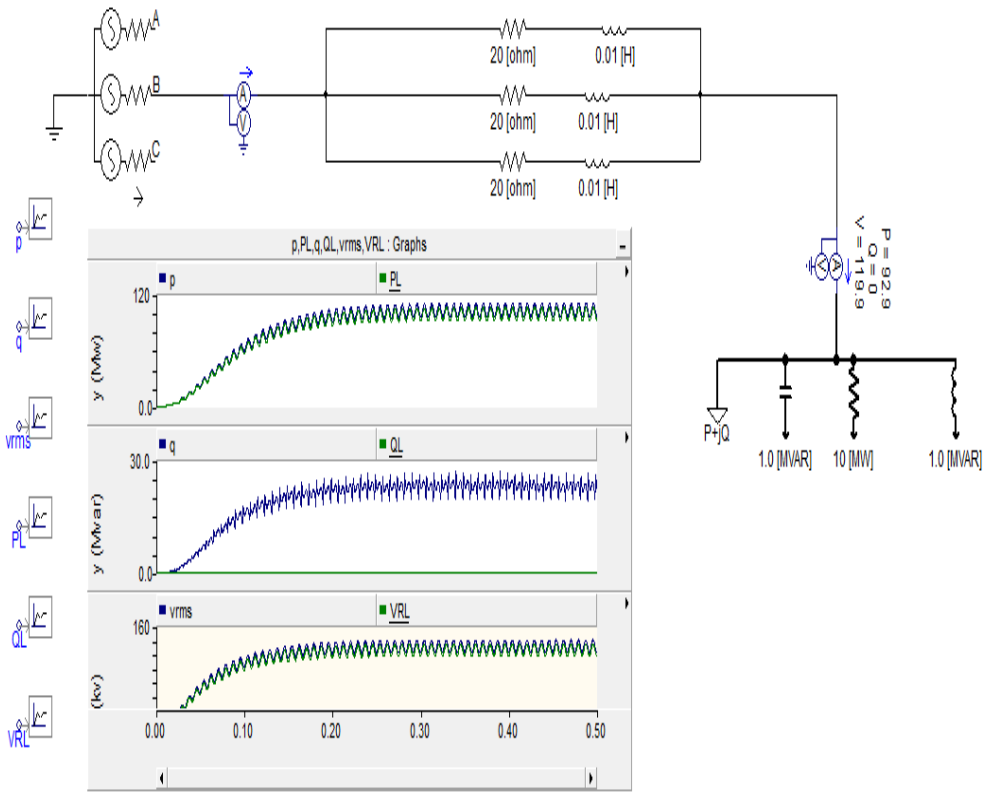
شبیه‌سازی توان و ولتاژ بارهای خروجی

۳– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی توان و ولتاژ بارهای خروجی مطرح می‌گردد. همچنین با بدست آوردن مقدار و نمودار توان اکتیو – راکتیو و ولتاژ در خروجی خط تک‌فاز با بارهای مختلف اهمی – خازنی – سلفی و ثابت و مقایسه نمودارهای ابتدا و انتهای خط آشنا خواهیم شد.

www.takbook.com

۳–۱– طرح مدار



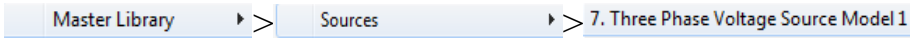
(شکل ۱.۳): طرح مدار

۳–۲– اجرای شبیه‌سازی

برای شروع، صفحه جدیدی باز کنید و از مسیرهای زیر قطعات مورد نیاز این مدار را به صفحه پروژه منتقل کنید. مطابق مدار، منبع از نوع سه‌فاز می‌باشد که از یک فاز آن

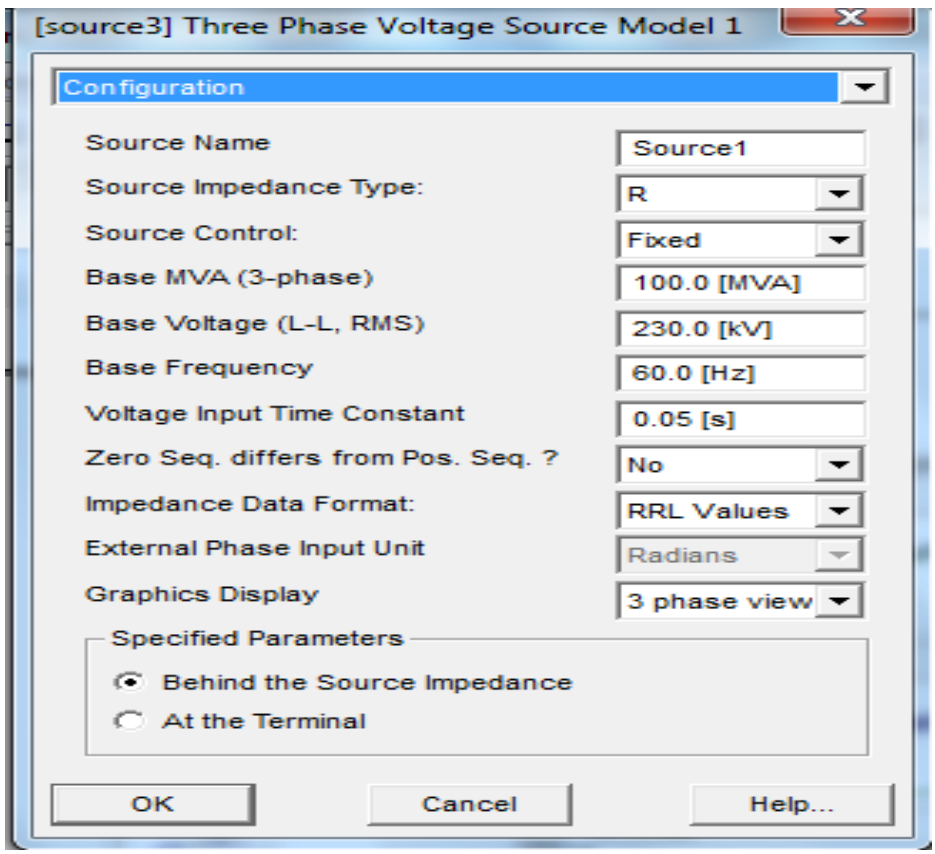
www.takbook.com

استفاده شده است هدف از آوردن این منبع آشنایی با منابع مختلف در نرم‌افزار است که از مسیر زیر می‌توانید آن را به پروژه منتقل کنید.



(شکل ۲.۳): انتخاب منبع ولتای سه‌فاز

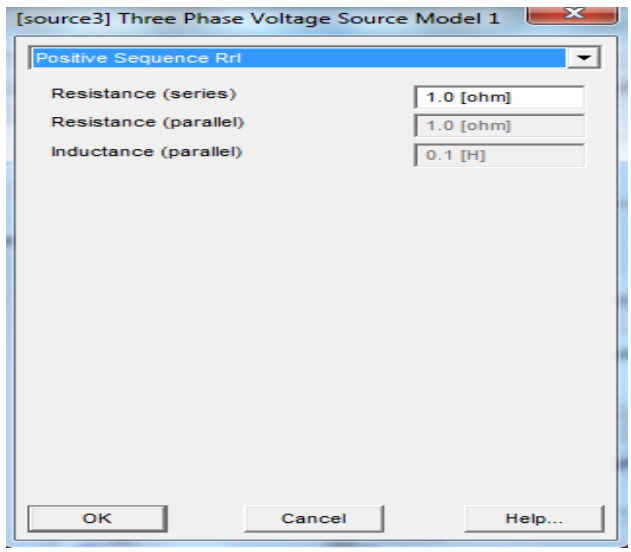
روی منبع دابل کلیک کرده و در صفحه تنظیمات این منبع به نکات زیر توجه کنید.



(شکل ۳.۳): تنظیم منبع ولتاژ

www.takbook.com

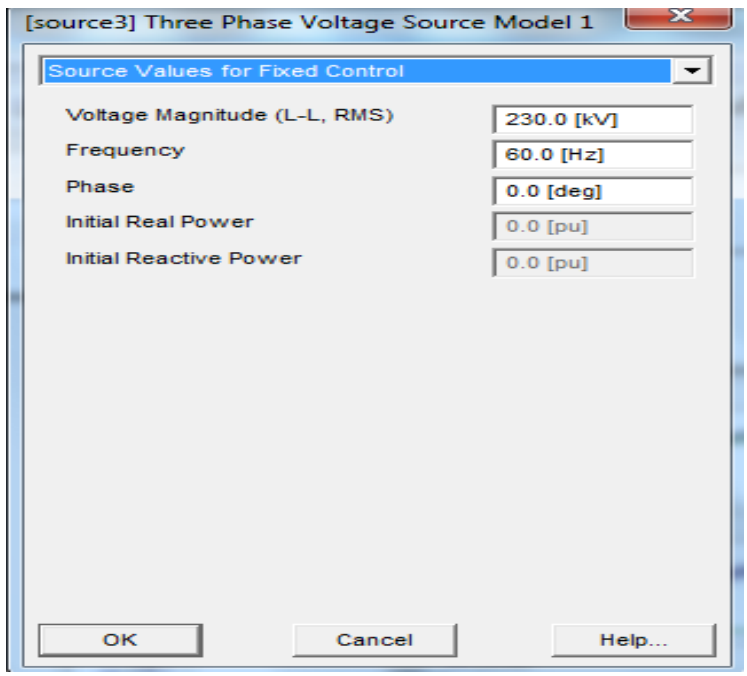
در این قسمت نکاتی که در تنظیمات این المان اهمیت دارد را عرض می‌کنیم و نکاتی که توضیح داده نمی‌شود حائز اهمیت نمی‌باشد و موجب افزایش حجم کتاب می‌گردد که آن‌ها را به همان صورت اولیه در نظر می‌گیریم. در سطر دوم نوع امپدانس منبع انتخاب می‌شود که می‌تواند مقاومتی – سلفی و غیره باشد، در سطر سوم، کنترل منبع قرار دارد که می‌تواند ثابت – خارجی و غیره باشد که در این منبع بهتر است همواره این قسمت به صورت ثابت انتخاب شود. سطرهای چهارم تا هفتم مربوط به مقادیر مبنا می‌باشد، زمانی که سیستم پریونیت باشد مورد اهمیت قرار می‌گیرد در نتیجه مقدار ولتاژ را که ۲۳۰ کیلو ولت مشاهده می‌کنید ولتاژ خط به خط منبع نیست و ولتاژ مبنا می‌باشد، در سربرگ بعدی ولتاژ منبع را تنظیم می‌کنیم، اکنون سربرگ دوم را بررسی می‌کنیم.



(شکل ۴.۳): تنظیم منبع ولتاژ

www.takbook.com

این سربرگ مربوط به مقدار مقاومت سری با منبع می‌باشد که به طور پیش فرض ۱ اهم در نظر می‌گیریم، سایر سربرگ‌ها را به همان حالت پیش فرض داده شده در نظر می‌گیریم، اما در سریرگ زیر باید مقادیر اصلی منبع را اعمال کنید.

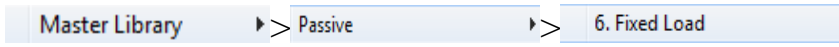


(شکل ۵.۳): تنظیم منبع ولتاژ

در این سربرگ ولتاژ خط به خط، فرکانس و فاز منبع را مطابق مقادیر بالا تنظیم کنید. تا اینجا تنظیمات اصلی منبع را انجام داده و سایر تنظیمات را به طور پیش فرض در نظر می‌گیریم. در این مدار چهار نوع بار وجود دارد که به توضیح هرکدام از این بارها خواهیم پرداخت. ابتدا بار ثابت

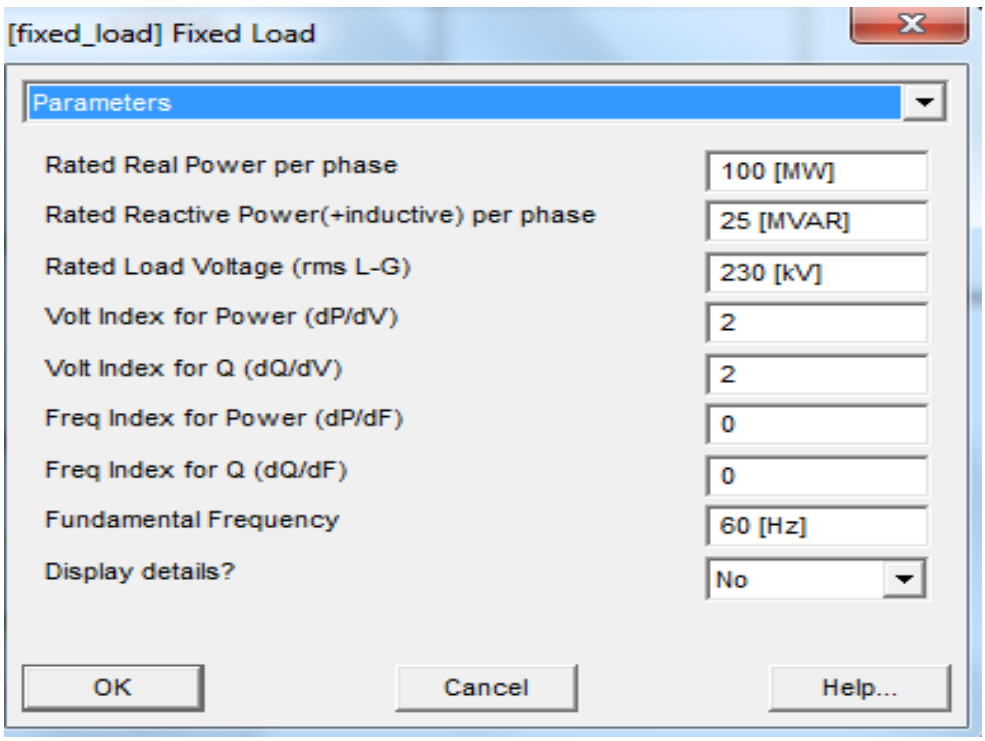
را از مسیر زیر به پروژه منتقل کنید.

www.takbook.com



(شکل ۶.۳): مسیر انتخاب بار ثابت

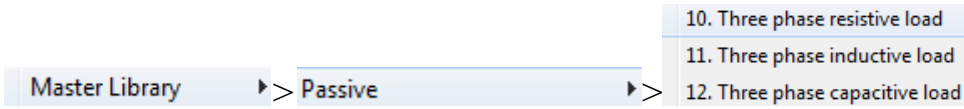
تنظیمات اصلی بار ثابت به صورت زیر است.



(شکل ۷.۳): تنظیم بار ثابت

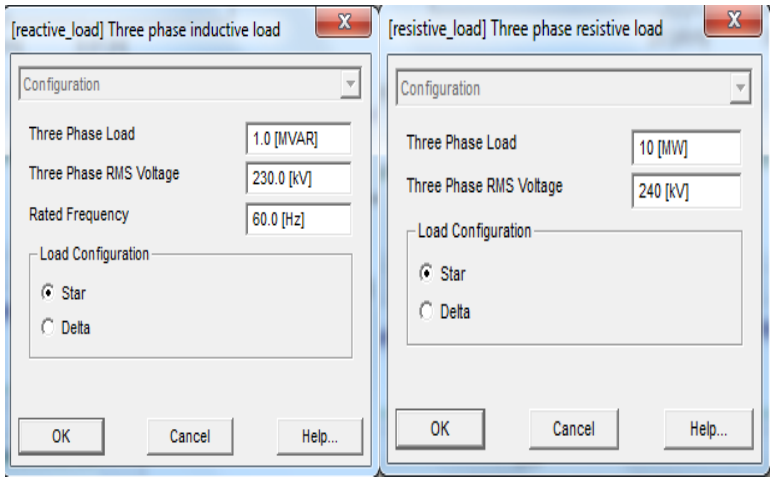
دو قسمت مهم این سربرگ سطر های اول و دوم می‌باشد که در سطر اول توان اکتیو مصرفی و در سطر دوم توان راکتیو مصرفی را مطابق شکل تنظیم نمایید و سایر قسمت‌ها را به صورت پیش فرض در نظر می‌گیریم. برای سه بار دیگر از مسیر زیر اقدام کنید.

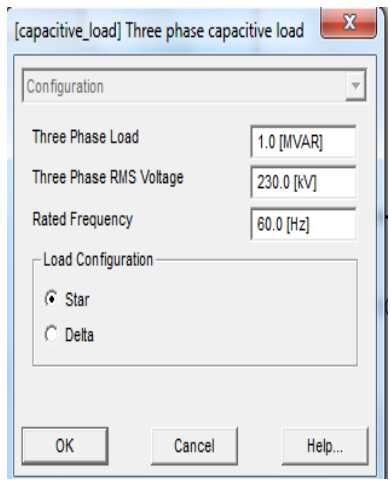
www.takbook.com



(شکل ۸.۳): مسیر انتخاب بار

هر سه بار از نوع سه‌فاز می باشند و تنظیمات هر کدام مطابق شکل زیر است.

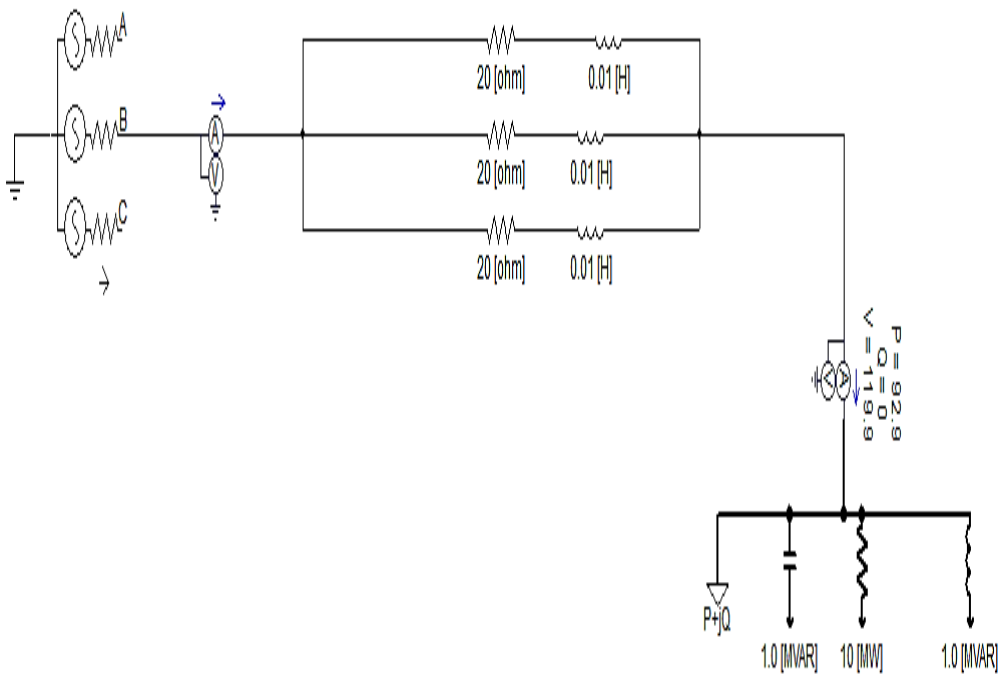




(شکل ۹.۳): تنظیمات بارها

www.takbook.com

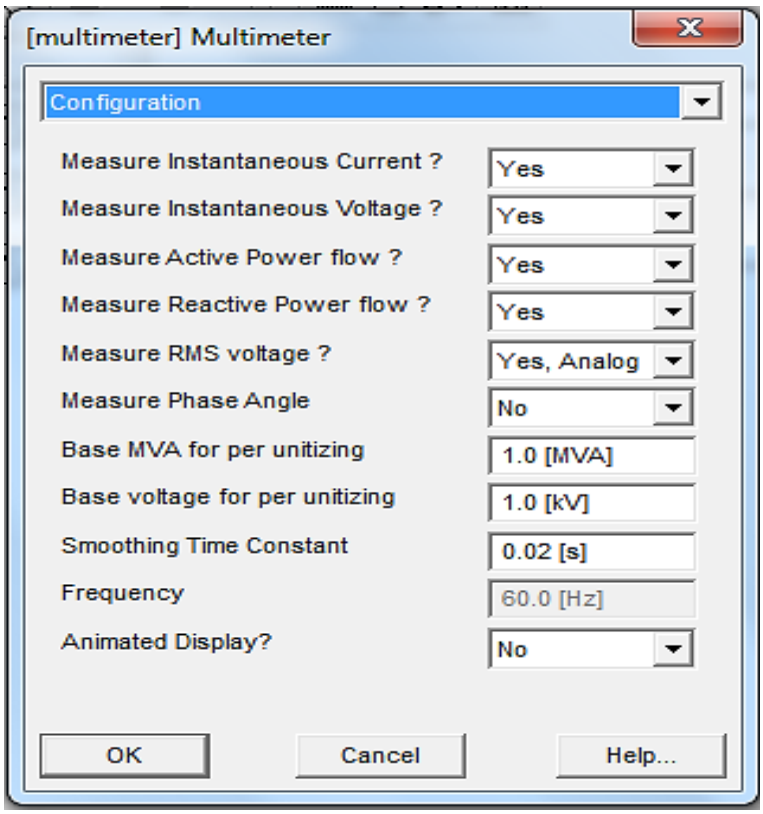
در مدار نیاز به دو ولت‌متر داریم در اینجا لازم به یادآوری است که ولت‌متر می‌تواند همزمان ولتاژ، جریان، توان اکتیو و توان راکتیو را برای ما اندازه‌گیری کند و نمودار و مقدار لحظه‌ای آن‌ها را نمایش دهد برای انتقال ولت‌متر به مدار از قسمت Electrical Palette ولتمتر را انتخاب می‌کنیم. بعد از این که دو ولت‌متر را به مدار انتقال دادید مطابق روشی که بیان شد دو المان پسیو مقاومت و سلف را به مدار انتقال دهید و مقادیر آن‌ها را به همان صورت که در مدار مشاهده می‌کنید تنظیم کرده و مطابق شکل زیر، خطوط مدار را ایجاد کنید.



(شکل ۱۰.۳): پیاده‌سازی مدار

www.takbook.com

هدف ما از این مثال محاسبه ولتاژ، توان اکتیو و توان راکتیو در هر دو ولت‌متر می‌باشد، برای این منظور روی ولت‌متر اول که بعد از منبع قرار گرفته دابل کلیک کرده و تنظیمات زیر را در آن اعمال کنید.

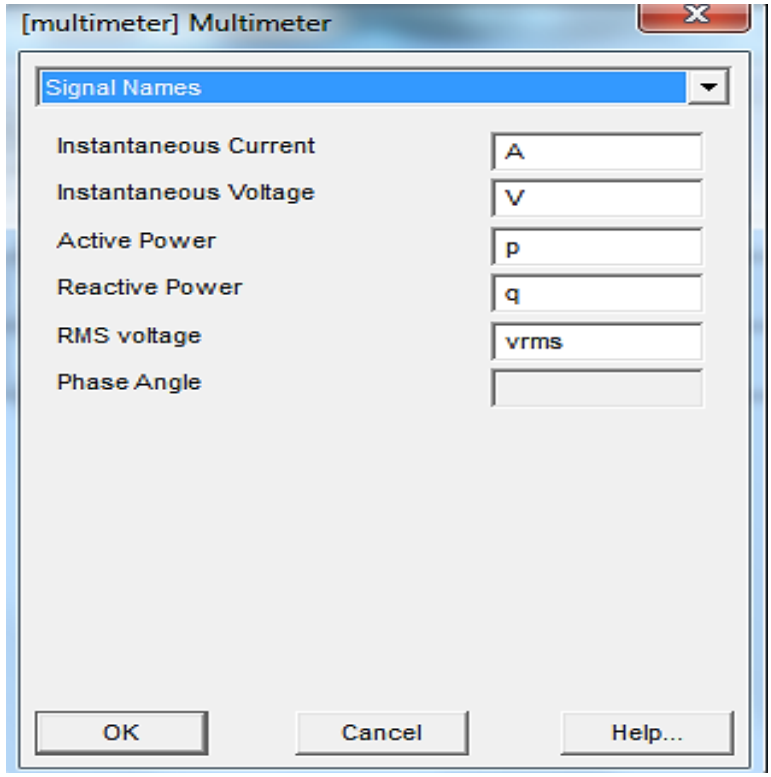


(شکل ۱۱.۳): تنظیمات ولت‌متر

پنج سطر اول مربوط به اندازه‌گیری المان‌های مشخص شده است که آن‌ها را از حالت No به Yes تبدیل می‌کنیم. آخرین سطر از این صفحه مربوط به نمایش لحظه‌ای مقادیر

www.takbook.com

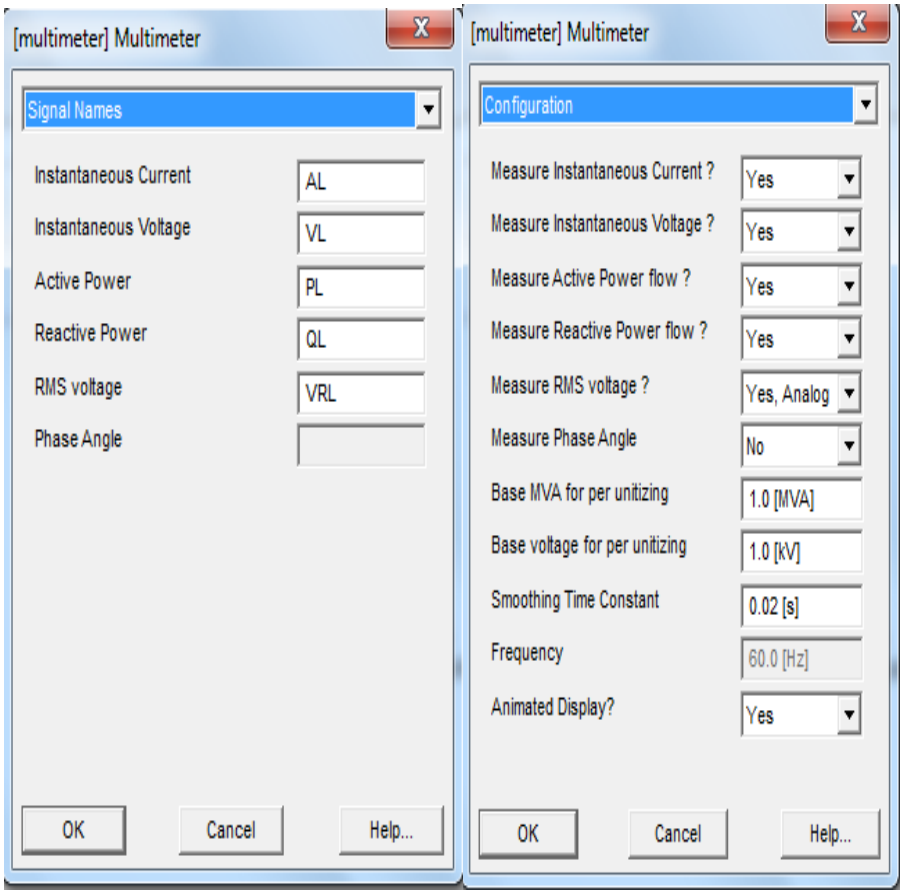
می‌باشد که برای ولت‌متر اول حالت No را انتخاب می‌کنیم. برای سربرگ دوم تنظیمات زیر را اعمال کنید.



(شکل ۱۲.۳): تنظیمات ولت‌متر

توسط این اسم‌هایی که وارد شده می‌توانیم به وسیله Data Label و Output Channel نمودار آن‌ها را مشاهده کنیم در اینجا تنظیمات ولت‌متر اول به اتمام رسیده است. روی ولت‌متر دوم دابل کلیک کنید و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.

www.takbook.com

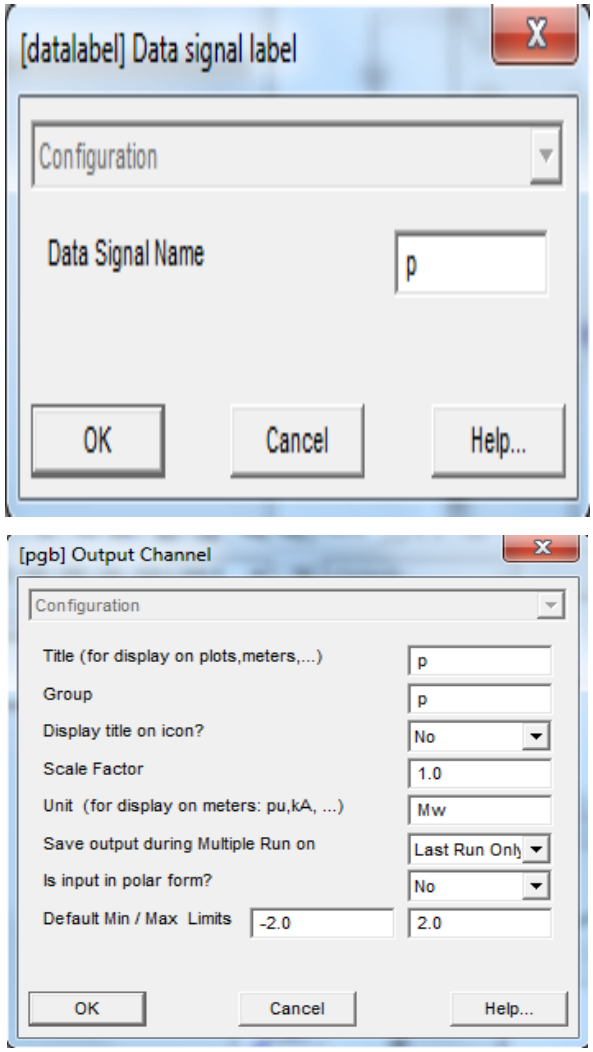


(شکل ۱۳.۳): تنظیمات ولت‌متر

تفاوت این ولت‌متر در این است که در سربرگ Configuration سطر آخر که مربوط به نمایش لحظه‌ای مقادیر است فعال شده و در سربرگ Signal Names نام‌هایی متفاوت با ولت‌متر اول داده شده است تا بتوانیم نمودار آن‌ها را مشاهده کنیم. اکنون برای مشاهده شش پارامتر باید برای هریک Data Label و Output Channel را در مدار قرار دهید و

www.takbook.com

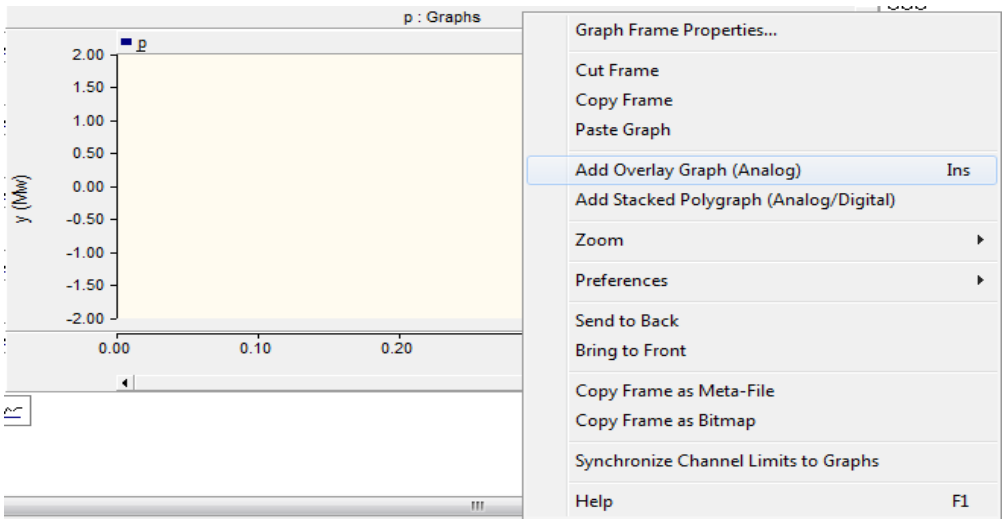
نام‌های هر کدام را متناسب با همان پارامتر قرار دهید، برای نمونه تنظیمات توان اکتیو به صورت زیر است.



(شکل ۱۴.۳): تنظیم Data Label و Output Channel

www.takbook.com

اکنون باید گراف این شش نمودار را فراخوانی کنیم اگر دقت کرده باشید در هر گراف، دو پارامتر مشاهده می‌شود و این کار می‌تواند برای مقایسه هم‌زمان دو پارامتر در ابتدا و انتهای خط دید بهتری را به شما ارائه دهد. در این مثال روش دیگری که برای فراخوانی نمودارها وجود دارد را به شما عرض می‌کنیم. روی Output Channel مربوط به p راست کلیک کرده و گزینه Add Overaly Graph With Signal را کلیک کنید. ما می‌توانیم با همین گراف ایجاد شده سه گراف دیگر را هم تولید کنیم، برای این منظور روی گراف راست کلیک کرده و روی گزینه Add Overaly Graph (Analog) کلیک کنید.

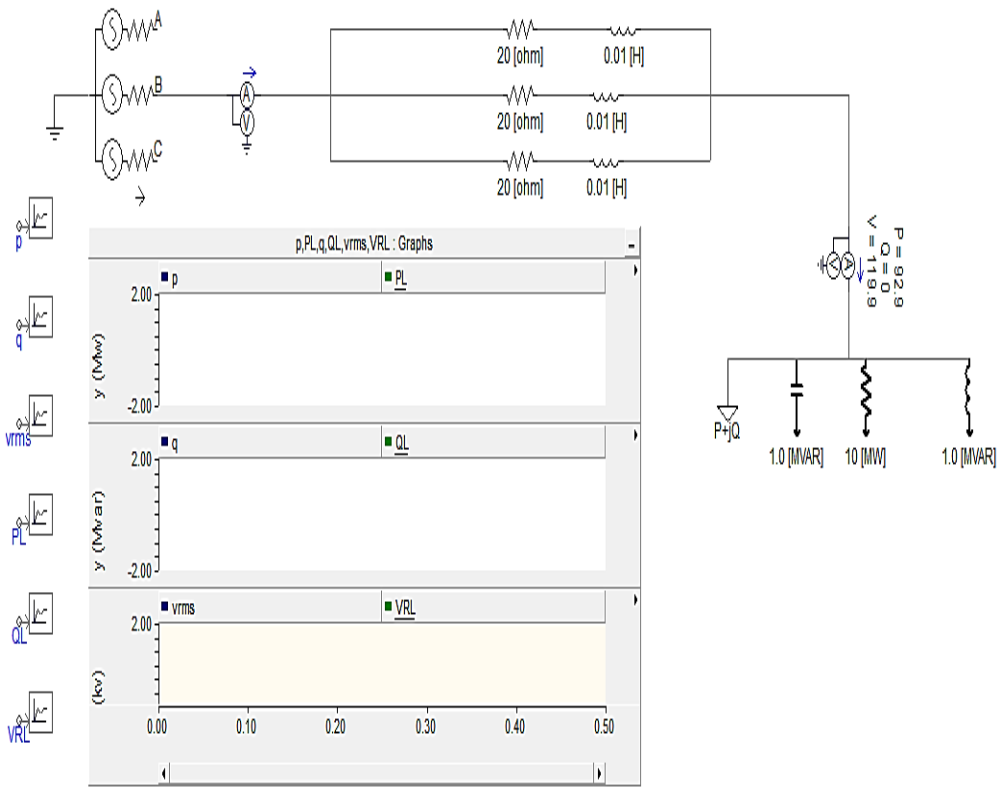


(شکل ۱۵.۳): فراخوانی گراف

با انجام این عمل گراف دوم زیر آن ایجاد می‌شود با انجام مجدد این کار گراف سوم نیز زیر آن ایجاد خواهد شد. اکنون باید پارامترها را روی این گراف ها فراخوانی کنید. چون

www.takbook.com

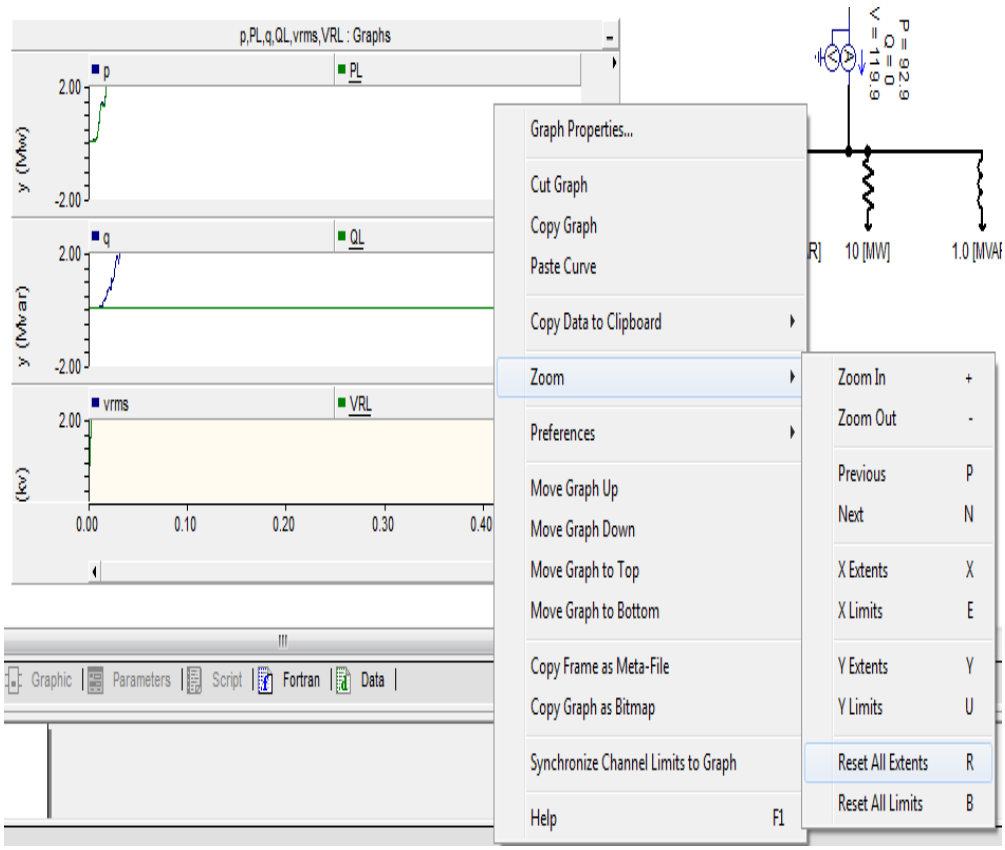
هدف ما این است که دو نمودار P و PL را در یک گراف نشان دهیم به همین منظور روی Output Channel مربوط به PL راست کلیک کرده و گزینه Add as Curve را کلیک کنید و دقیقا روی ناحیه گراف اول که مربوط به گراف P است راست کلیک کرده و گزینه Past Curve را کلیک نمایید. با این کار نمودار دو پارامتر را می‌توانید در گراف اول مشاهده کنید. مشابه همین کار را برای دو توان راکتیو روی گراف دوم انجام دهید و در نهایت برای ولتاژ نیز به همین صورت اقدام نمایید.



(شکل ۱۶.۳): فراخوانی گراف‌ها

www.takbook.com

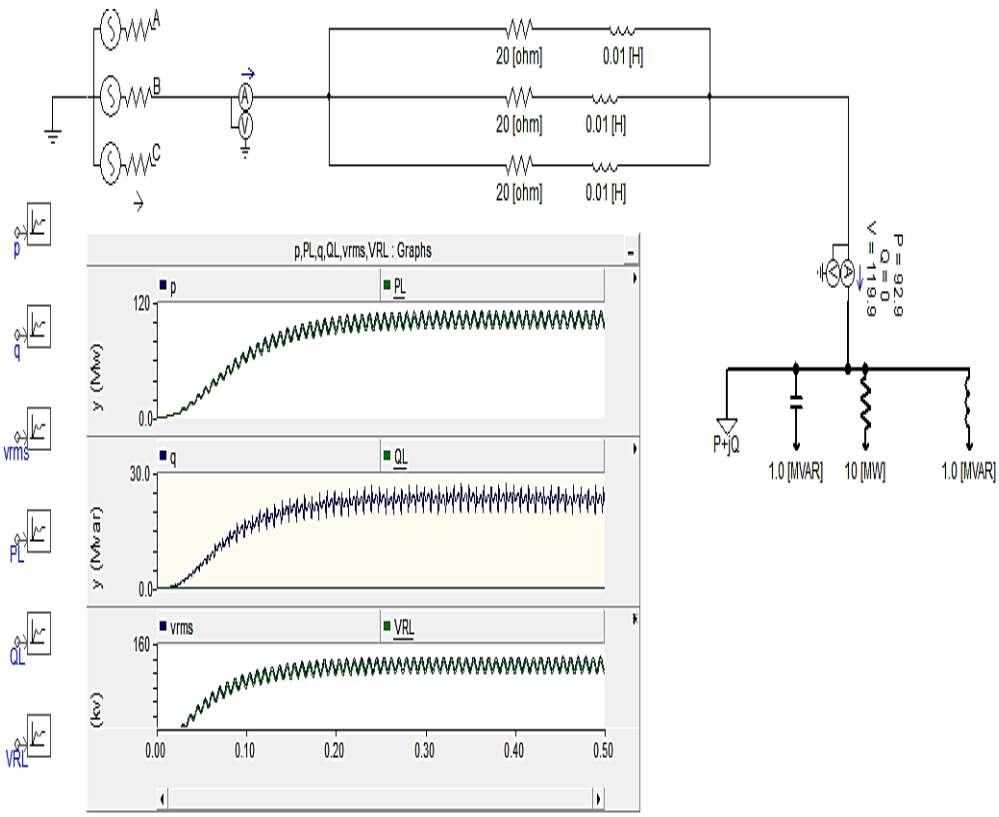
مدار تکمیل شده و آماده شبیه‌سازی می‌باشد اکنون می‌توانید آن را Run کنید و نتایج را مشاهده کنید. بعد از اجرا مشاهده می‌کنید که نمودار به طور واضح نمایش داده نشده است در اینجا روش دیگری را برای مشاهده واضح تر نمودار عرض می‌کنیم. برای این منظور روی گراف کلی راست کلیک کرده و وارد گزینه Zoom شده و Reset All Extents را کلیک کنید که تمام نمودار به وضوح قابل مشاهده خواهد شد.



(شکل ۱۷.۳): نمایش واضح‌تر نمودارها

www.takbook.com

۳-۳- شبیه‌سازی



(شکل ۱۸.۳): شبیه‌سازی

در این مثال شما توانسته‌اید با قرار دادن ولت‌متر مقادیر لحظه‌ای پارامترها را در باس خروجی مشاهده کرده و نمودار پارامترها را در ابتدا و انتهای خط با یکدیگر مقایسه نمایید. برطبق نمودارها پاسخ گذرای پارامترها در قبل از ۰،۰۲s به وضوح قابل مشاهده است.

www.takbook.com

فصل چهارم

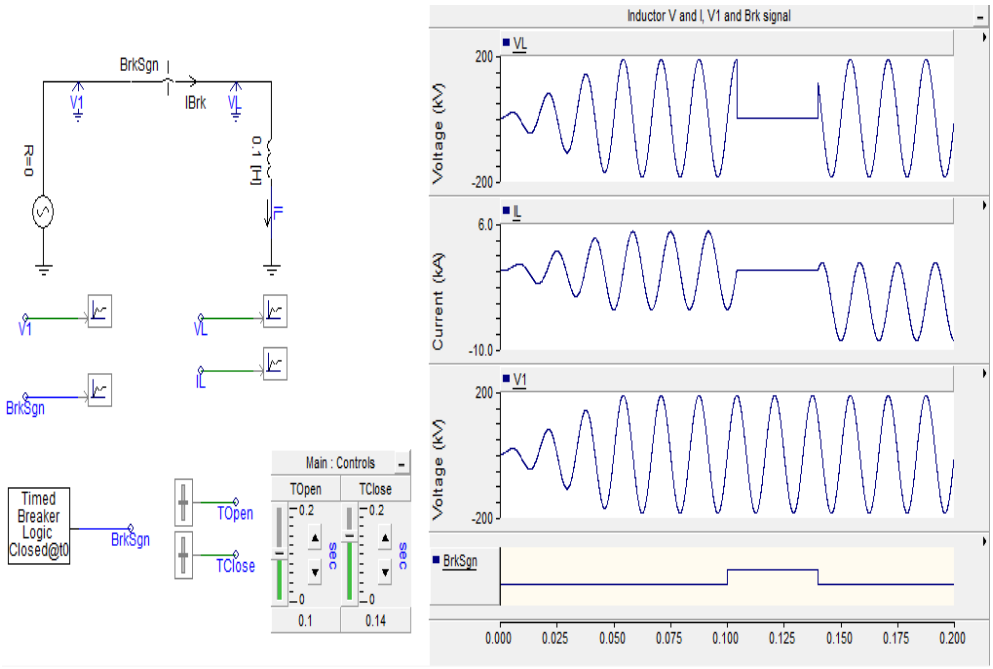
شبیه‌سازی Breaker

۴- مقدمه

در این فصل Breaker شبیه‌سازی خواهد شد و با نحوه‌ی وارد شدن بریکر در بازه معینی از زمان و تاثیر آن روی شکل موج ولتاژ و جریان خروجی، آشنا خواهید شد.

www.takbook.com

۴–۱– طرح مدار

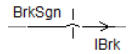


(شکل ۱.۴): طرح مدار

۴–۲– اجرای شبیه‌سازی

برای شروع صفحه‌ای جدید ایجاد کنید در این مدار دو المان جدید بریکر و کنترل کننده هم زمان مشاهده می‌شود و سایر مراحل تکمیل مدار مطابق آموزش‌های قبل براحتی انجام می‌گیرد.

www.takbook.com

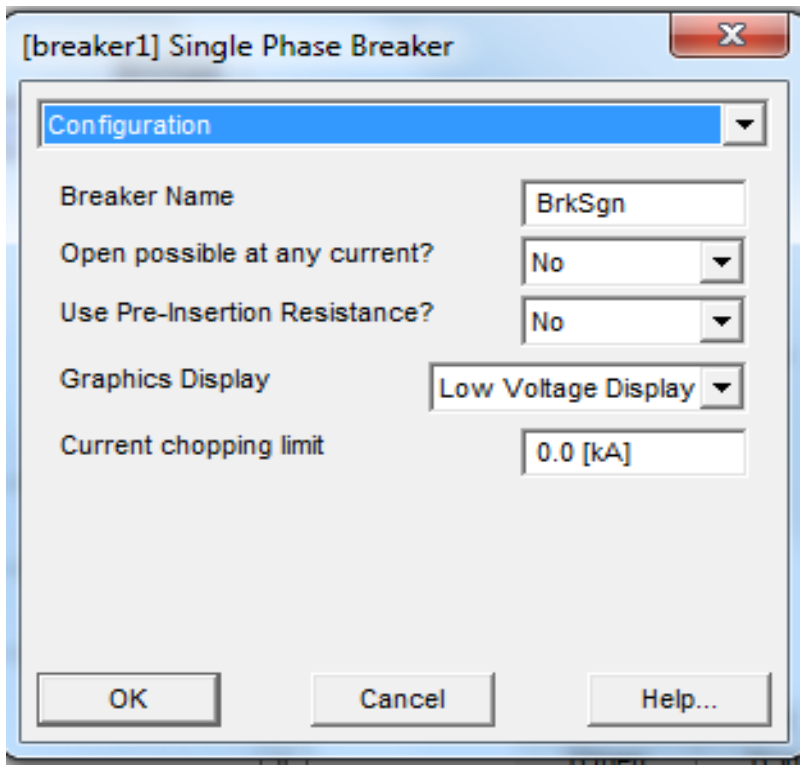
برای وارد کردن بریکر 

به مدار از مسیر زیر اقدام کنید.

Master Library > Breakers_Faults > 1. Single Phase Breaker

(شکل ۲.۴): مسیر انتخاب بریکر

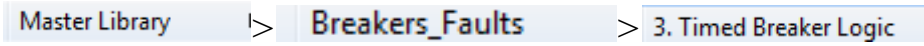
برای تنظیمات بریکر روی آن دابل کلیک کنید و برای این مثال تنها کافی است نام بریکر را در سربرگ اول به صورت زیر تنظیم کنید و سایر سربرگ‌ها را در همان حالت اولیه نگه دارید، (در مثال‌های بعدی بیشتر توضیح خواهیم داد).



(شکل ۳.۴): تنظیم بریکر

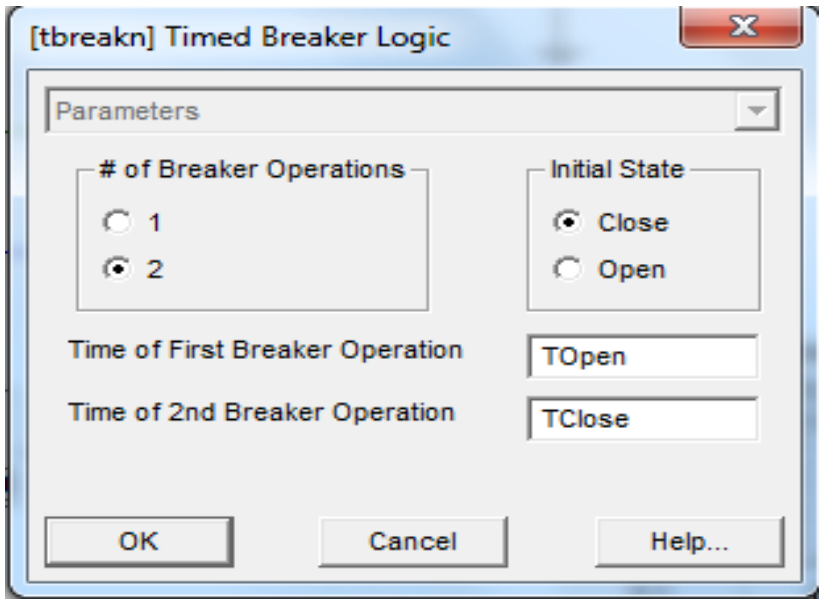
www.takbook.com

هر بریکر نیاز به کنترل کننده زمان دارد تا زمان کاری بریکر را تنظیم کند برای این منظور باید المان Timed Breaker Logic را از مسیر زیر به مدار منتقل کنید. نکته مهم در مورد این المان این است که حتما باید آن را به یک Data Label هم نام با بریکر متصل کنید تا بتواند روی همان بریکر کنترل زمان را اعمال کند، از طرف دیگر نمودار این المان به صورت تابع Sgn عمل می‌کند که در طرح کلی مدار مشاهده می‌شود.



(شکل ۴.۴): مسیر انتخاب Timed Breaker Logic

روی Timed Breaker Logic دابل کلیک کنید و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.



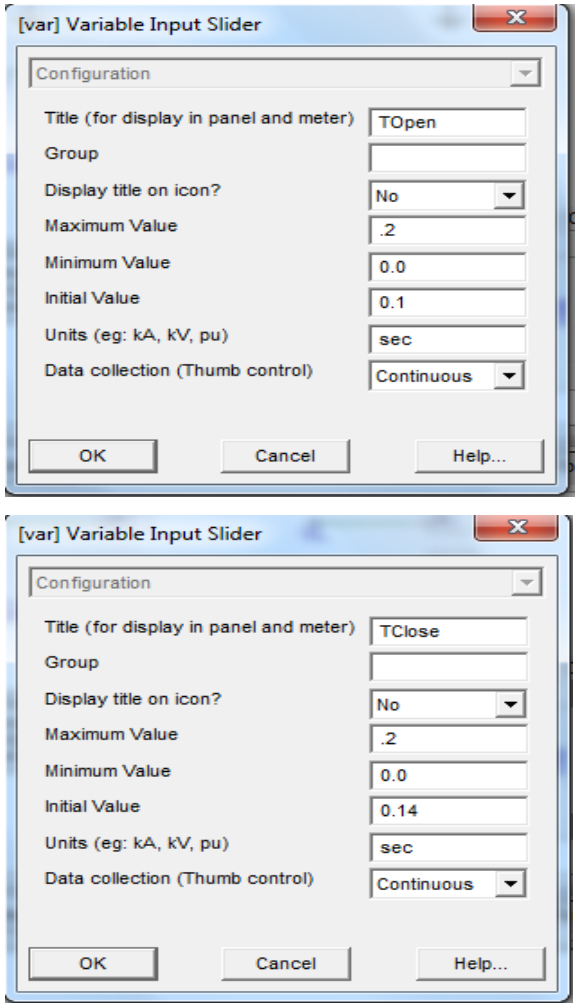
(شکل ۵.۴): تنظیم Timed Breaker Logic

www.takbook.com

قسمت of Breaker Operations مربوط به عملکرد بریکر می‌باشد که اگر یک انتخاب شود بریکر فقط می‌تواند یک حالت باز یا بسته داشته باشد و اگر دو انتخاب شود بریکر می‌تواند در بازه‌ای از زمان باز و بسته شود. حالت اولیه به صورت بسته انتخاب شده است. هر بریکر نیاز به زمان‌های عملکرد اولیه و ثانویه دارد ولی چون در این مثال از کنترل کننده‌های هم زمان استفاده کردیم در این دو قسمت کافی است نام‌هایی را که مشاهده می‌کنید وارد کرده تا در قسمت بعد آن‌ها را فراخوانی کنیم.

در این مثال از کنترل کننده‌های هم زمان استفاده کرده‌ایم تا زمان قطع و وصل بریکر به صورت لحظه‌ای قابل مشاهده و تغییر باشد برای این منظور از قسمت Control Palette المان Slider را دو بار به مدار منتقل کنید و روی هرکدام دابل کلیک کرده و نام آن ها را تغییر دهید. هدف این است که بریکر در زمان۰,۱s باز شود و در زمان ۰,۱۴s بسته شود بنابراین در قسمت Initial Value این دو مقدار را برای هر کدام اعمال کنید.

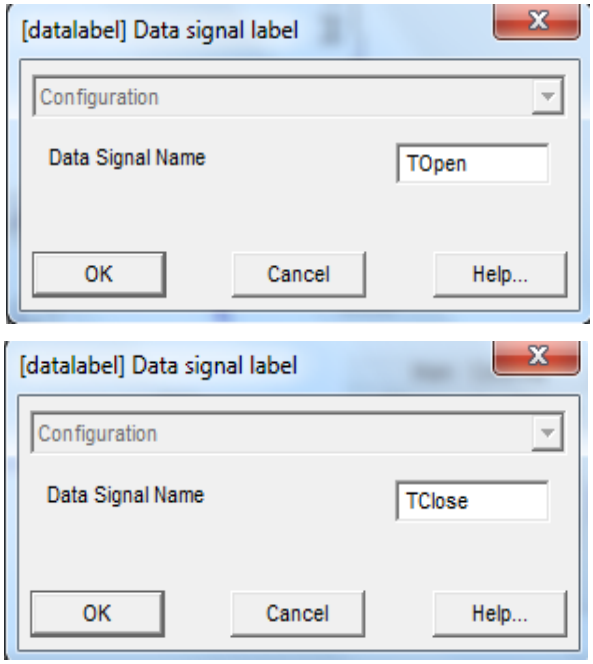
www.takbook.com



(شکل ۶.۴): تنظیم Slider

نکته مهم برای این المان این است که حتما باید به یک Data Label متصل شود و نام آن متناسب با زمان قطع و وصل مربوط به Timed Breaker Logic Closed باشد بنابراین تنظیمات زیر را برای هر کدام اعمال کنید.

www.takbook.com



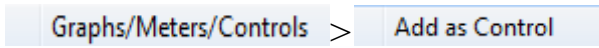
(شکل ۷.۴): تنظیم Data Label

اکنون برای اینکه بتوانیم مقادیر Slider را به طور هم‌زمان مشاهده و کنترل کنیم باید گراف مخصوص آن را فراخوانی کنیم. از قسمت Control Palette روی گزینه Control Panel کلیک کرده و دو بار این گراف را برای هر Slider به مدار منتقل کنید.

(شکل ۸.۴): Control Panel

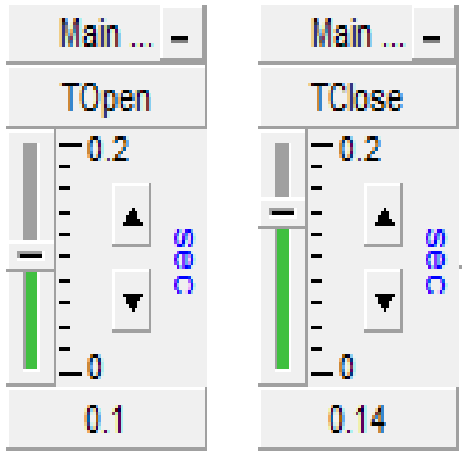
www.takbook.com

اکنون مشابه روشی که نمودارها را به گراف منتقل می‌کردیم عمل می‌کنیم. برای این منظور روی هر Slider راست کلیک کرده و از مسیر زیر آن را Add می‌کنیم.



(شکل ۹.۴): مسیر اضافه کردن Slider به کنترل‌پنل

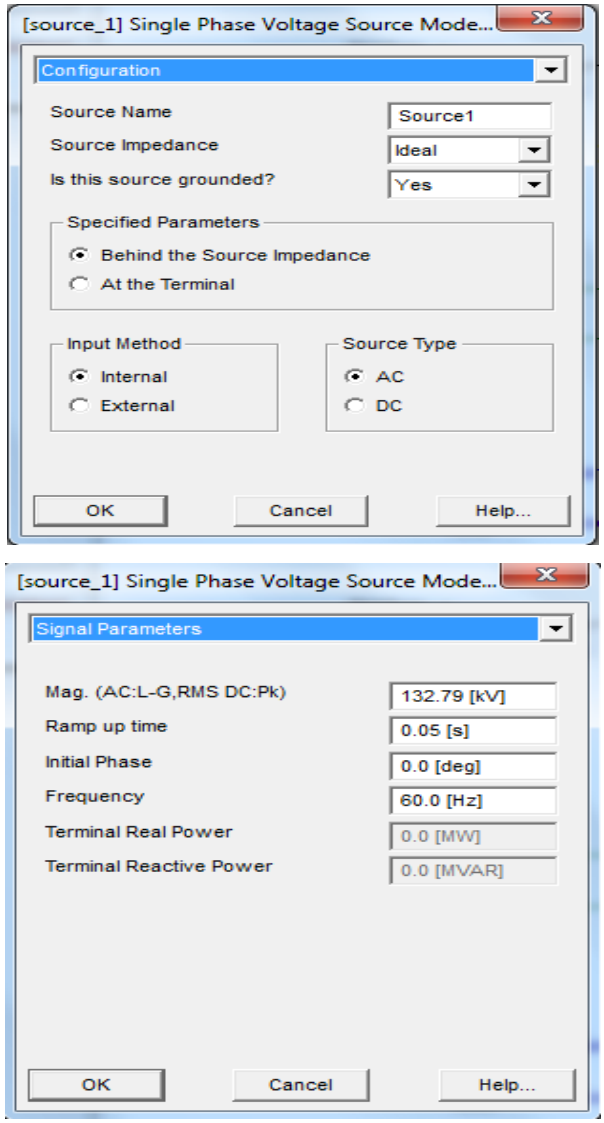
و روی هر Control Panel آن را Past می‌کنیم.



(شکل ۱۰.۴): کنترل‌پنل

اکنون براحتی می‌توانید به کمک این المان زمان قطع و وصل بریکر را تغییر دهید. در انتها برای منبع، تنظیمات زیر را اعمال کنید.

www.takbook.com

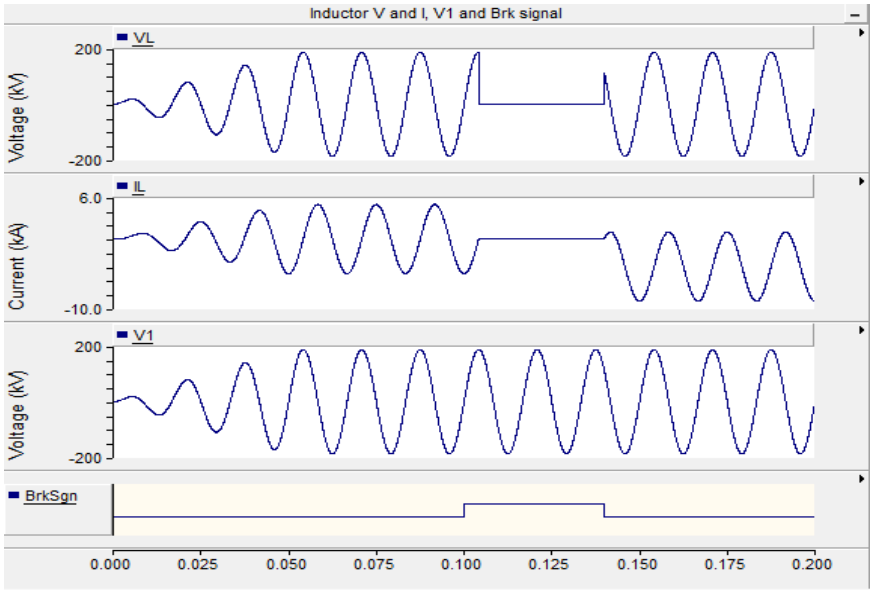


(شکل ۱۱.۴): تنظیم منبع‌ولتاژ

تا اینجا مدار تکمیل شده و آماده شبیه‌سازی می‌باشد بعد از Run کردن مدار نتایج زیر قابل مشاهده می‌باشد.

www.takbook.com

۴-۳- شبیه‌سازی



(شکل ۱۲.۴): شبیه‌سازی

همان طور که مشاهده می‌کنید بعد از باز شدن بریکر، مقدار ولتاژ و جریان به صفر می‌رسد و بعد از وصل شدن بریکر، سطح دامنه جریان تغییر می‌کند که باید برای کنترل شبکه به آن توجه شود.

www.takbook.com

فصل پنجم

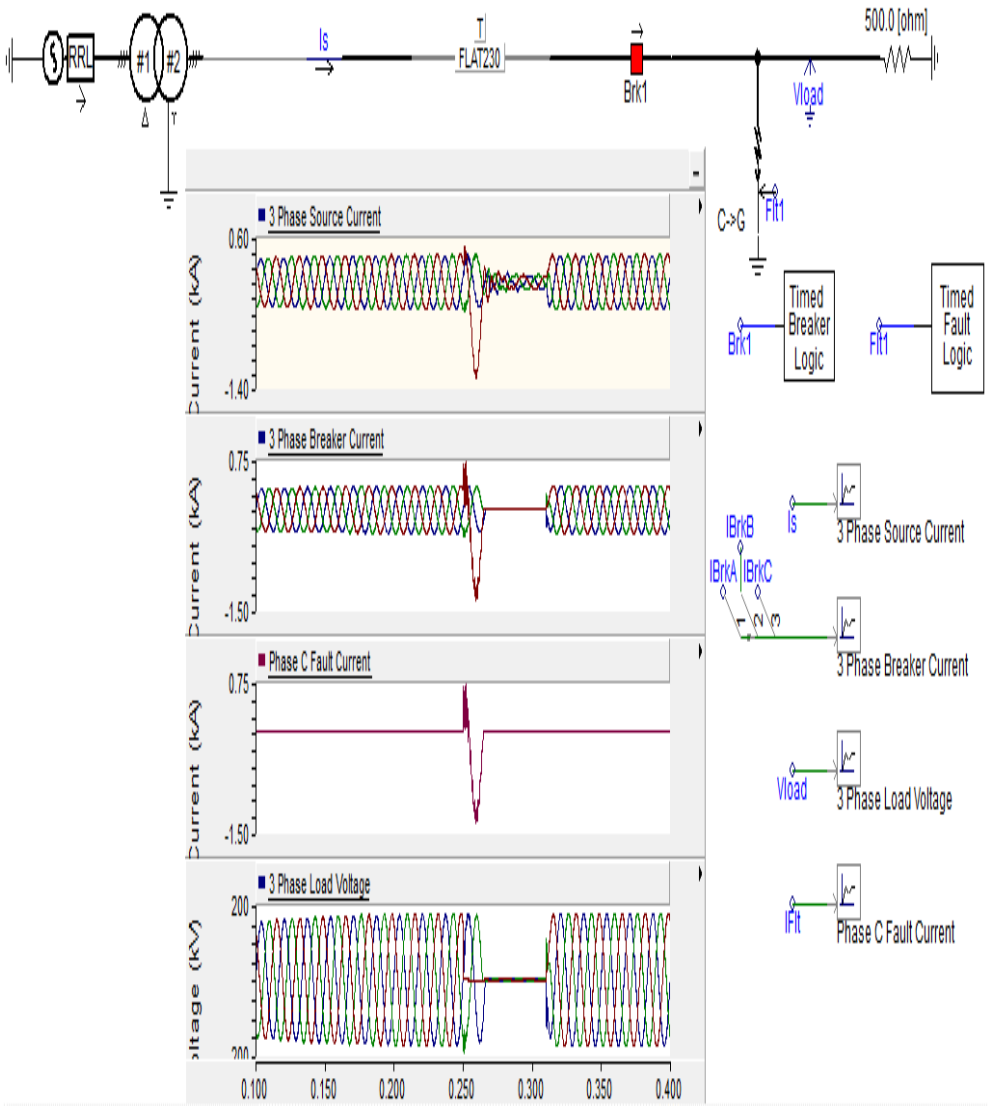
شبیه‌سازی خط انتقال سه‌فاز

۵– مقدمه

در این فصل با شبیه‌سازی خط انتقال سه‌فاز با طول ۱۰۰ کیلومتر آشنا خواهید شد. همچنین نحوه‌ی اعمال خطا در بار خروجی و عمل کردن بریکر به منظور خارج کردن خطا توضیح داده خواهد شد.

www.takbook.com

۵-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۵): طرح مدار

www.takbook.com

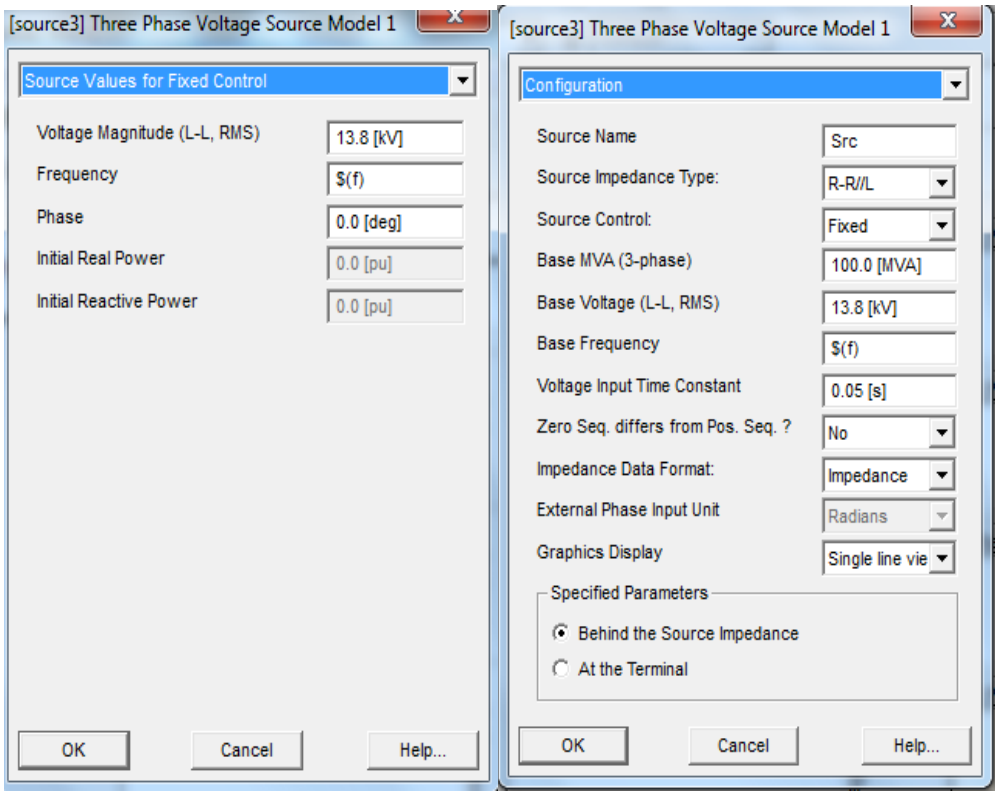
۵-۲- اجرای شبیه‌سازی

برای شروع صفحه‌ای جدید ایجاد کنید و ابتدا منبع ولتاژ را از مسیر زیر فراخوانی کنید.

Master Library > Sources > 7. Three Phase Voltage Source Model 1

(شکل ۲.۵): مسیر انتخاب منبع ولتاژ

اکنون تنظیمات زیر را روی منبع اعمال کنید.



(شکل ۳.۵): تنظیمات منبع ولتاژ

www.takbook.com

نکته قابل توجه این می‌باشد که خط و تمام المان‌های آن بجز بار اهمی سه‌فاز است ولی ما آن را به صورت تک‌فاز نشان می‌دهیم، برای ترانسفورمر از مسیر زیر اقدام کنید.

Master Library > Transformers > 6. 3 Phase 2 Winding Transformer

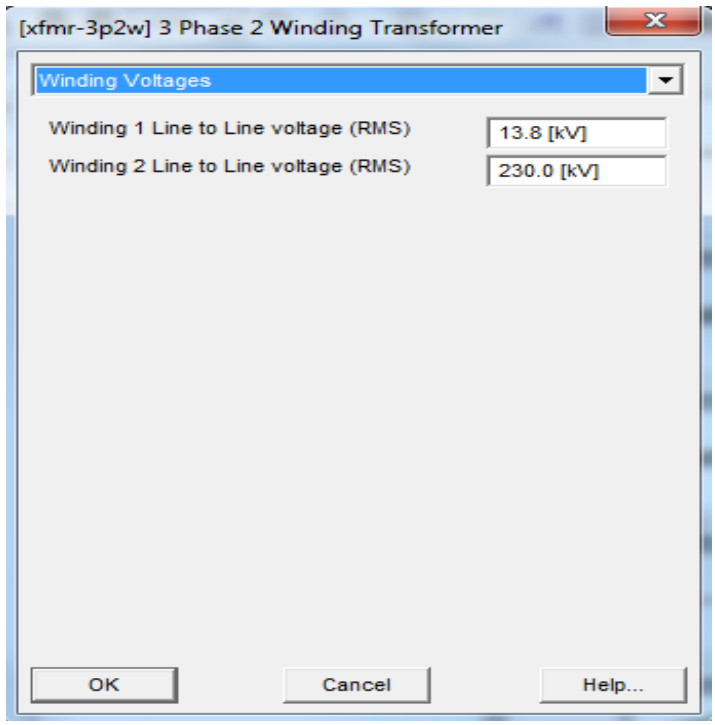
(شکل ۴.۵): مسیر انتخاب ترانسفورمر

برای تنظیمات ترانسفورمر مطابق با سربرگ‌های زیر عمل کنید.

(شکل ۵.۵): تنظیم ترانسفورمر

www.takbook.com

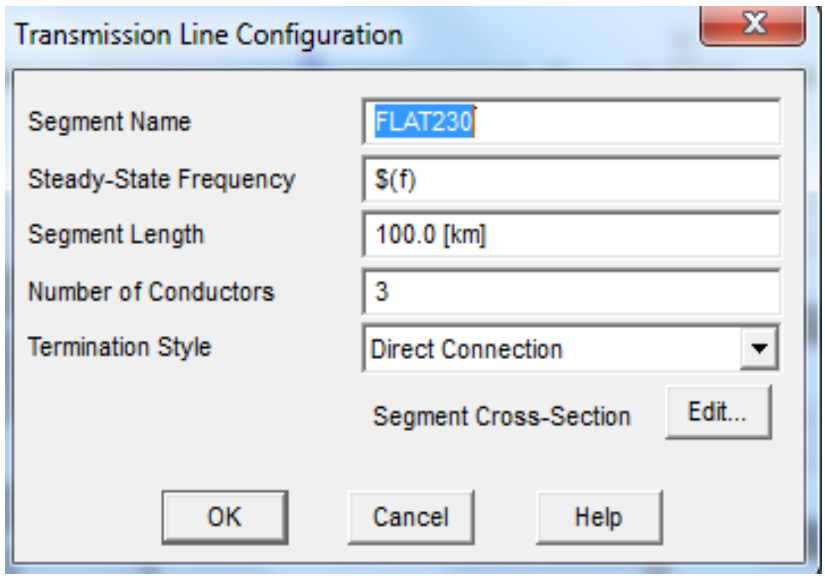
اکنون نکات مهم را در این سربرگ توضیح می‌دهیم. در سطر سوم فرکانس مبنا خواسته می‌شود اگر مقدار معینی مد نظر نباشد، حتما باید از عبارت $(f) استفاده کنید، در غیر اینصورت مدار Run نمی‌شود. سطر چهارم و پنجم مربوط به نوع سیم‌پیچی ترانسفورمر در سمت اولیه و ثانویه می‌باشد که دلیل این کار را در قسمت نتیجه گیری بیان می‌کنیم و در انتها حالت نمایش را به صورت تک‌فاز دایره‌ای تنظیم کنید. سایر سطر ها در همان حالت اولیه باقی می‌ماند. در سربرگ بعدی که مربوط به ولتاژ سیم پیچی‌های اولیه و ثانویه است تنظیمات زیر را اعمال کنید، سایر سربرگ‌ها را در همان حالت پیش فرض نگه دارید.



(شکل ۶.۵): تنظیم ترانسفورمر

www.takbook.com

اکنون باید خط انتقال را به مدار منتقل کنید برای این منظور از قسمت Electrical Palette المان T-Line Configuration را به مدار منتقل کرده و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.

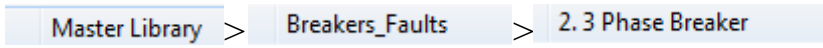


(شکل ۷.۵): تنظیم خط انتقال

در سطر اول نامی دلخواه داده شده است، در سطر دوم حتما باید در قسمت فرکانس حالت پایدار از عبارت (f) استفاده کنید. در سطر سوم طول خط انتقال را اعمال کنید. سطر چهارم بدلیل سه‌فاز بودن خط می‌باشد و مربوط به حالت‌های اتصال خط انتقال است اگر حالت Direct Connection انتخاب شود دو انتهای خط انتقال باز است و می‌تواند به خط متصل شود. اگر حالت Remote Ends انتخاب شود نیازی به وصل کردن مستقیم

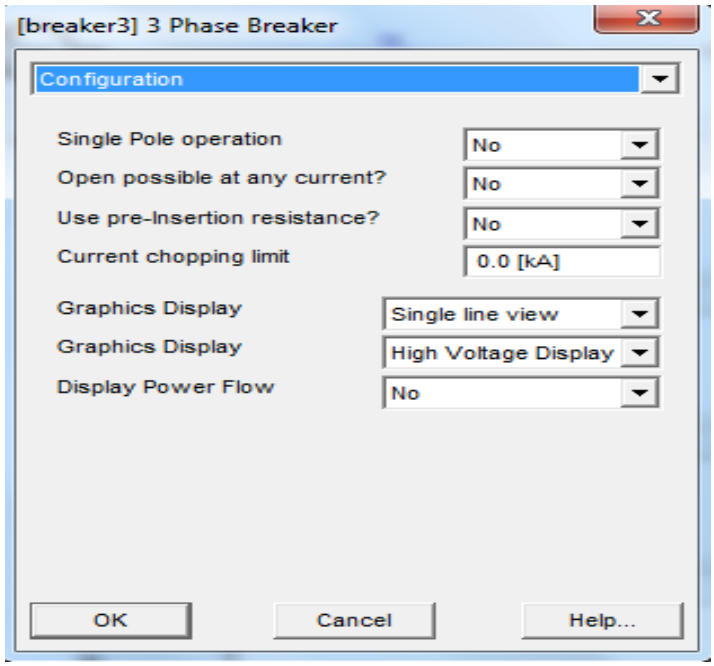
www.takbook.com

خط انتقال نمی‌باشد و می‌توان با نام گذاری آن را به مدار متصل کرد. برای بریکر از مسر زیر اقدام کنید.



(شکل ۸.۵): مسیر انتخاب بریکر سه‌فاز

روی بریکر دابل کلیک کرده و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.

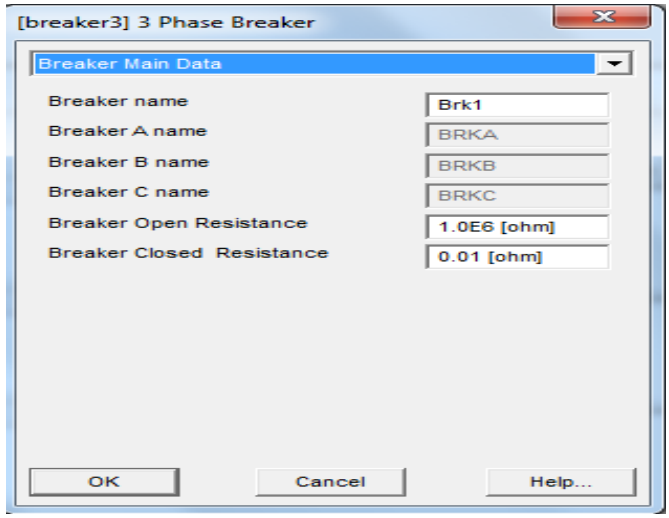


(شکل ۹.۵): تنظیم بریکر سه‌فاز

در سطر پنجم حالت گرافیکی را به صورت تک خط تنظیم کنید و سایر سطرها را به همان صورت پیش فرض در نظر بگیرید. سطر ششم که در دو گزینه ولتاژ پایین و ولتاژ

www.takbook.com

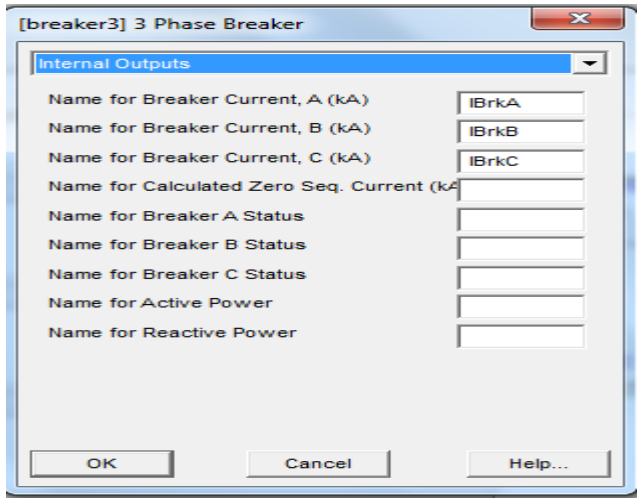
بالا مطرح شده تنها حالت گرافیکی نمایش بریکر را نشان می‌دهد و از اهمیت محاسباتی برخوردار نیست. در سربرگ بعدی تنظیمات زیر را اعمال کنید.



(شکل ۱۰.۵): تنظیم بریکر سه‌فاز

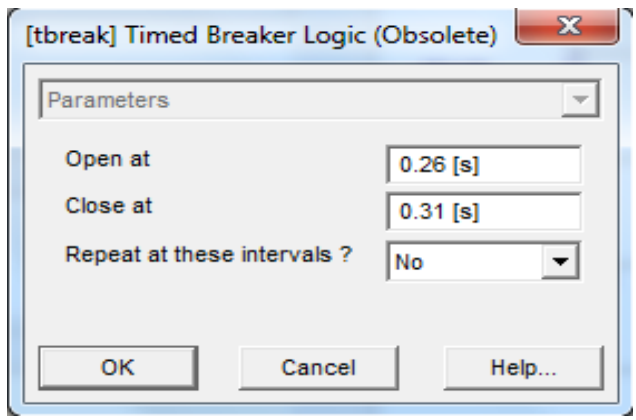
در این سربرگ بعد از نام گذاری دو مقاومت حالت باز و حالت بسته داریم که در دقت حل مثال از اهمیت بالایی برخودار هستند. مقاومت حالت باز بریکر به این دلیل است که در حالت باز نباید جریانی از مدار عبور کند بنابراین هرچه این مقاومت بزرگتر باشد دقت بالاتر است (منظور از E_{ϵ} همان 10^{6} می‌باشد). مقاومت حالت بسته بریکر به این دلیل است که در حالت بسته بریکر باید همانند سیم عمل کند در نتیجه باید این مقاومت دارای مقدار کم باشد که معمولا ۰,۰۱ انتخاب می‌شود. در سربرگ بعدی نام هر فاز بریکر را مطابق زیر تنظیم کنید و سایر سریرگ‌ها را درهمان حالت پیش فرض نگه دارید.

www.takbook.com



(شکل ۱۱.۵): تنظیم بریکر سه‌فاز

برای بریکر المان Timed Breaker Logic را به صورت زیر تنظیم کنید.



(شکل ۱۲.۵): تنظیم Timed Breaker Logic

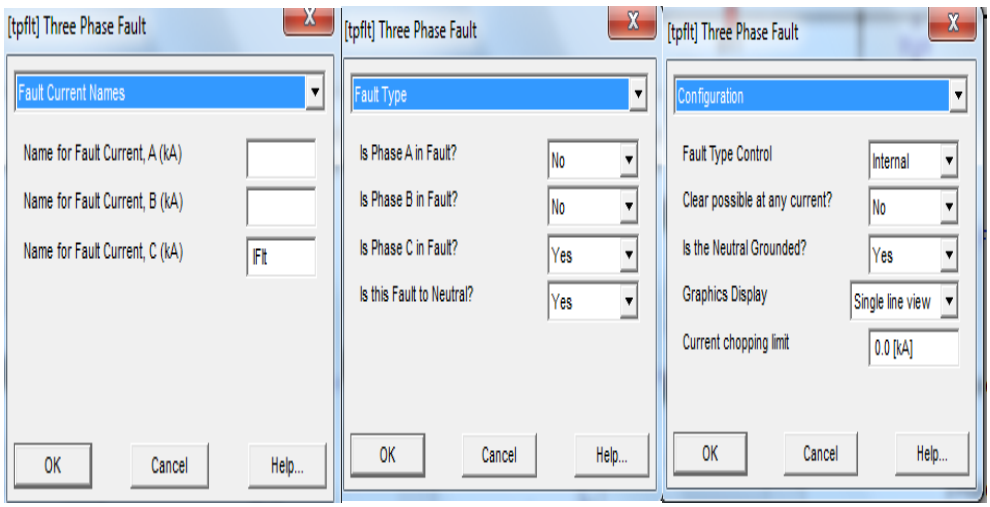
اکنون باید خطای سه‌فاز را به مدار منتقل کنیم برای این منظور از مسیر زیر اقدام کنید.

www.takbook.com

Master Library > Breakers_Faults > 5. Three Phase Fault

(شکل ۱۳.۵): مسیر انتخاب خطای سه‌فاز

و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.

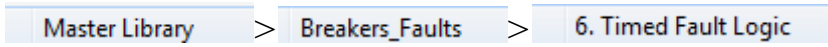


(شکل ۱۴.۵): تنظیم خطای سه‌فاز

هدف ما در این بریکر این است که فقط فاز C دارای خطا باشد و بتوانیم نمودار جریان خطا را در فاز C مشاهده کنیم به همین منظور تغییرات بالا را اعمال کردیم، (همان طور که قبلا نیز اشاره شد هر سربرگی که توضیح داده نمی‌شود را به همان حالت اولیه در نظر می‌گیریم که توضیح دادن تمام نکات در هر المان باعث افزایش بیش از حد حجم کتاب خواهد شد بنابراین تنها نکات اصلی و مورد نیاز توضیح داده می‌شود). هر خطا نیاز به یک

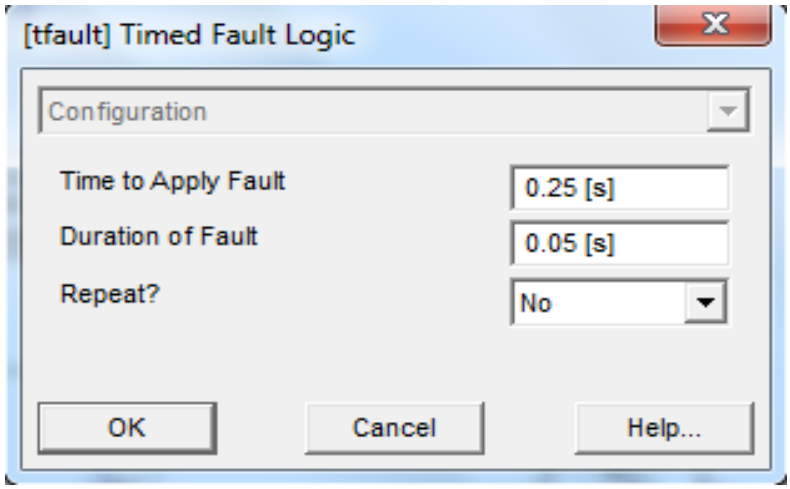
www.takbook.com

Timed Fault Logic که زمان اعمال خطا و مدت آن را مشخص می‌کند. آن را از مسیر زیر به مدار انتقال دهید.



(شکل ۱۵.۵): مسیر انتخاب Timed Fault Logic

تنظیمات آن را نیز که مربوط به زمان اعمال خطا و مدت زمان آن می‌باشد به صورت زیر اعمال کنید.

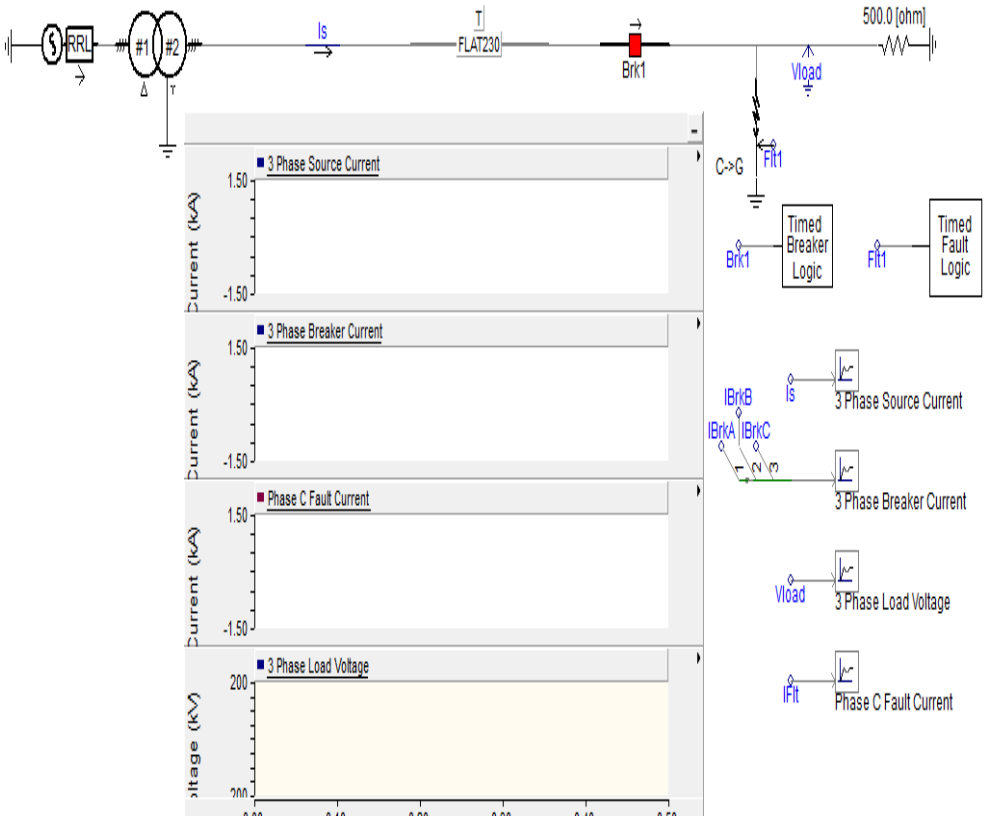


(شکل ۱۶.۵): تنظیم Timed Fault Logic

ما می‌توانستیم Timed Fault Logic را مستقیم به Fault متصل کنیم اما هر دو المان را به Data Label با نام Flt ۱ متصل کردیم که هر دو روش درست است. در انتها مقاومت و زمین‌ها را به مدار منتقل کرده و شکل مدار را تکمیل کنید.

www.takbook.com

بر طبق مطالب فصل‌های گذشته با فراخوانی نمودارها و المان‌های اندازه‌گیری آشنا شده‌اید که نیازی به توضیح مجدد نیست. تنها المان جدیدی که مشاهده می‌شود Output Channel مربوط به۳ Phase Breaker Current می‌باشد که در ادامه توضیح داده می‌شود.



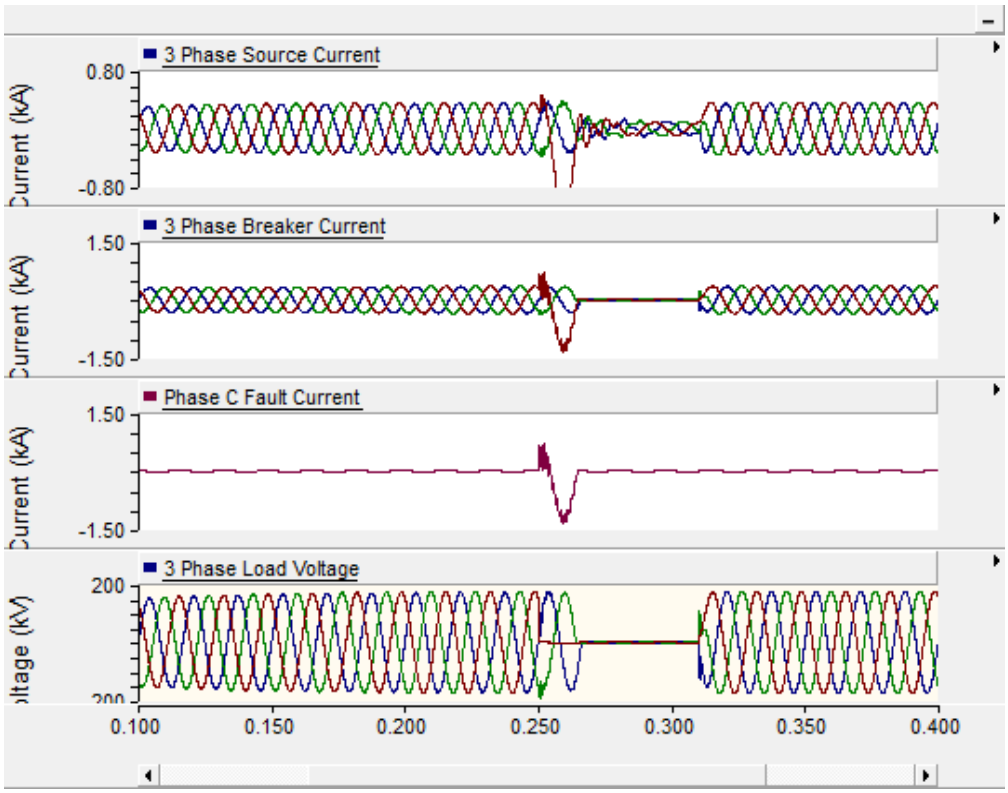
(شکل ۱۷.۵): پیاده سازی مدار

Output Channel مربوط به ۳ Phase Breaker Current به منظور مشاهده نمودار جریان هر فاز بریکر می‌باشد. چون بریکر سه‌فاز است نمودار جریان آن نیز سه‌فاز می‌باشد.

www.takbook.com

متناسب با نام‌هایی که برای هر فاز به بریکر داده بودیم سه Data Label با همین نام‌ها ایجاد می‌کنیم. برای اینکه هر سه جریان را در یک گراف مشاهده کنیم باید هر سه Data Label را به یک Output Channel متصل کنیم. برای این کار نیاز به Data Merge ۶ داریم که آن را از قسمت Control Palette به مدار منتقل کرده و اتصال آن را انجام دهید.

۵-۳- شبیه‌سازی



(شکل ۱۸.۵): شبیه‌سازی

www.takbook.com

این خط به نوعی شبیه‌سازی خط انتقال از نیروگاه به پست می‌تواند باشد، به این‌صورت که منبع ولتاژ را به عنوان ژنراتور در نظر می‌گیریم. علت استفاده از ترانسفورمر بالا بردن ولتاژ در خط انتقال بلند است، برای این منظور اولیه ترانس در حالت مثلث و ثانویه ترانس را در حالت ستاره در نظر گرفتیم. خطایی را نیز در خط انتقال شبیه‌سازی کردیم تا نتایج آن را در نمودارها مشاهده کنیم. همان طور که در نمودار مشاهده می‌کنید بعد از باز شدن بریکر، جریان منبع و بریکر از پیک دامنه خود خارج می‌شود که بحث مهمی در حفاظت شبکه و خط انتقال می‌باشد.

www.takbook.com

فصل ششم

شبیه‌سازی یکسوساز نیم‌موج و تمام‌موج

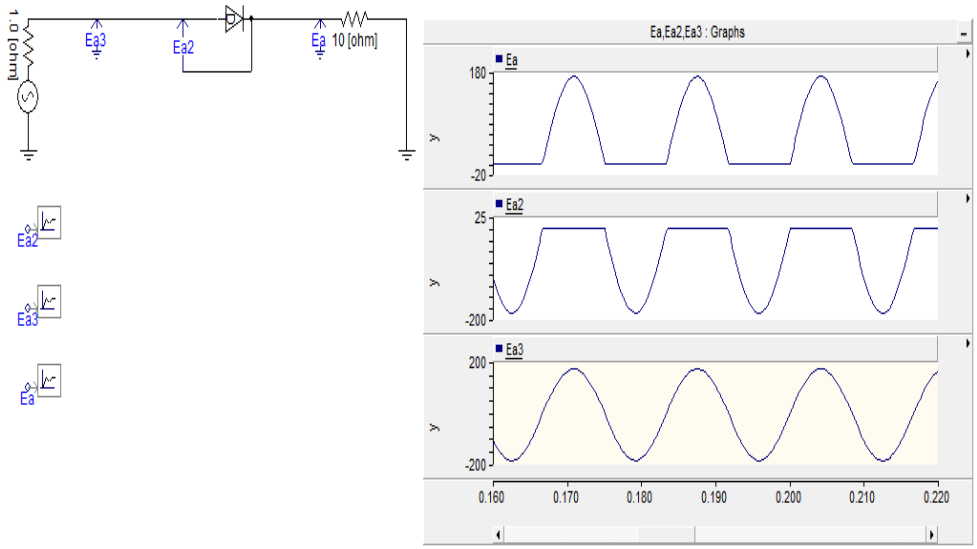
مدار تک‌فاز و سه‌فاز

۶– مقدمه

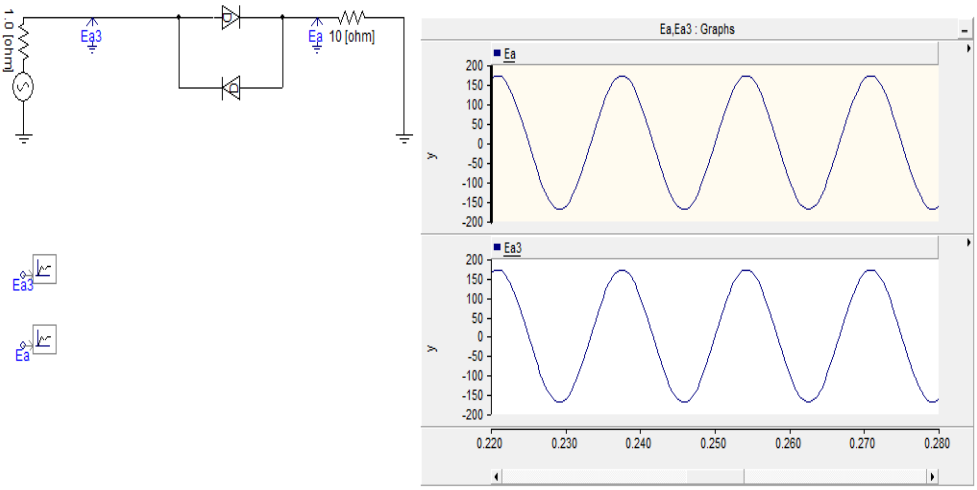
در این فصل شبیه‌سازی یکسوساز نیم‌موج و تمام‌موج مدار تک‌فاز و سه‌فاز توضیح داده خواهد شد.

www.takbook.com

۶-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۶): یکسوساز نیم‌موج تک‌فاز



(شکل ۲.۶): یکسوساز تمام‌موج تک‌فاز

www.takbook.com

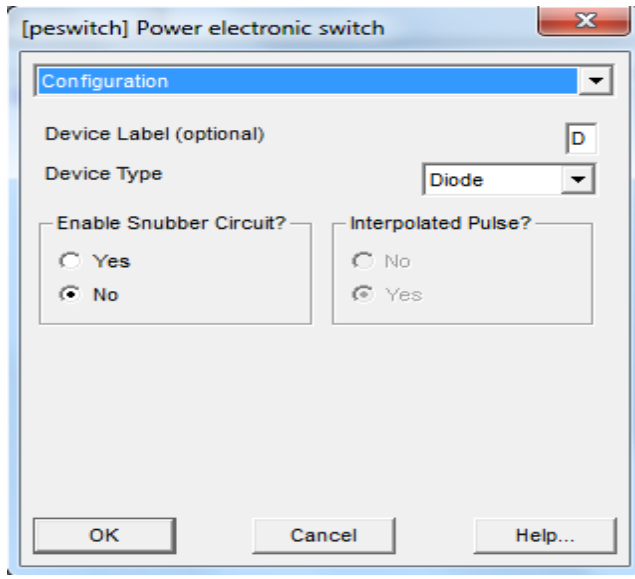
۶-۲- یکسوساز تک‌فاز

بعد از اینکه صفحه‌ای جدید ایجاد کردید همان طور که در مدار یکسوساز نیم‌موج مشاهده می‌کنید نیاز به دیود داریم که آن را از مسیر زیر به مدار منتقل کنید.

Master Library > HVDC_FACTS_PE > 1. Power electronic switch

(شکل ۳.۶): مسیر انتخاب سوئیچ

این سوئیچ می‌تواند با تنظیم دلخواه بصورت Thyristor - IGBT - GTO - Diode و Transistor باشد. روی آن دابل کلیک کنید و تنظیمات زیر را روی آن اعمال کنید.



(شکل ۴.۶): تنظیمات سوئیچ

www.takbook.com

در قسمت Device Type نوع سوئیچ انتخاب می‌شود. در قسمت Enable Snubber Circuit اگر بخواهیم سوئیچ موازی با یک مدار RC سری باشد Yes و در غیر اینصورت No انتخاب می‌شود (این موضوع در درس ها و مدارهای الکترونیک قدرت مطرح می‌باشد). سایر سربرگ‌ها را به صورت اولیه نگه دارید. برای اینکه بتوانیم ولتاژ دو سر دیود را مشاهده کنیم از ولت‌متر زمین نشده استفاده کرده و سر دیگر آن را به قطب منفی دیود (کاتد) متصل کنید. منبع ولتاژ نیز از نوع منبع ولتاژ تک‌فاز مدل ۲ است که تنظیمات و مقدار ولتاژ آن را همان حالت اولیه در نظر گرفته و نیازی به هیچ تغییری در آن نمی‌باشد.

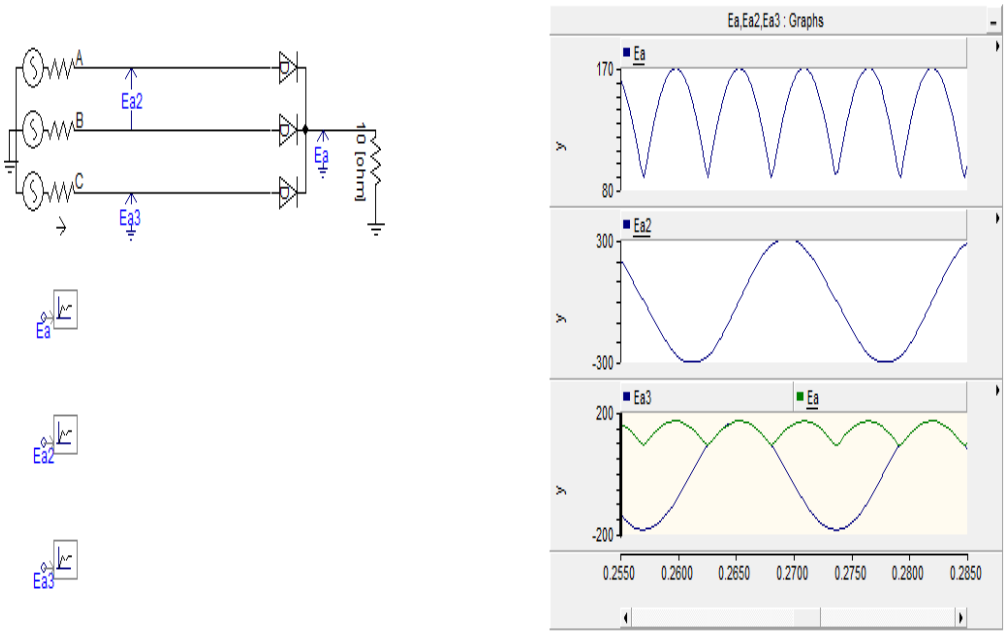
سایر المان‌های مدار را همان طور که آموخته اید به مدار اضافه کنید. بعد از Run کردن، مشاهده می‌کنید که در نیم سیکل اول دیود هدایت می‌کند بنابراین ولتاژ دو سر بار، همان ولتاژ دو سر منبع است و چون هدایت دیود مشابه تبدیل شدن دیود به یک سیم است، ولتاژ دو سر دیود صفر می‌باشد، که در ولت‌متر دوم ملاحضه می‌کنید. در نیم سیکل منفی، دیود هدایت نمی‌کند بنابراین ولتاژ دوسر بار صفر می‌شود و تمام ولتاژ منبع روی دو سر دیود که باز است قرار می‌گیرد بنابراین ولت‌متر دوم، نیم سیکل منفی را نشان می‌دهد.

برای شبیه‌سازی یکسوساز تمام‌موج تنها کافی است دیودی دیگر را به صورت موازی و معکوس با دیود اول قرار دهید. برای این کار می‌توانید روی دیود اول راست کلیک کرده و آن را copy کنید و در قسمت دیگری از صفحه آن را Paste کنید و بعد از تکمیل مدار آن

www.takbook.com

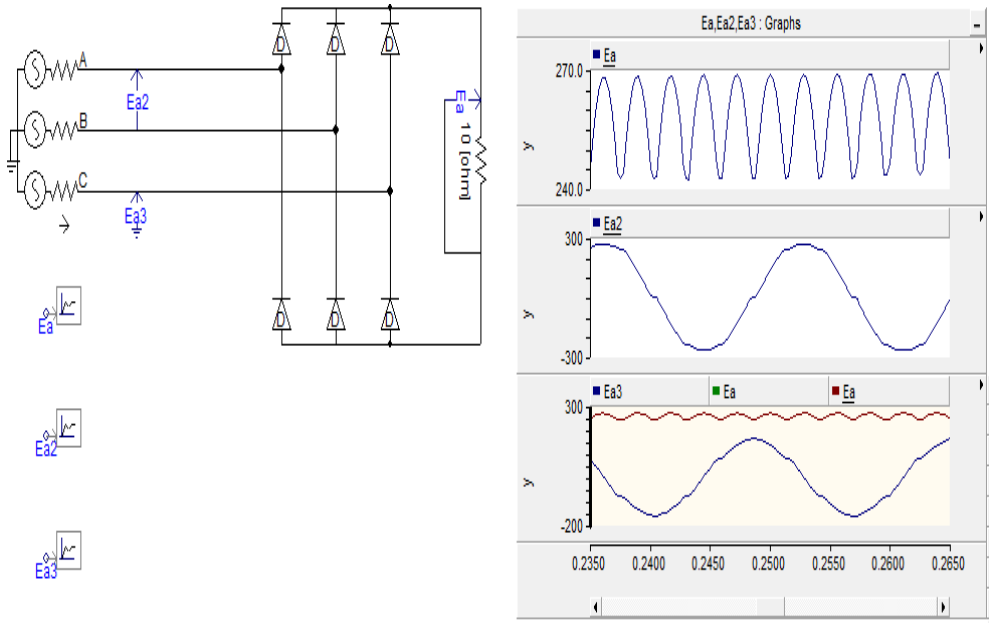
را Run کنید. مشاهده می‌کنید که در یکسوساز تمام‌موج تمام ولتاژ منبع در بار خروجی ظاهر می‌شود که دلیل آن هدایت دیود بالا، در نیم سیکل مثبت و دیود پایین، در نیم سیکل منفی است.

۶-۳- یکسوساز سه‌فاز



(شکل ۵.۶): یکسو کننده نیم‌موج سه‌فاز

www.takbook.com



(شکل ۶.۶): یکسو کننده پل سه‌فاز

ابتدا از یکسو کننده نیم‌موج شروع می‌کنیم. مطابق روشی که گفته شد دیودها را در مدار اعمال کنید. منبع سه‌فاز نیر از نوع مدل ۱ می‌باشد که آن را با همان مقادیر اولیه در مدار اعمال کنید. بعد تکمیل مدار برای اینکه بتوانیم شکل موج بار را با ولتاژ فاز منبع مقایسه کنیم هر دو را روی نمودار سوم آوردیم. برای اندازه‌گیری ولتاژ خط به خط از ولت‌متر زمین نشده استفاده می‌کنیم که در مدار قابل مشاهده است. بعد از تکمیل مدار و Run کردن مشاهده می‌کنید که ولتاژ خط به خط $Ea_۲$ دارای دامنه $\sqrt{۳}$ برابری ولتاژ فاز $Ea_۳$ می‌باشد. برای شکل موج خروجی همان طور که می‌دانید درهر منبع سه‌فاز در هر $\frac{۲\pi}{۳}$ یک فاز بالاتر از دو فاز دیگر قرار دارد که هر فازی که بالاتر باشد از دیود موجود در خط

www.takbook.com

خود هدایت می‌شود و دو دیود دیگر نمی‌توانند هدایت کنند چون ولتاژ کاتد آن‌ها از ولتاژ آند بیشتر شده است بنابراین ولتاژ بار خروجی، ولتاژ بالاترین فاز در هر $\frac{۲\pi}{۳}$ است.

اکنون مطابق شکل، یکسو کننده پل سه‌فاز مدار آن را تکمیل کنید بعد از Run کردن مشاهده می‌کنید که دوره موج خروجی به $\frac{\pi}{۶}$ رسیده است. دلیل آن این است که این مدار در واقع از دو یکسوساز نیم‌موج که یکی دارای خروجی مثبت و دیگری دارای خروجی منفی است تشکیل شده که خروجی پل، تفاضل این دو خروجی نیم‌موج می‌باشد. (برای توضیح تکمیلی همراه با شکل موج و روابط به کتاب های الکترونیک قدرت که در قسمت مراجع به آن ها اشاره شده است مراجعه کنید).

همان طور که در شکل موج خروجی مشاهده می‌کنید ولتاژ خروجی تقریبا به صورت ثابت در آمده است. به این گونه مدارها که می‌توانند ولتاژ سینوسی (AC) را به ولتاژ ثابت (DC) تبدیل کنند یکسوساز یا Rectifier می‌گویند که در درس الکترونیک قدرت بحث آن مطرح است.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل هفتم

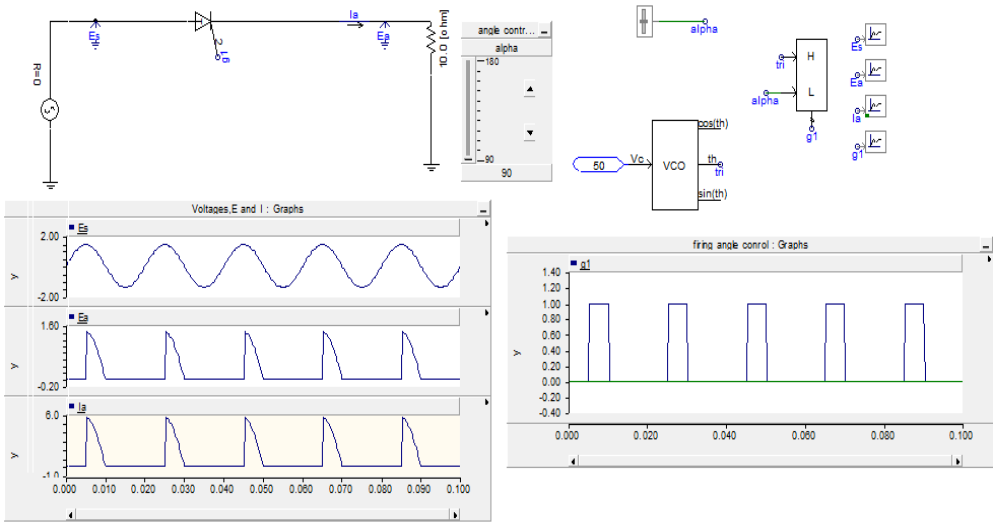
شبیه‌سازی یکسوساز تریستوری

۷– مقدمه

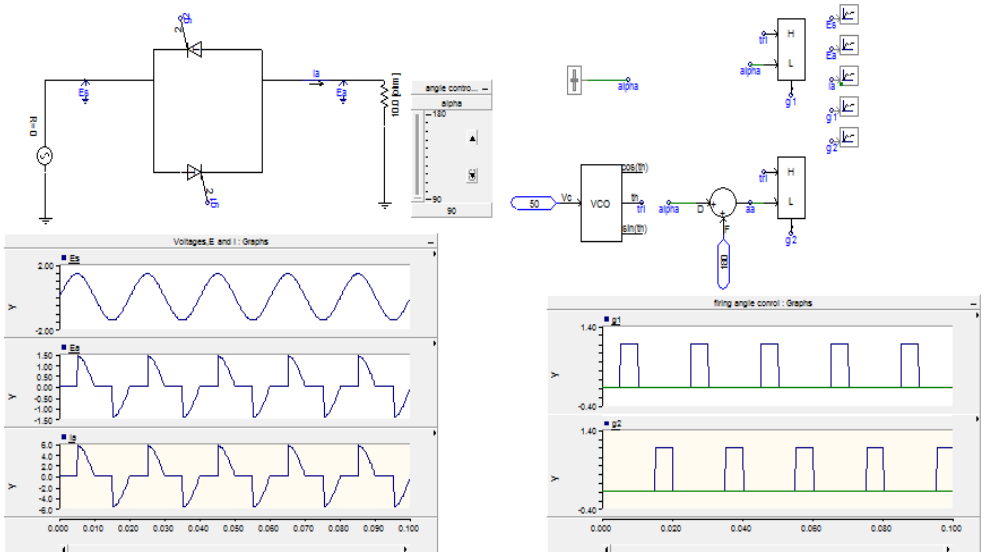
در این فصل نحوه‌ی تولید یکسوساز نیم‌موج و تمام‌موج تک‌فاز با استفاده از تریستور مطرح خواهد شد.

www.takbook.com

۷-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۷): یکسوساز تریستوری نیم‌موج تک‌فاز



(شکل ۲.۷): یکسوساز تریستوری تمام‌موج تک‌فاز

www.takbook.com

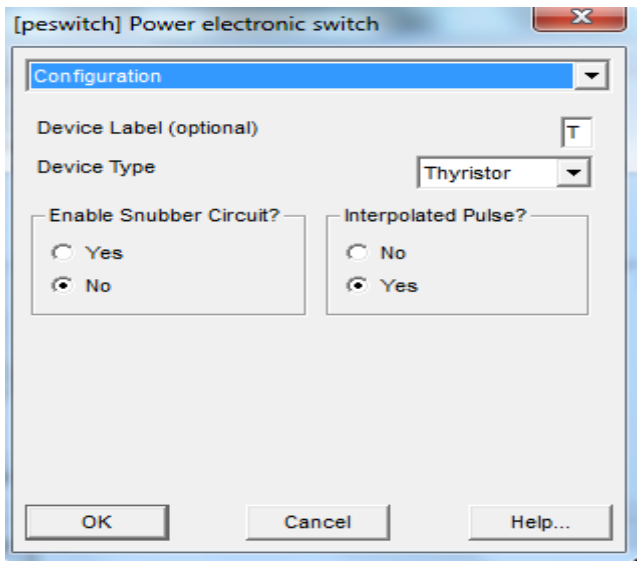
۷-۲- یکسوساز نیم‌موج تک‌فاز

برای شروع ابتدا باید تریستور را به مدار منتقل کنید. تریستور نیز نوعی سوئیچ است بنابراین از همان مسیری که برای دیود، سوئیچ را به مدار انتقال دادید یک سوئیچ به مدار منتقل کنید.

Master Library > HVDC_FACTS_PE > 1. Power electronic switch

(شکل ۳.۷): مسیر انتخاب سوئیچ

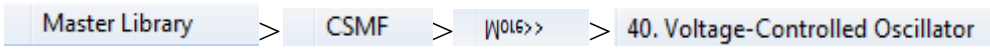
روی سوئیچ دابل کلیک کرده و وارد تنظیمات آن شوید و نوع سوئیچ را از نوع تریستور انتخاب کنید.



(شکل ۴.۷): تنظیمات سوئیچ

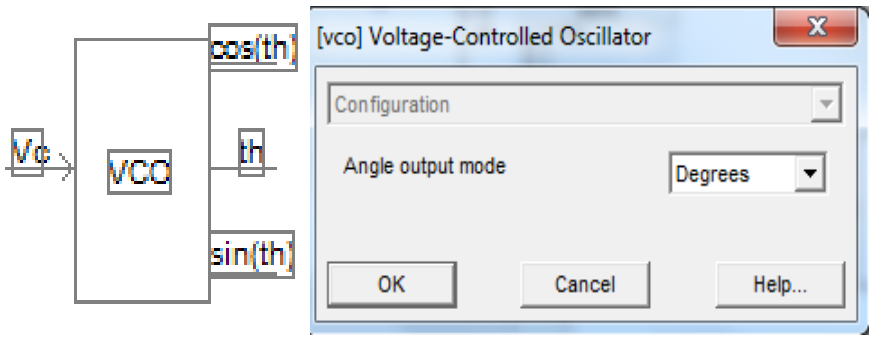
www.takbook.com

هر تریستور نیاز به یک فرمان آتش دارد تا در آن زاویه مشخص، تریستور شروع به کار کند در واقع بعد از زاویه آتش، تریستور کاملا مشابه دیود عمل می‌کند. همان طور که در درس الکترونیک قدرت بحث شده است برای ایجاد پالس آتش (پالس گیت)، موج دندانه اره‌ای با یک مقدار ثابت مقایسه می‌شود و در لحظه‌ای که موج دندانه اره‌ای بزرگتر باشد پالس آتشی با مدت زمان معین ایجاد می‌شود. برای ایجاد موج دندانه اره‌ای نیاز به المان Voltage-controlled Oscillator می‌باشد که برای آن از مسیر زیر اقدام کنید.



(شکل ۵.۷): مسیر انتخاب Voltage-controlled Oscillator

این المان مقداری ثابت را به عنوان ورودی می‌پذیرد و می‌تواند سه موج کسینوسی – سینوسی و دندانه اره‌ای را ایجاد کند. تنظیم این المان نیز به همان حالت پیش فرض است.

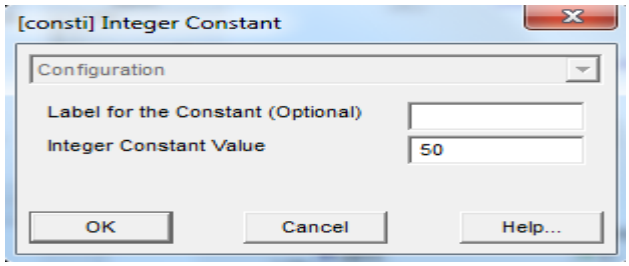


(شکل ۶.۷): تنظیم Voltage-controlled Oscillator

خروجی th این المان را به یک Data Label با نام tri می‌دهیم. این المان نیاز به یک ورودی صحیح دارد که آن را از قسمت Control Palette تحت عنوان Integer Constant

www.takbook.com

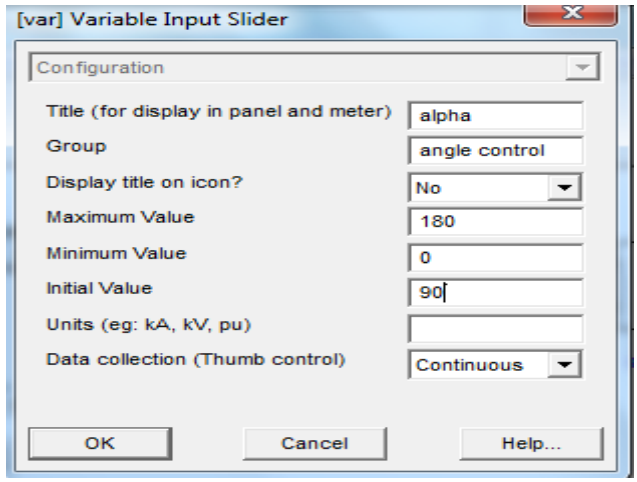
به مدار منتقل کنید و به ورودی VCO متصل کنید، تنظیم آن نیز به صورت زیر می‌باشد.



(شکل ۷.۷): تنظیم Integer Constant

لازم به ذکر است که مقدار ۵۰ داده شده برای ورودی براساس تجربه و آزمون و خطا بدست آمده که اگر مقدار آن را تغییر دهید مشاهده می‌شود که عملکرد مدار تغییر می‌کند.

برای ایجاد موج ثابت (که در این روش به عنوان زاویه آتش محسوب می‌شود) از قسمت Control Palette یک Slider به مدار منتقل کنید و تنظیمات زیر را در آن اعمال کنید.



(شکل ۸.۷): تنظیم Slider

www.takbook.com

سطر اول و دوم که مربوط به نام گذاری است. در سطر چهارم و پنجم بازه‌ای مثلثاتی برای آن تعریف کردیم. هدف ما این است که در زاویه ۹۰ درجه آتش ایجاد شود بنابراین بازه مثلثاتی را از ۰ تا ۱۸۰ تعریف کرده و مقدار اولیه را ۹۰ وارد کردیم. خروجی Slider را به یک Data Label با نام alpha متصل کنید و برای Slider گراف Control Panel را ایجاد کنید تا بتوانید زاویه های آتش مختلف را به طور هم زمان ایجاد کرده و نتایج را مشاهده کنید.

اکنون باید برای ایجاد پالس آتش، مقدار ثابت و موج دندانه‌اره‌ای را به یک مقایسه‌کننده تحت عنوان Interpolated Firing Pulses بدهیم تا بتواند پالس آتش را ایجاد کند. این المان را ازمسیر زیر فراخوانی کنید.

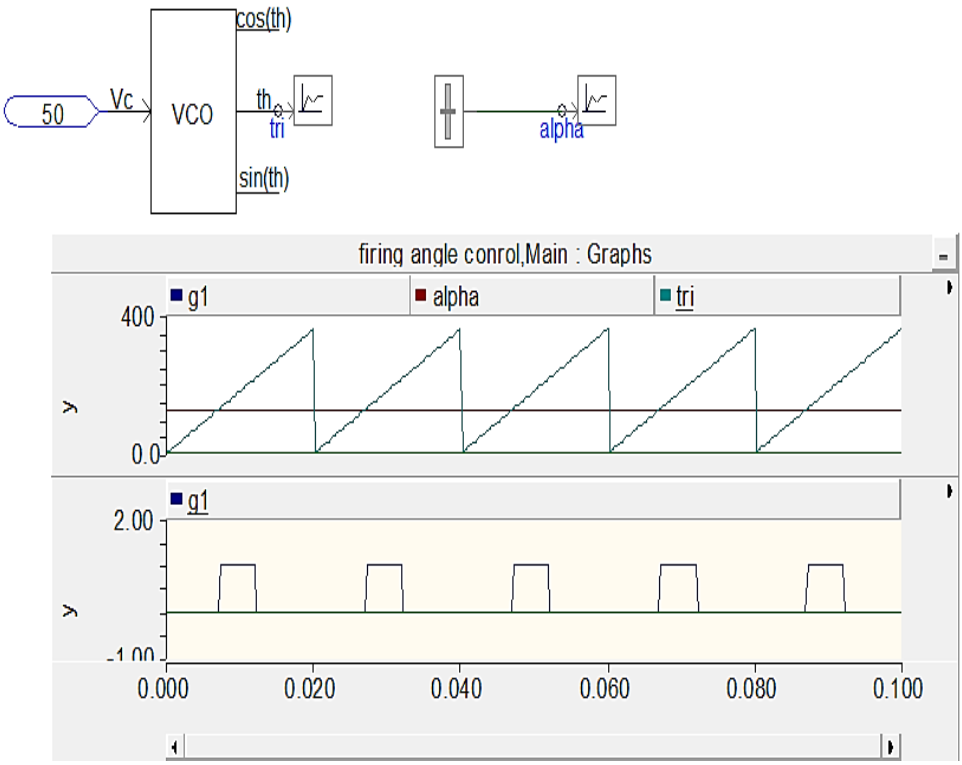
Master Library > HVDC_FACTS_PE > 4. Interpolated Firing Pulses

(شکل ۹.۷): مسیر انتخاب Interpolated Firing Pulses

تنظیمات این المان را به صورت اولیه نگه دارید. ورودی H این المان را به یک Data Label با نام tri و ورودی L را نیز به یک Data Label با نام alpha متصل کنید. خروجی این المان را نیز به یک Data Label تحت عنوان g_1 متصل کنید. خروجی g_2 همان پالس آتش مطلوب می‌باشد. بعد از تکمیل مدار و فراخوانی گراف ها آن را Run کنید. مشاهده می‌کنید که بعد از زاویه ۹۰ درجه، تریستور مانند دیود عمل می‌کند.

www.takbook.com

در این قسمت توضیحاتی درمورد نحوه ایجاد پالس آتش به شما ارائه می‌دهیم. اگر Data Label های Tri و alpha را هر کدام به یک Output Channel هم‌نام متصل کنیم و نمودار هر دو را روی یک گراف بیاوریم، نتایج زیر حاصل می‌شود.

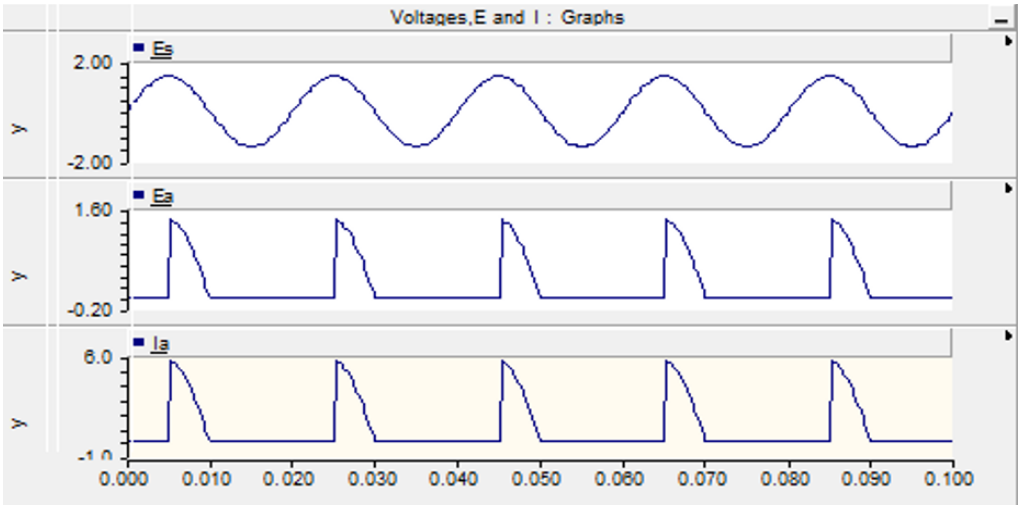


(شکل ۱۰.۷): نحوه ایجاد پالس آتش

اگر دقت کنید دقیقا در لحظه‌ای که موج دندانه اره‌ای از موج ثابت بیشتر شود پالس آتشی با مدت زمان ۰,۰۰۵s (در تنظیمات اولیه مربوط به Interpolated Firing Pulses موجود است) ایجاد می‌شود.

www.takbook.com

۷–۳– شبیه‌سازی یکسوساز نیم‌موج تک‌فاز



(شکل ۱۱.۷): یکسوساز نیم‌موج تک‌فاز

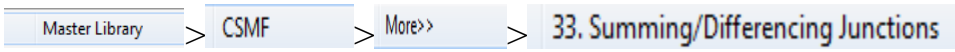
همان‌طور که مشاهده می‌شود در زاویه آتش ۹۰ درجه تریستور آتش می‌شود و شکل موج ولتاژ و جریان بصورت بالا مشاهده می‌شود.

۷–۴– یکسوساز تمام‌موج تک‌فاز

برای یکسوساز تمام‌موج ابتدا تریستوری را به صورت موازی و معکوس با تریستور اول قرا دهید. این تریستور که در مدار در قسمت بالا قرار گرفته است نیاز به پالس آتشی تحت

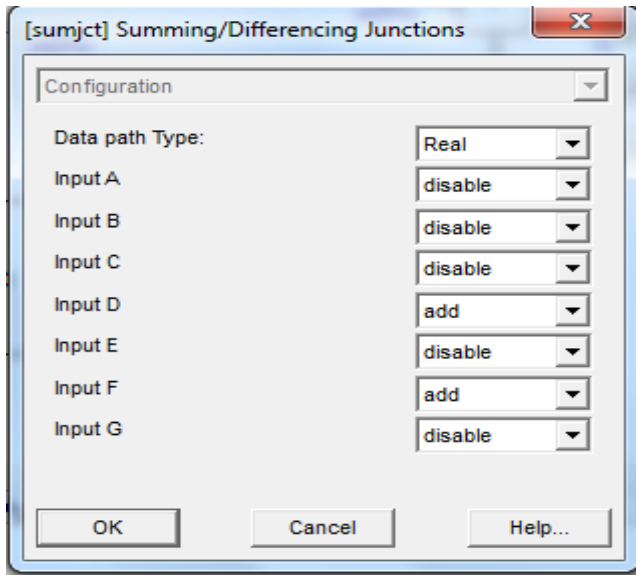
www.takbook.com

عنوان g_2 دارد تا بتواند در نیم سیکل منفی منبع تریستور بالا را آتش کند. چون بازه مثلثاتی نیم سیکل منفی از ۱۸۰ تا ۳۶۰ درجه می‌باشد بنابراین نیاز است تا زاویه alpha با یک زاویه ثابت ۱۸۰ درجه جمع شود و به همان روش مثال قبل به Interpolated Firing Pulses دوم متصل شود. مقدار ثابت ۱۸۰ درجه را با Integer Constant ایجاد کنید و برای اضافه کردن آن به زاویه alpha از یک جمع کننده استفاده کنید. برای اضافه کردن جمع کننده به مدار از مسیر زیر اقدام کنید.



(شکل ۱۲.۷): مسیر انتخاب جمع کننده

تنظیمات این المان را به صورت زیر انجام دهید.

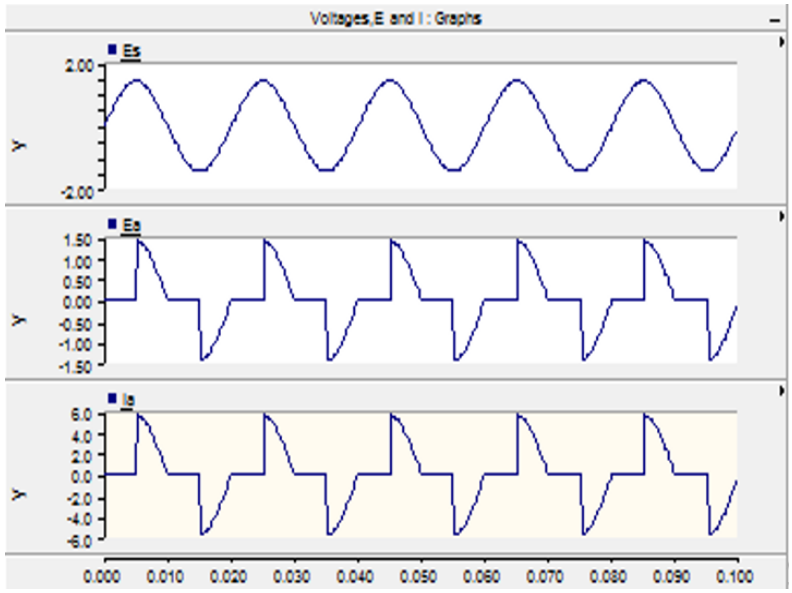


(شکل ۱۳.۷): تنظیمات جمع کننده

www.takbook.com

این المان می‌تواند تا هفت ورودی با علامت های متفاوت را بپذیرد و بعد از جمع و تفریق آن ها مقدار نهایی را در خروجی ایجاد کند.

۷–۵– شبیه‌سازی یکسوساز تمام‌موج تک‌فاز



(شکل ۱۴.۷): یکسوساز تمام‌موج تک‌فاز

بعد از تکمیل مدار آن را اجرا کنید. مشاهده می‌شود که موج نیم سیکل منفی نیز در زاویه ۲۷۰ درجه آتش می‌شود. توسط این مدارها و تریستور می‌توان مقدار متوسط موج منبع را کنترل کرده که در نتیجه می‌توان منبعی با سطوح متغیر متوسط تولید کرد.

www.takbook.com

فصل هشتم

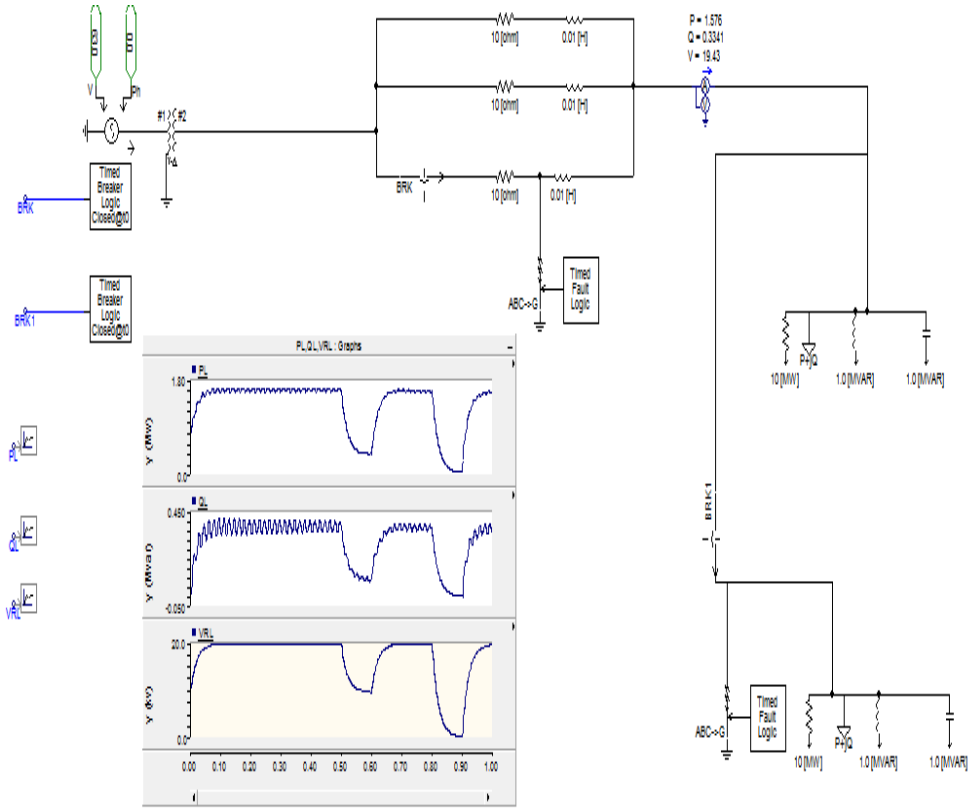
شبیه‌سازی شبکه درون شهری

۸– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی شبکه درون شهری با پست فرضی ۶۳/۲۰ kv همراه با خط انتقال و بارهای درون شهری معرفی شده و نحوه‌ی اعمال خطا در قسمت‌های مختلف شبکه و حفاظت در مقابل خطا را خواهید آموخت.

www.takbook.com

۸–۱– طرح مدار



(شکل ۱.۸): طرح مدار

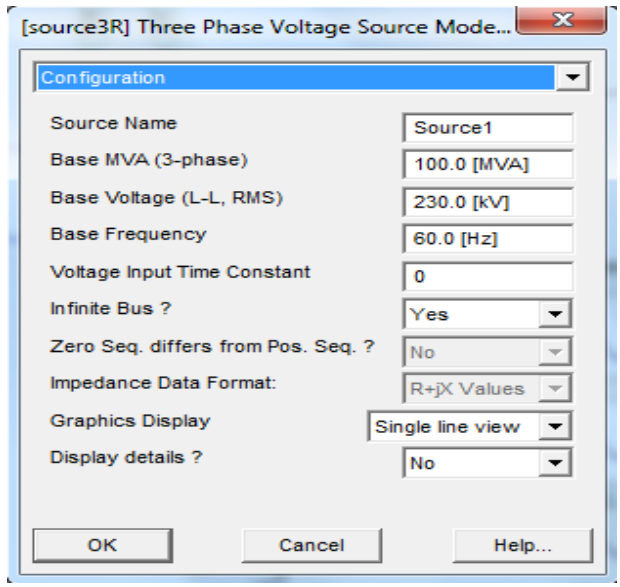
۸–۲– اجرای شبیه‌سازی

برای این مدار سعی کردیم منبع ولتاژ دیگری را به شما معرفی کنیم به همین منظور از مسیر زیر این منبع را به مدار منتقل کنید.

www.takbook.com

(شکل ۲.۸): مسیر انتخاب منبع ولتاژ مدل ۳

این منبع دارای ویژگی خوبی می‌باشد که می‌توان ولتاژ و فاز آن را از بیرون کنترل کرد و این خود باعث افزایش سرعت در تغییر مقدار منبع خواهد شد. تنظیمات منبع را به صورت زیر اعمال کنید.

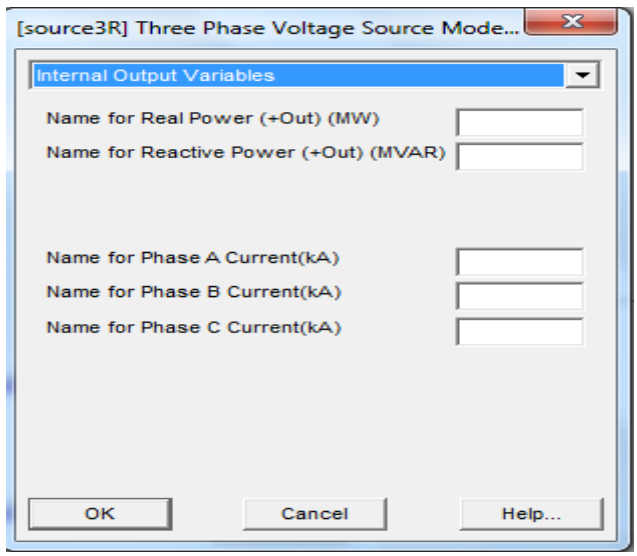


(شکل ۳.۸): تنظیم منبع ولتاژ

نکات مهم این سربرگ از سطر پنجم شروع می‌شود. سطر پنجم که ثابت زمانی ولتاژ ورودی است در واقع مدت زمانی است که منبع به مقدار نامی خود می‌رسد. در حالت اول که مقدار آن ۰,۰۵s می‌باشد به این معنی است که در این بازه زمانی به حدود ۸۰٪ مقدار نامی خود خواهد رسید که ما معمولا آن را ۰ در نظر می‌گیریم تا بتوانیم از ابتدا ولتاژ نامی

www.takbook.com

را در مدار داشته باشیم. سطر ششم در مورد قابلیت این منبع در داشتن باس بی نهایت است، اگر Yes انتخاب شود یعنی منبع دارای باس بی نهایت بوده بنابراین نیاز به وارد کردن امپدانس نمی‌باشد. اگر No انتخاب شود یعنی منبع دارای امپدانس است در این حالت پارامترهای سطر هفتم و هشتم فعال می‌شود. سطر هفتم مربوط به قابلیت توالی صفر امپدانس است (در حالت عادی این منبع دارای امپدانس با توالی مثبت بوده و اگر این گزینه فعال شود امپدانس می‌تواند دارای توالی صفر باشد). سطر هشتم نوع امپدانس منبع را مشخص می‌کند. سربرگ‌های دوم و سوم این منبع به ترتیب مربوط به مقدارهای امپدانس توالی مثبت و توالی صفر می‌باشد. سربرگ آخر به صورت زیر می‌باشد و نیازی به تغییر ندارد البته توضیح آن را در ادامه عرض می‌کنیم.

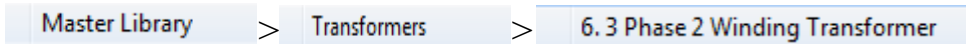


(شکل ۴.۸): تنظیم منبع ولتاژ

www.takbook.com

این صفحه مربوط به قابلیت این منبع در نمایش مقادیر توان و جریان هر فاز می‌باشد که برای این منظور می‌توانید هر قسمت را نام گذاری و توسط Data Label نام آن را فراخوانی کرده و سپس گراف مربوط به آن را اعمال کنید. نکته آخر در مورد این منبع دو مقدار ثابت است که قسمت V مربوط به دامنه ولتاژ خط به خط RMS برحسب KV می‌باشد که باید توسط المان Integer Constant مقدار آن را ۶۳ قرار دهید. برای فاز نیز کافی است با همین روش مقدار ۰ را به آن اعمال کنید.

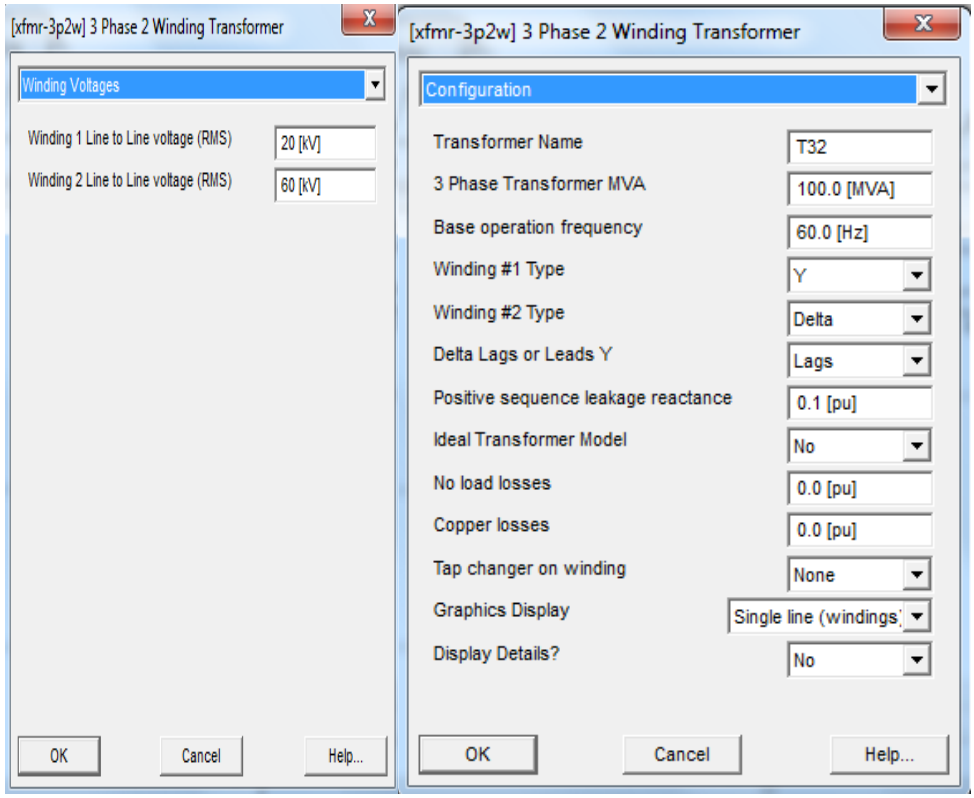
برای ترانسفورمر از مسر زیر آن را به مدار اضافه کنید.



(شکل ۵.۸): مسیر انتخاب ترانسفورمر

برای تنظیمات آن نیز تنها کافی است دو سربرگ زیر را تنظیم کرده و سایر سربرگ‌ها را در همان حالت اولیه نگه دارید.

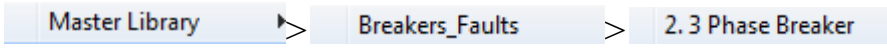
www.takbook.com



(شکل ۶.۸): تنظیمات ترانسفورمر

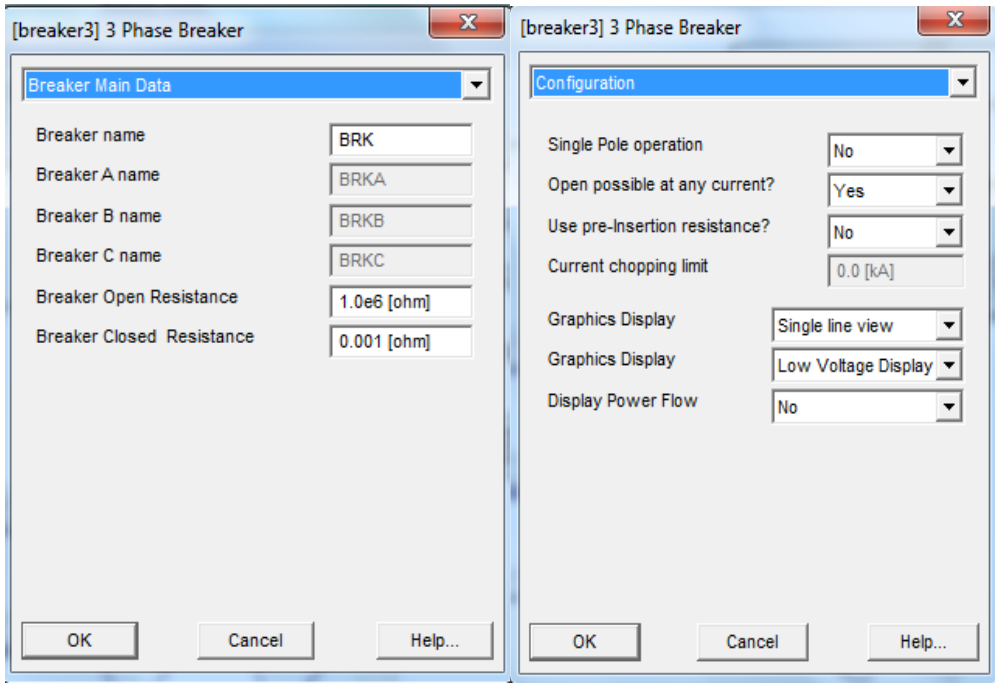
لازم به توضیح است که سایر سربرگ‌ها تنها مربوط به نام گذاری پارامترهای مختلف ترانسفورمر برای نمایش گراف آن‌ها می‌باشد که در این مثال نیازی به این کار نیست.

بریکر از نوع سه‌فاز بوده که آن را از مسیر زیر به مدار منتقل کرده و سپس تنظیمات زیر را در آن اعمال کنید.



(شکل ۷.۸): مسیر انتخاب بریکر

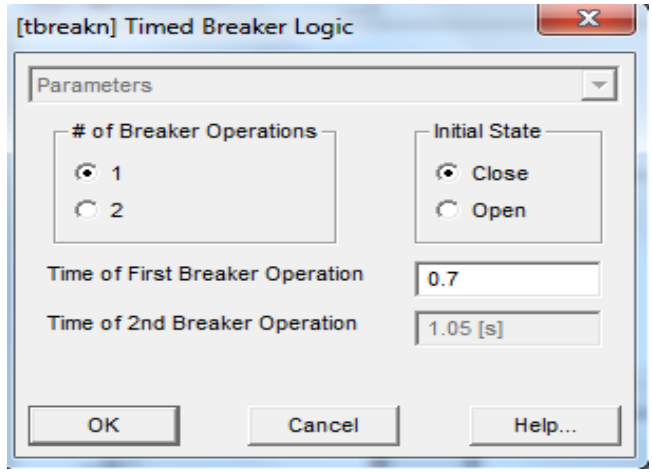
www.takbook.com



(شکل ۸.۸): تنظیمات بریکر

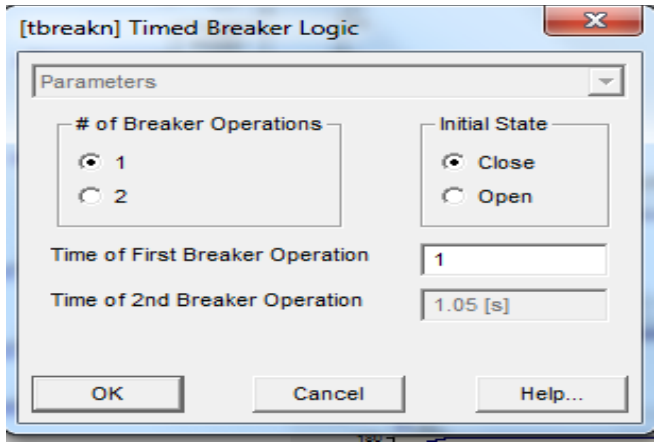
نکات مهم برای سربرگ اول برای سطر دوم است که توانایی باز شدن بریکر در هر جریانی مورد سوال است که ما آن را Yes می‌کنیم تا بتوانیم در هر جریانی بریکر را باز کنیم. سایر پارامترها از اهمیت خاصی برخوردار نیستند. در سربرگ دوم نیز باید نام بریکر را معلوم کرده و مقاومت حالت بسته را در مقدار ۰,۰۰۱ تنظیم کنید تا دقت شبیه‌سازی افزایش یابد. سایر سربرگ‌ها را در همان حالت اولیه نگه دارید. برای Timed Breaker Logic بریکر اول تنظیمات زیر را اعمال کنید.

www.takbook.com



(شکل ۹.۸): تنظیم Timed Breaker Logic

بریکر دوم نیز که در مسیر بار قرار داده شده، دارای تنظیماتی مشابه بریکر اول است تنها باید نام آن را به BRK۱ تبدیل کرده و تنظیمات Timed Breaker Logic آن را به صورت زیر اعمال کنید.



(شکل ۱۰.۸): تنظیم Timed Breaker Logic

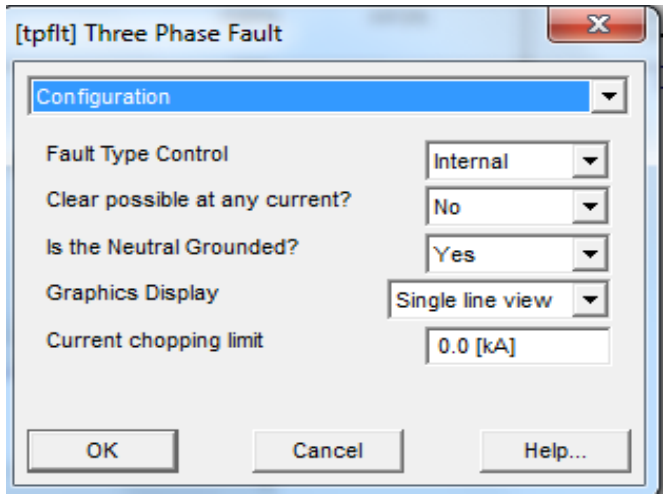
www.takbook.com

بعد از بریکرها نوبت به خطاها می‌رسد همان‌طور که یاد گرفته‌اید خطای سه‌فاز را از مسیر زیر به مدار منتقل کنید.

Master Library > Breakers_Faults > 5. Three Phase Fault

(شکل ۱۱.۸): مسیر انتخاب خطای سه‌فاز

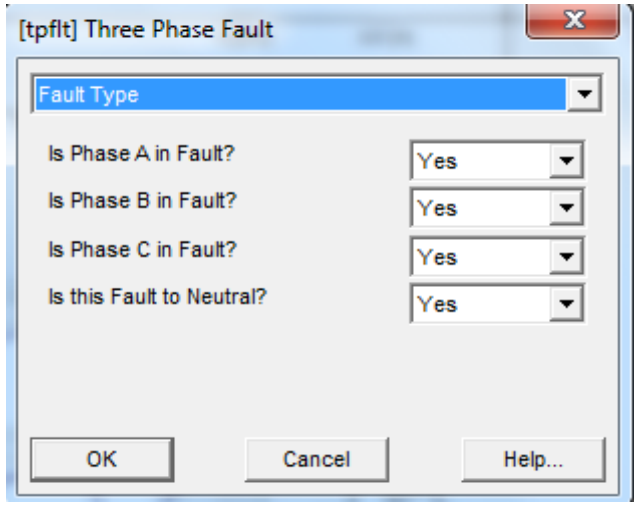
تنظیمات آن را به صورت زیر اعمال کنید.



(شکل ۱۲.۸): تنظیم خطای سه‌فاز

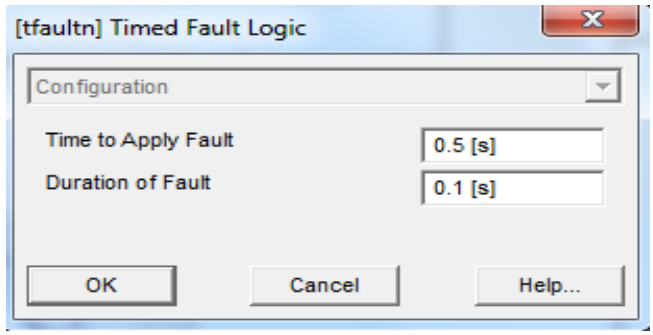
سطراول کنترل خطا می‌باشد که شامل حالت‌های داخلی و خارجی بوده که همان گزینه کنترل داخلی را انتخاب می‌کنیم. سایر سطرها را نیز بجز گرافیک نمایش در همان حالت اولیه نگه دارید. سربرگ سوم را به صورت زیر تنظیم کرده و سایر سربرگ‌ها را در همان حالت اولیه نگه داری کنید (در این سربرگ قابلیت خطا را در هر سه‌فاز فعال کردیم).

www.takbook.com



(شکل ۱۳.۸): تنظیم خطای سه‌فاز

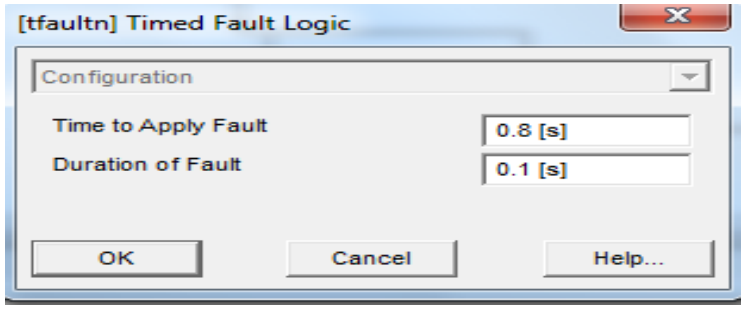
همان طور که یاد گرفته‌اید هر خطا نیاز به یک Timed Fault Logic دارد که بعد انتقال آن به مدار تنظیمات زیر را در آن اعمال کنید.



(شکل ۱۴.۸): تنظیم Timed Fault Logic

برای خطای دوم نیز که در قسمت بار قرار دادیم تنظیمات خطا کاملا مشابه تنظیم خطای اول است ولی تنظیمات Timed Fault Logic را به صورت زیر اعمال کنید.

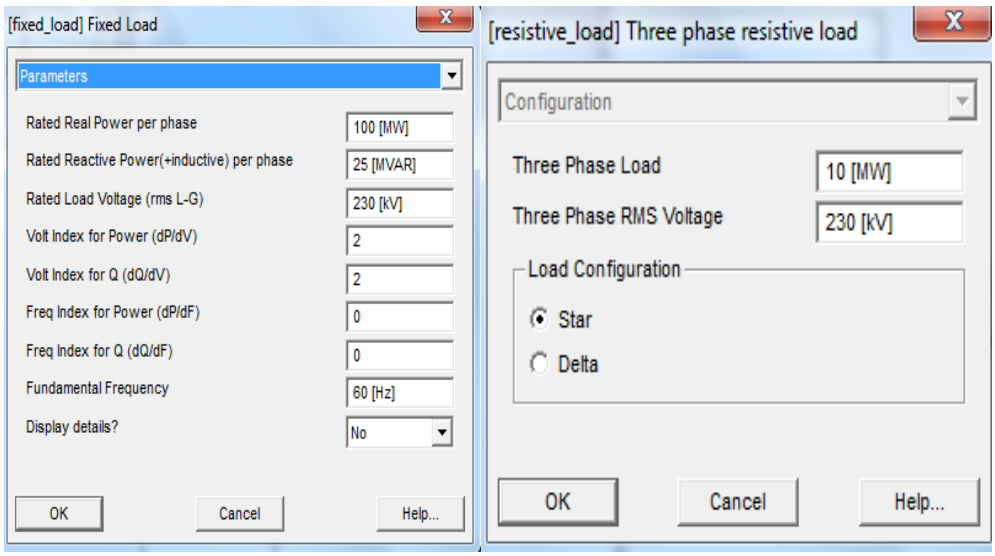
www.takbook.com



(شکل ۱۵.۸): تنظیم Timed Fault Logic

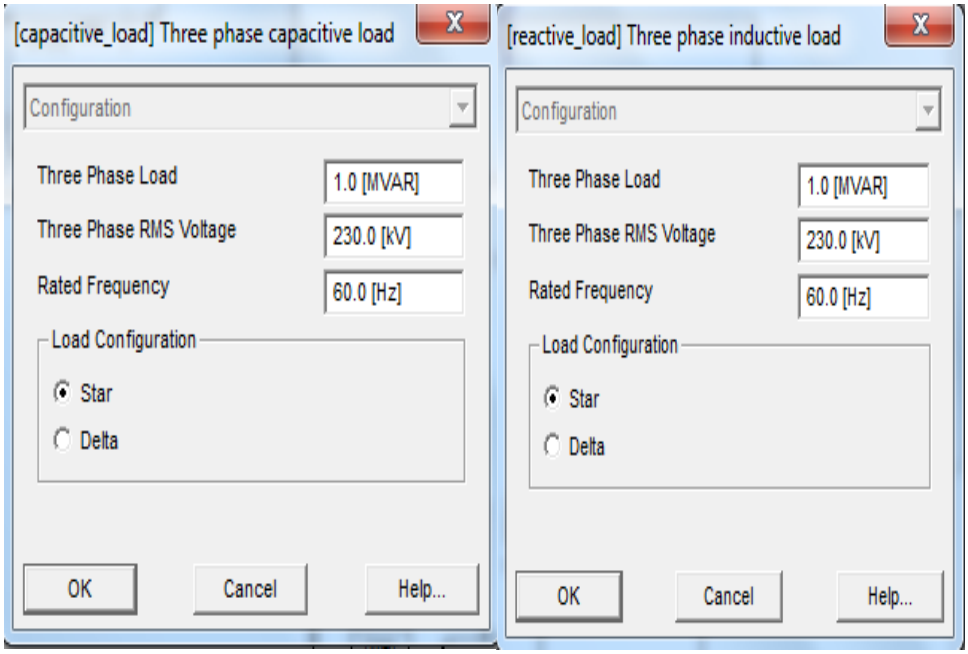
در واقع هدف ما از این مثال این بود که دو خطا در زمان‌های ۰,۸ و ۰,۵ ثانیه در بار مصرفی و خط انتقال شهری ایجاد کنیم تا تاثیر آن را در پارامترهای مدار مشاهده کنیم.

در مورد اضافه کردن بارهای مصرفی مختلف تا کنون اطلاعات کافی را بدست آورده اید تنها لازم است تنظیمات زیر را روی این بارها اعمال کنید.



(شکل ۱۶.۸): تنظیمات بارها

www.takbook.com

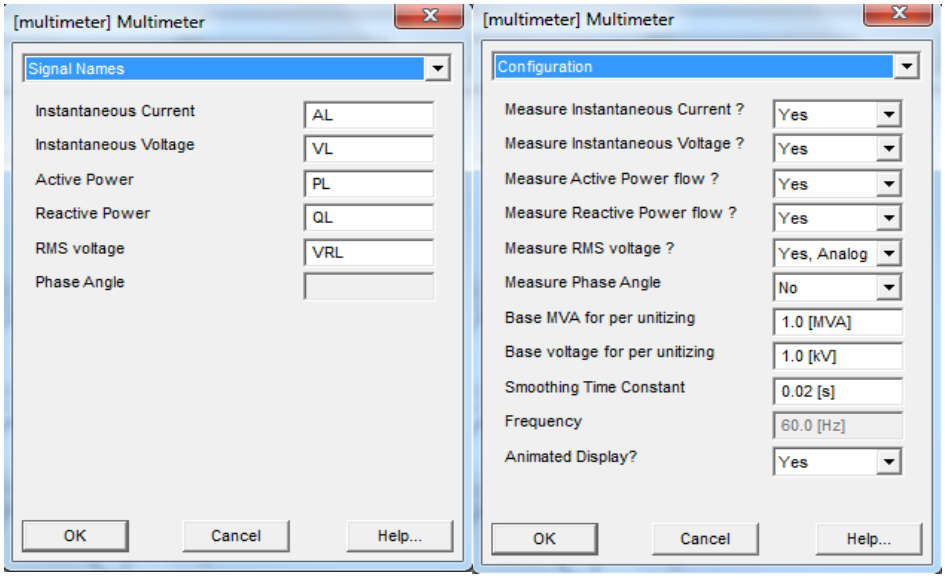


(شکل ۱۷.۸): تنظیمات بارها

همان طور که مشاهده می‌کنید بار مجموعه پایین کاملا مشابه بار مجموعه بالاست. می‌توانید با چپ کلیک کردن روی نقطه‌ای در نزدیکی بارهای بالا و Crop کردن ناحیه مطلوب تمام المان‌های آن قسمت را copy کنید و در قسمت دیگر Paste کنید (این کار را می‌توانید برای هر المان انجام دهید).

برای مولتی متر نیز اطلاعات کافی را به دست آورده اید و تنظیمات آن را به صورت زیر انجام دهید تا بتوانید نمودار پارامترهای مختلف را فراخوانی کنید.

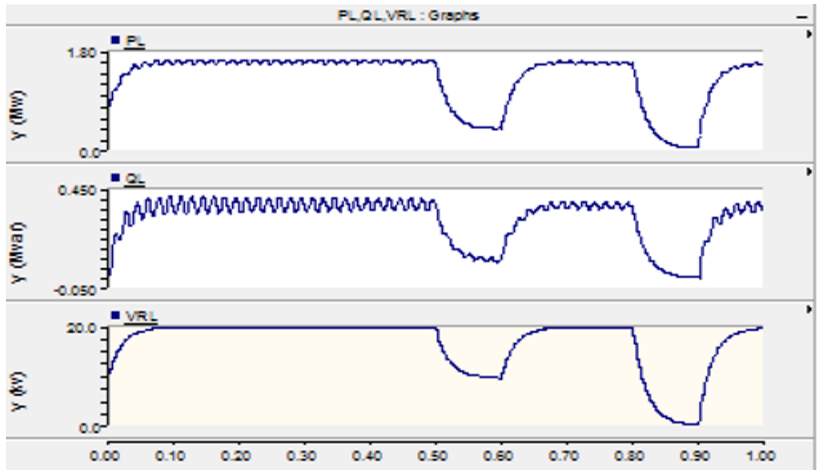
www.takbook.com



(شکل ۱۸.۸): تنظیمات مولتی‌متر

۸–۳– شبیه‌سازی

بعد از تکمیل مدار و فراخوانی نمودارها، آن را اجرا کنید.



(شکل ۱۹.۸): شبیه‌سازی مدار

www.takbook.com

همان طور که مشاهده می‌کنید در زمان ۰,۰۵s خطا در خط انتقال اجرا می‌شود بنابراین ما زمان بریکر خط انتقال را در ۰,۷s تنظیم کردیم تا با باز شدن بریکر، خطی که خطا دارد از مدار خارج شود. خطای دوم که در بار ایجاد شده در زمان ۰,۸s رخ می‌دهد بنابراین بریکر دوم در زمان ۱s وارد عمل شده و و آن بار را از مدار خارج می‌کند. شکل موج پارامترهای مختلف نیز از همین موضوع حکایت دارد.

این مثال در واقع شبیه‌سازی خط انتقال درون شهری می‌باشد بدین صورت که منبع ولتاژ که دارای مقدار۶۳kv است درواقع همان خط انتقال بین شهری است (خط انتقال بین شهری ۶۳kv است). ترانس به کار گرفته شده مشابه پست ۶۳/۲۰ kv در نظر گرفته شده که این پست‌ها وظیفه کاهش ولتاژ خط انتقال بین شهری و تبدیل آن به ولتاژ ۲۰ kv را برعهده دارند. خط انتقال و بارهایی که مشاهده می‌کنید نمونه فرضی دکل‌های درون شهری و بارهای مصرفی درون شهر می‌باشد. خطای اعمال شده به دکل می‌تواند به طور فرضی صاعقه باشد و خطای موجود در بار خروجی را می‌توان افزایش بیش از حد بار سلفی (مانند موتورهای آب منازل) فرض کرد. در نتیجه با این مثال ما در می‌یابیم که هر خطا و حفاظت آن چه آثاری را در شبکه ایجاد می‌کند که این موضوع مرتبط با حفاظت شبکه می‌باشد.

www.takbook.com

فصل نهم

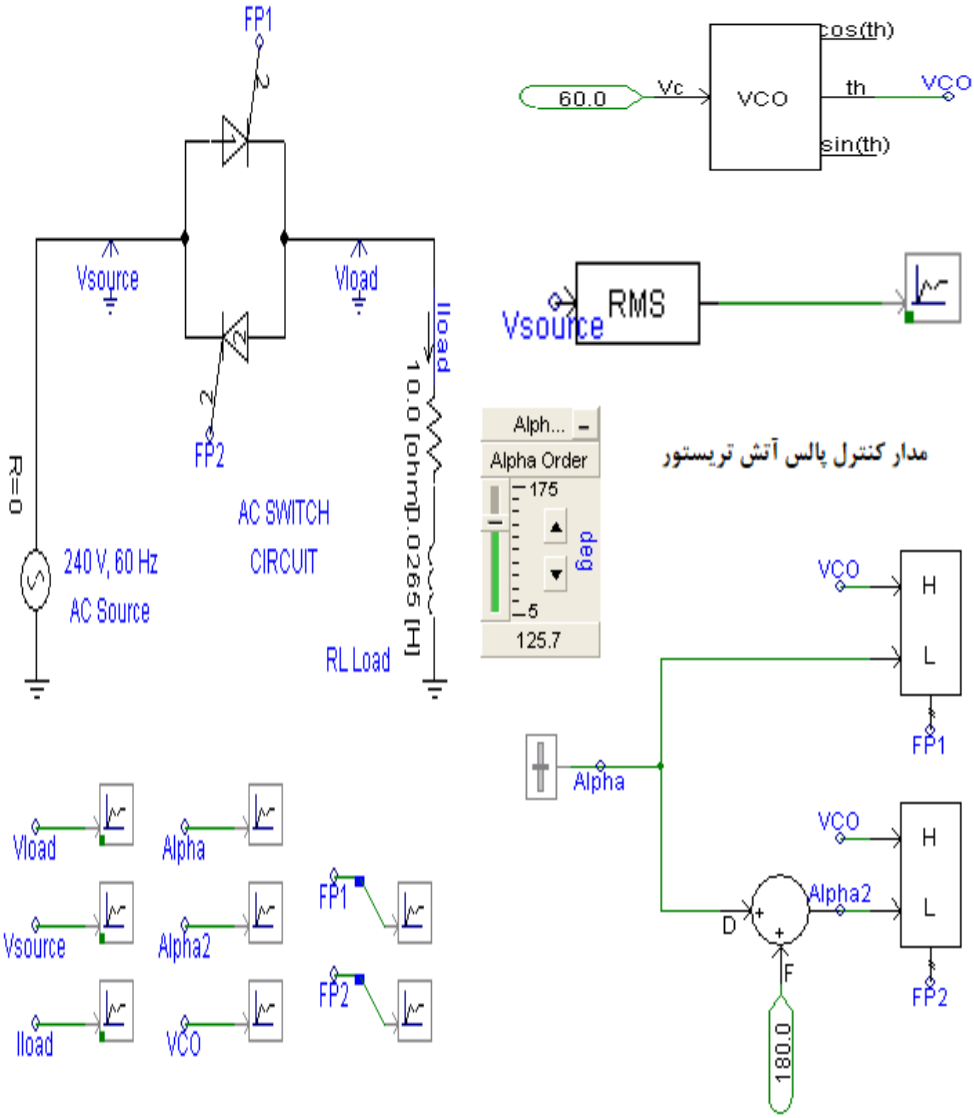
شبیه‌سازی فیلتر اکتیو سه‌فاز

۹– مقدمه

در این فصل عملکرد تریستور در حالت کنترل فازی شبیه‌سازی و معرفی می‌گردد.

www.takbook.com

۹–۱– طرح مدار



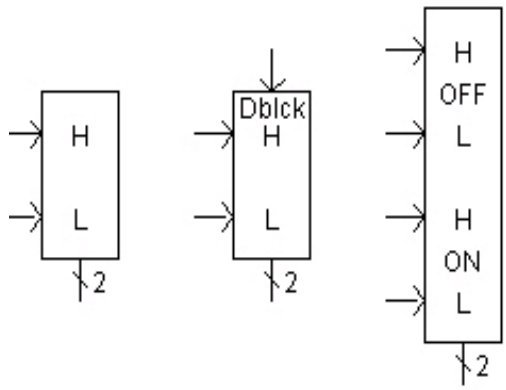
(شکل ۱.۹): طرح کلی مدار

www.takbook.com

۹–۲– اجرای شبیه‌سازی

در این مثال مدار پالس آتش قابل کنترل و تنظیم را ارائه خواهیم داد که زاویه آتش در آن قابل تغییر می‌باشد. مدار را بصورت شکل (۹,۱) پیاده سازی کنید. در مدار کنترلی زاویه آتش ۱۲۵,۷ درجه می‌باشد، دلیل اضافه کردن عدد ۱۸۰ درجه برای زاویه آتش تریستور دوم، امکان روشن شدن تریستور دوم در نیم سیکل دوم می‌باشد. سه قطعه جدید در این مثال وجود دارد که به تشریح آن خواهیم پرداخت.

۹–۳– پالس‌های آتش اضافی و افزایشی



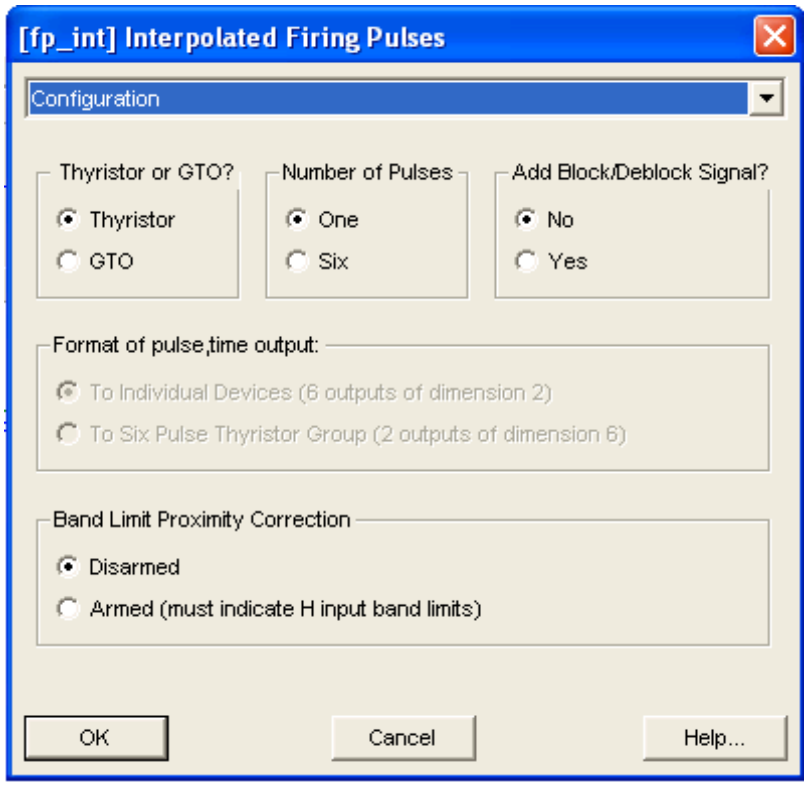
(شکل ۲.۹): بلوک پالس‌های آتش اضافی و افزایشی

www.takbook.com

این قطعه پالس آتش و همچنین زمان اضافی مورد نیاز برای عمل روشن شدن اضافی تریستورها، GTO و IGBT ها را به صورت یک آرایه دو المانی فراهم می‌کند. المان خروجی اولی صفر یا یک است که پالس کنترل گیت واقعی را فراهم می‌کند. دومی هم اطلاعاتی است که زمان سوئیچینگ اضافی را مورد ملاحظه قرار می‌دهد.

خروجی بر اساس مقایسه بین سطوح بالا و پایین سیگنال ورودی می‌باشد. ورودی پایین به طور معمول یک دستور و ترتیب زاویه آتش و ورودی بالا هم از یک اسیلاتور فاز قفل شده یا معادل می‌باشد. این قطعه میتواند به گونه‌ای تنظیم شود که پالس‌های آتش زمان‌دار را برای GTO یا IGBT تنها، یک پل۶ تایی GTO یا IGBT، یک تریستور تنها، یک پل۶ پالس تریستوری فراهم کند. اگر یک GTO یا IGBT مورد استفاده قرار گیرد باید یک سیگنال ورودی برای سیگنال خاموشی فراهم گردد. برای این قطعه تنظیمات زیر را اعمال کنید.

www.takbook.com

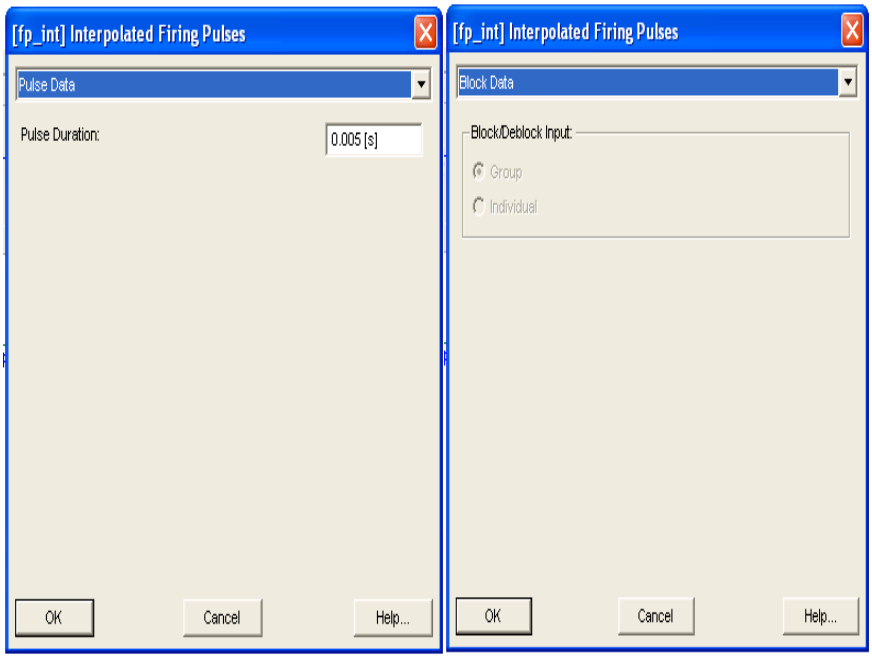


(شکل ۳.۹): تنظیم پالس آتش

در صفحه بالا کادر سمت راست بالا اگر YESرا انتخاب کنیم قطعه انتظار یک سیگنال اضافی خارجی برای کنترل قفل دارد که BLOCK=۰ و DEBLOCK=۱ تعریف می‌شود. در سربرگ BLOCK DATA می‌توان گزینه گروهی یا تنها را برگزید به این‌صورت که به صورت گروهی، پل ۶ پالسی و برای تنها ۶ المان آرایه سیگنال خروجی را قفل می‌کند. البته این فقط زمانی که Nmber of pulses از پنجره بالا انتخاب گردد فعال می‌شود.

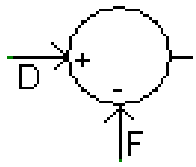
www.takbook.com

سربرگ Pulse data مربوط به زمان دوره پالس خروجی می‌باشد. این مورد فقط زمانی که‌Thyristor یا GTO انتخاب گردد فعال می‌شود.



(شکل ۴.۹): تنظیم پالس آتش

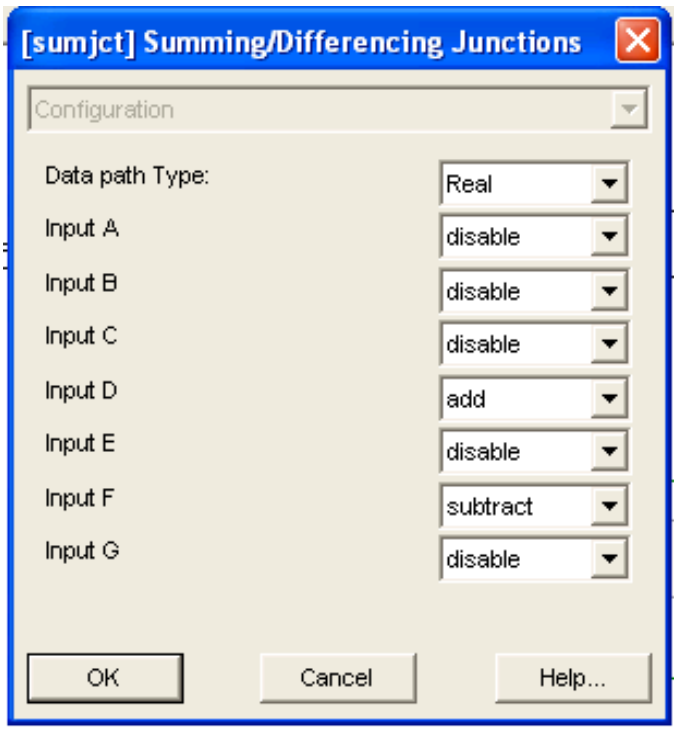
۹-۴- جمع یا تفریق‌کننده



(شکل ۵.۹): جمع یا تفریق‌کننده

www.takbook.com

توضیح این قطعه بسیار ساده می‌باشد و در واقع فقط عمل جمع و تفریق و به تعبیری مقایسه را در ساختمان کنترلر یا هر ساختار دیگری انجام می‌دهد. اگر روی آن کلیک راست کرده و گزینهEdit Parameters را انتخاب کنیم شکل زیر حاصل می‌گردد:



(شکل ۶.۹): تنظیم جمع یا تفریق‌کننده

در این شکل همانگونه که ملاحظه می‌کنید مسیرهای مورد استفاده انتخاب شده و جمع و یا تفریق نمودن این ورودی‌ها، از روی زبانه جلو آن‌ها انتخاب می‌گردد.

www.takbook.com

۹–۵– بلوک RMS

(شکل ۷.۹): بلوک RMS

این بلوک مقدار RMS هر ورودی حقیقی را به صورت تابعی از زمان حساب می‌کند. قطعه به گونه‌ای تنظیم می‌شود که بر اساس یکی از دو الگوریتم آنالوگ و دیجیتال باشد که این بستگی به میل کاربر دارد.

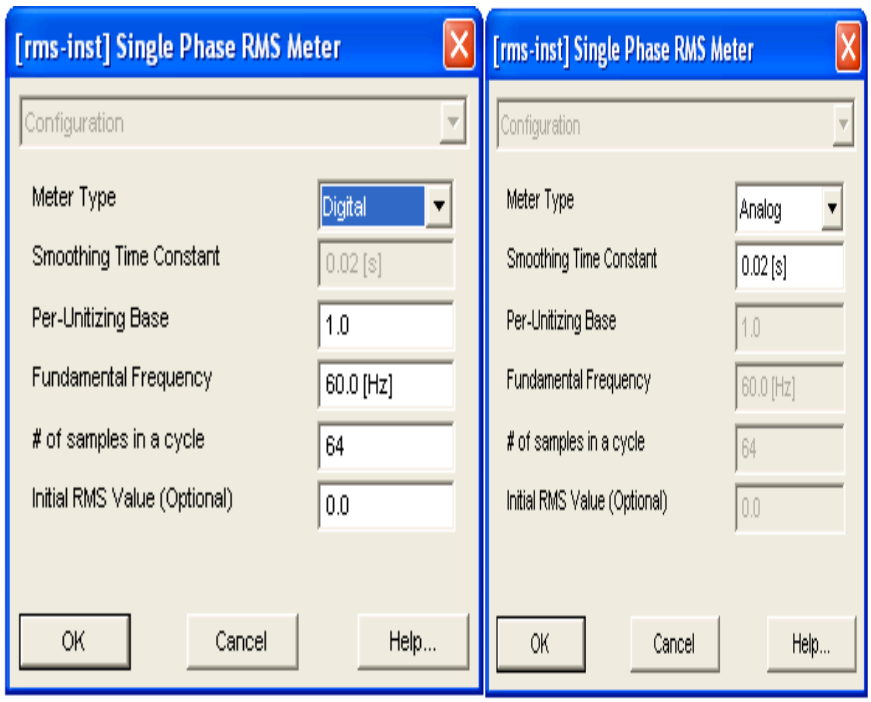
آنالوگ: این تابع مقدار RMS دامنه زمانی یک سیگنال ورودی را حساب می‌کند. انتگرال‌گیری توسط یک انتگرال‌گیر غیر خطی انجام می‌شود که به وسیله یک ثابت زمانی، توسط پارامترهای ورودی ارائه شده و ثابت زمانی صاف RMS خوانده می‌شود.

دیجیتال: این روش محاسبه، از حرکت پنجره‌ای داده استفاده می‌کند که مقدار RMS برای یک داده حاصل از بافر، در هر پله زمانی محاسبه می‌شود. شرایط بافر توسط پارامترهای ورودی معین میگردد.

انتخاب هر تابع بر اساس نوع استفاده از آن می‌باشد. روش دیجیتال، یک سیگنال خروجی خیلی صاف را ایجاد می‌کند که برای کنترل خیلی خوب عمل می‌نماید. روش

www.takbook.com

آنالوگ در سیگنال خروجی بر اساس فرکانس سیگنال ورودی و پارامتر ثابت زمانی، ریپل ایجاد خواهد کرد ولی به تغییرات، پاسخی بسیار سریع‌تر خواهد داد. تنظیمات این بلوک را بصورت زیر اعمال کنید.

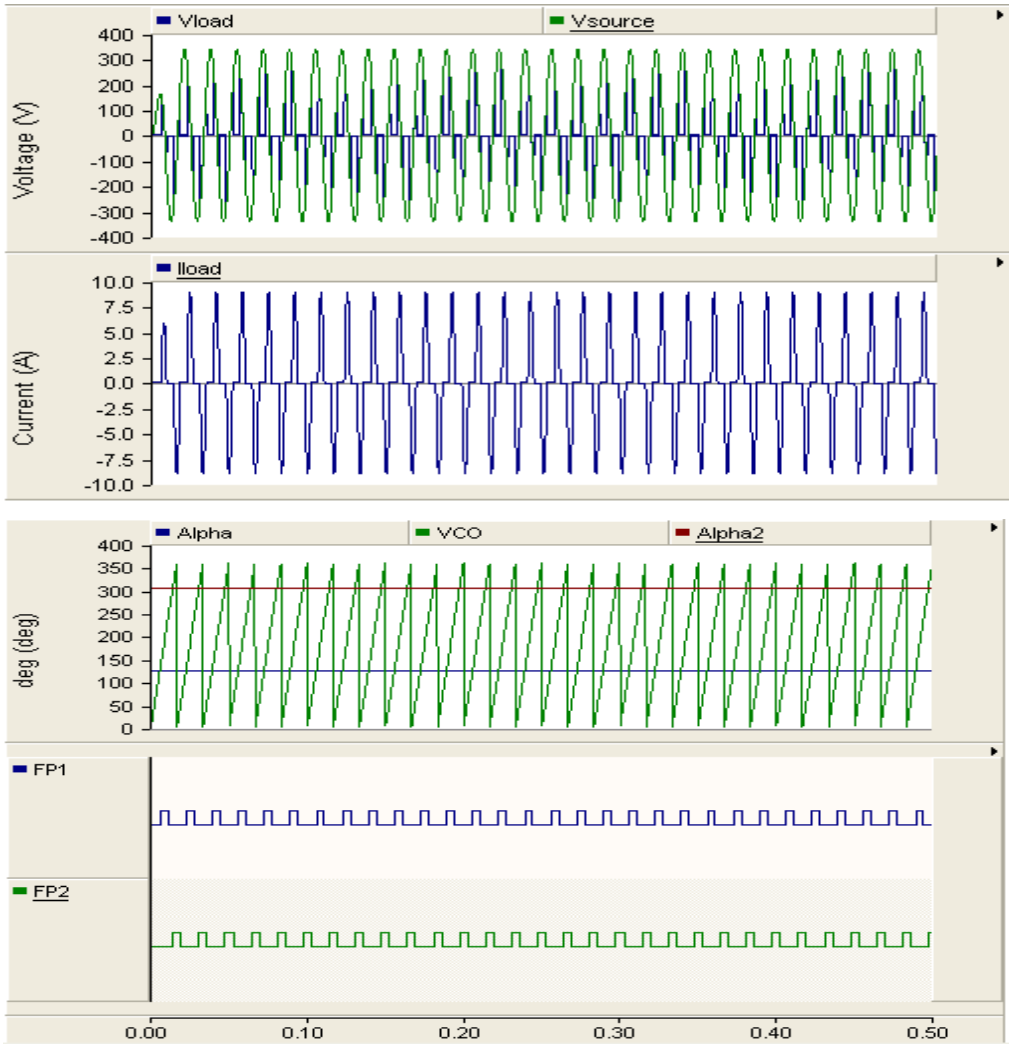


(شکل ۸.۹): تنظیم بلوک RMS

در سربرگ تنظیمات توجه به این نکته ضروری است که ۴ مورد آخر، فقط در حالت دیجیتال فعال می‌شود. همچنین در # of samples in a cycle تعداد نمونه‌گیری برای یک سیکل از فرکانس مبنا را وارد می‌کنیم. تعداد نمونه‌ها نمی‌تواند بیش از تعداد پله‌های زمانی درون یک سیکل باشد.

www.takbook.com

۹-۶- شبیه‌سازی



(شکل ۹.۹): شبیه‌سازی

www.takbook.com

همان‌طور که مشاهده می‌شود پالس‌های آتش در زاویه های ۱۲۵,۷ برای نیم سیکل اول و ۳۰۵,۷ برای نیم سیکل دوم ایجاد شده است. بر اساس این زاویه آتش تریستور در دو سیکل زمانی روشن شده که شکل موج‌های جریان و ولتاژ آن مشاهده می‌شود.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل دهم

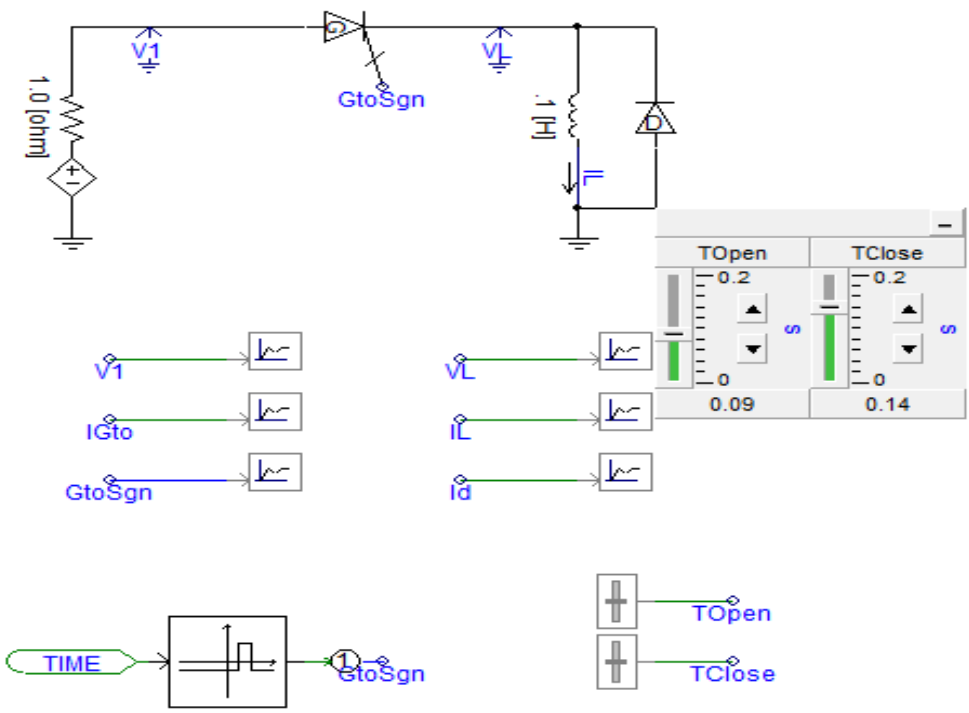
شبیه‌سازی عملکرد GTO

۱۰– مقدمه

در این فصل به شبیه‌سازی عملکرد یک GTO با استفاده از مدار افزایشی پرداخته می‌شود.

www.takbook.com

۱۰–۱– طرح مدار



(شکل ۱.۱۰): شمای کلی مدار

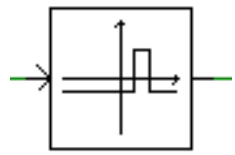
۱۰–۲–اجرای شبیه‌سازی

مدار افزایشی یک قسمت اساسی از نرم‌افزار می‌باشد که به وسایل سوئیچینگ اجازه می‌دهد بجای اینکه تنها در بازه زمانی اصلی سوئیچینگ را انجام دهد، بلکه در هر موقعی

www.takbook.com

که مدنظر باشد این عمل را انجام شود. این امر امکان استفاده از یک بازه زمانی بزرگتر، بدون از دست دادن صفرهای جریان یا دیگر لحظات سوئیچینگ را خواهد داد. در این مدار از بلوک sgn استفاده شده است که در بازه زمانی دلخواه مقدار آن ۰ و در سایر بازه های زمانی مقداری ۱ دارد و برعکس. طبیعی است که پالس آتش یک به معنی روشن بودن GTO و صفر به مثابه خاموش شدن آن می باشد. بازه زمانی صفر شدن نیز از ۰,۰۹ تا ۰,۱۴ ثانیه می باشد.

۱۰-۳- بلوک sgn

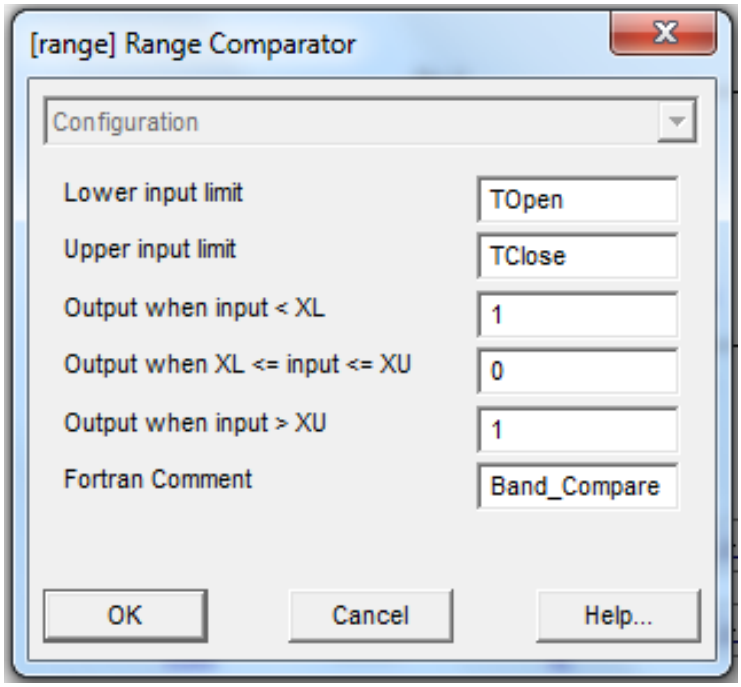


(شکل ۲.۱۰): بلوک sgn

این قطعه تعیین می‌کند که کدامیک از سه رنج سیگنال ورودی داخلی است و سپس یک مقدار متناظر را به آن ناحیه می‌فرستد. نواحی به وسیله یک ورودی به عنوان خروجی پایینی و یک حد ورودی بالایی تعریف شده‌اند. ناحیه اول از مقادیری پایین‌تر از حد پایینی، ناحیه دوم از مقادیری بین این دو حد و ناحیه سوم از مقادیری بالاتر از حد بالایی تشکیل

www.takbook.com

شده است. اگر نواحی اول و سوم به گونه‌ای تنظیم شده باشند که مقدار یکسانی تولید کنند این قطعه به عنوان یک تشخیص دهنده گروه با خروجی تک مقداره ایفای نقش خواهد نمود. در صورتی که بین این دو حد باشد، مقداری یکسان دارد و اگر خارج از این محدوده باشد مقادیری مختلف خواهد داشت. در شکل زیر پنجره تنظیمات این قطعه را مشاهده می‌کنیم.

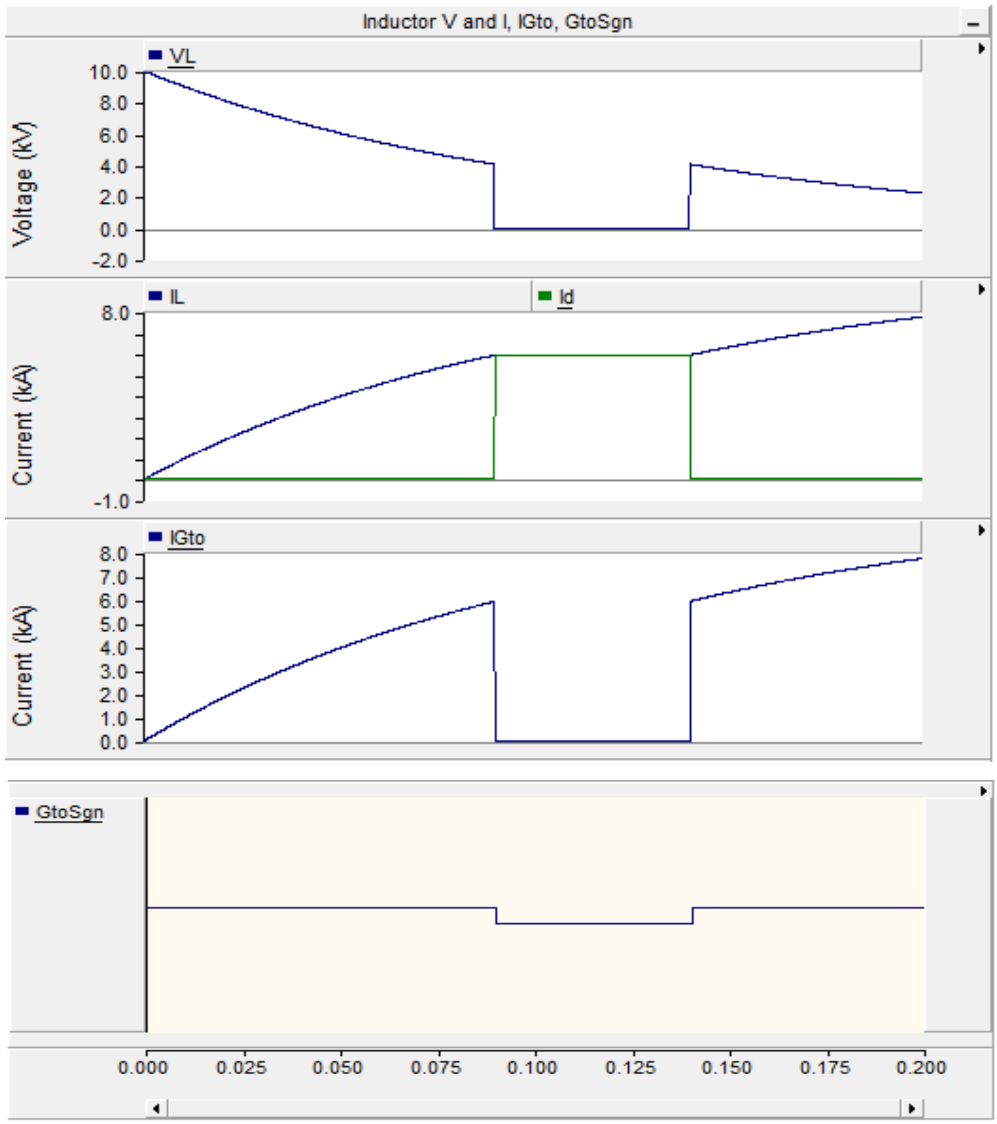


(شکل ۳.۱۰): تنظیم بلوک sgn

گزینه‌ها در مورد این قطعه واضح می‌باشد و نیازی به توضیح ندارد.

www.takbook.com

۱۰-۴- شبیه‌سازی



(شکل ۴.۱۰): شبیه‌سازی

www.takbook.com

یک جریان DC در سلف جاری می‌شود که به طور آهسته به حالت ماندگار خویش می‌رسد. زمانی که GTO خاموش می‌گردد جریان منبع به صفر می‌رسد. جریان سلف نمی‌تواند به صورت ناگهانی تغییر کند و در دیود سری جاری می‌شود، به این ترتیب یک ولتاژ (Ve) بزرگ تولید خواهد شد و متعاقبا دیود روشن می‌گردد. دیود بعد از روشن شدن مانند سیم عمل می‌کند و ولتاژ دوسر آن صفر است، به همین دلیل ولتاژ دوسر سلف نیز صفر خواهد شد. بعد از روشن شدن GTO ولتاژ آند دیود از کاتد بیشتر شده و دیود خاموش می‌شود و جریان منبع از سلف عبور می‌کند و جریان سلف را افزایش خواهد داد. از آنجا که $V = L\frac{\mathrm{di}}{\mathrm{dt}}$ می‌باشد، جریان سلف درحال ثابت شدن بوده به همین دلیل ولتاژ آن به سمت صفر می‌گراید.

www.takbook.com

فصل یازدهم

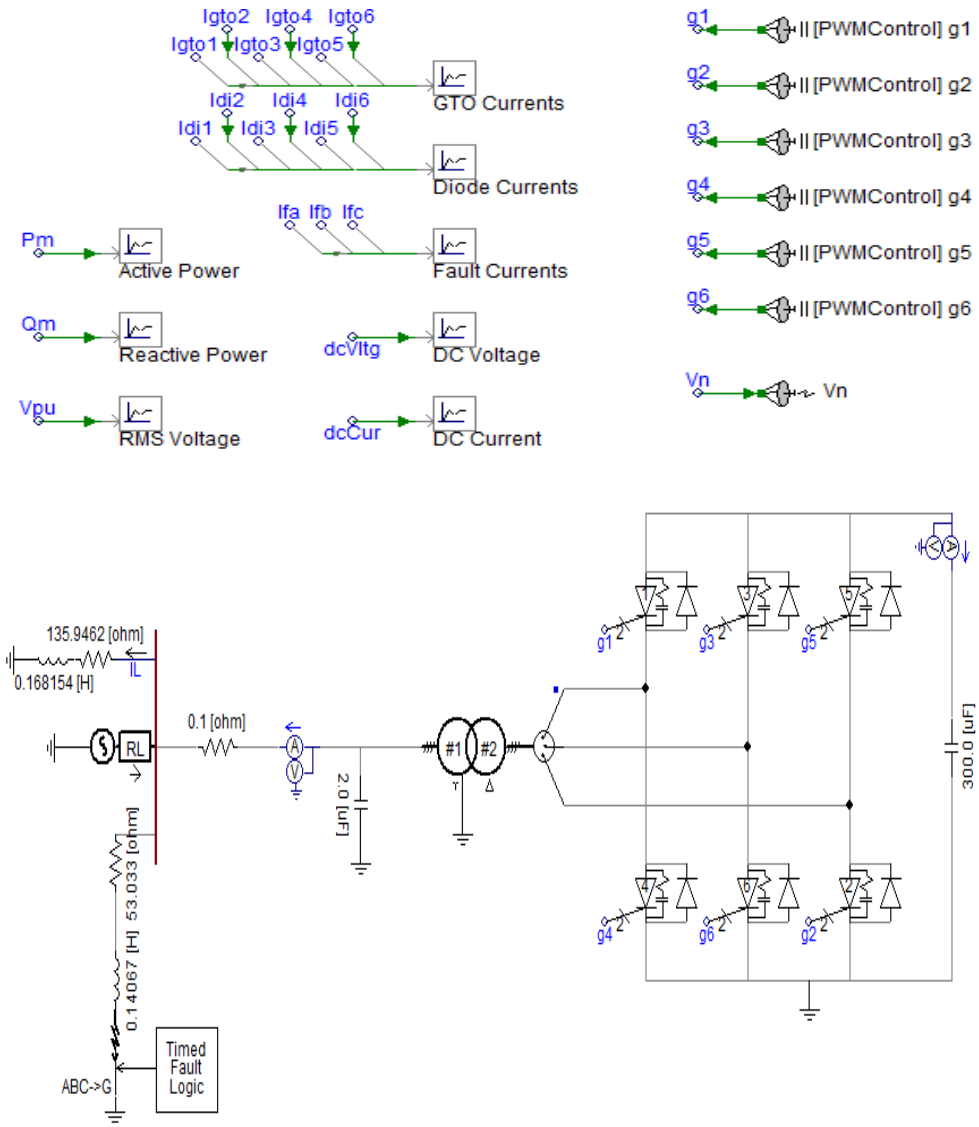
شبیه‌سازی جبرانساز استاتیک ۶ پالسی

۱۱– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی جبرانساز استاتیک ۶ پالسی را توضیح داده می‌شود و به بررسی پارامترهای اصلی در یک جبرانساز استاتیک به منظور مشاهده شکل موج ولتاژ dc، توان راکتیو و اکتیو خواهیم پرداخت. در بازه ۱.۵ تا ۲.۵ ثانیه خطا به سیستم اعمال می‌شود تا بتوانیم عملکرد این جبرانساز را درحالت خطا مشاهده کنیم.

www.takbook.com

۱۱-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۱۱): شمای کلی مدار

www.takbook.com

مدار را بصورت شکل (۱،۱۱) پیاده سازی کنید. حال به تشریح قطعات جدید در این مثال می‌پردازیم.

۱۱-۲- لینک رادیویی

(شکل ۲.۱۱): لینک رادیویی

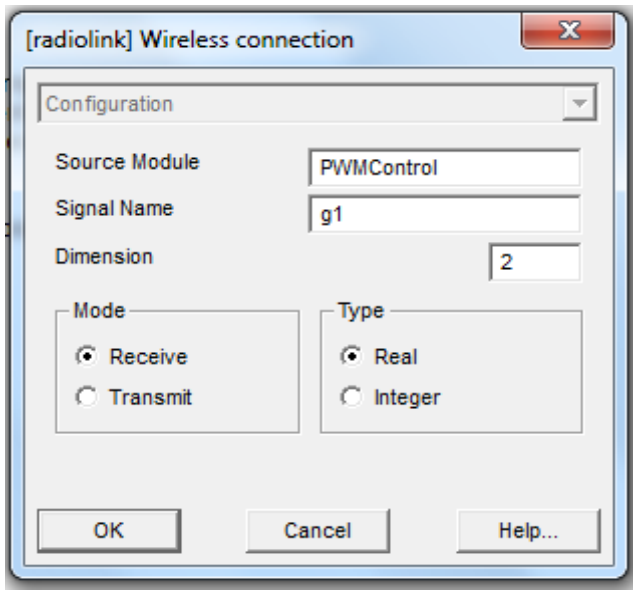
لینک رادیویی قطعه‌ای برای تولید متغیر کلی در PSCAD می‌باشد که در شکل بالا مشخص شده است. داده با انتقال مستقیم سیگنال داده، به منتقل‌کننده انتقال می‌یابد که توسط دریافت‌کننده با همان نام در هر مکان از داخل پروژه دریافت می‌گردد. لینک رادیویی نیازمند افزودن مرتبط‌کننده‌های خارجی برای انتقال داده بین ماژول هاست. در واقع لینک‌های رادیویی به سیگنال‌های داده، اجازه می‌دهند که بین سطوح چندگانه ماژول به طور مستقیم منتقل گردند، اگر چه انتقال دو طرفه داده مجاز است. فاکتورهایی وجود دارند که تاخیر پله‌های زمانی را که باید مورد توجه قرار گیرد، مورد ملاحظه قرار می‌دهند.

توجه به این نکات لازم است که هر متغیر کلی می‌تواند فقط با یک منتقل‌کننده متفاوت، تعریف گردد، هر متغیر کلی می‌تواند از صفر تا n مورد دریافت‌کننده، قرینه داشته

www.takbook.com

باشد، تمام متغیرهای کلی، اعداد حقیقی اند. همچنین باید توجه داشت که منتقل‌کننده نمی‌تواند به طور مستقیم به سیگنال‌های خروجی تولیدشده توسط دریافت‌کننده‌ها وصل گردد. در شکل زیر پنجره تنظیمات این قطعه را ملاحظه می‌کنیم.

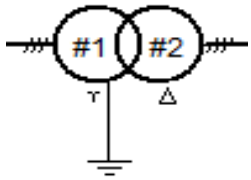
تنها نکته قابل توجه در این پنجره مورد Dimension است. به این معنی که ما سیگنال در حال آمدن (سایز آرایه) را اینجا وارد می‌کنیم. برای منتقل‌کننده، این دیمانسیون سیگنال ورودی است که منتقل می‌گردد. برای یک دریافت‌کننده این دیمانسیون سیگنال منتقل شده در حال دریافت است. در رابطه با پنجره قسمت پایین سمت راست (Type) توجه کنیم که گزینه Real برای داده آنالوگ و گزینه Integer برای داده دیجیتال می‌باشد.



(شکل ۳.۱۱): تنظیم لینک رادیویی

www.takbook.com

۱۱-۳- ترانس سه‌فاز دو سیم‌پیچه



(شکل ۴.۱۱): بلوک ترانس سه‌فاز دو سیم‌پیچه

در این مدل کاربر ممکن است بین شاخه مغناطیس‌کننده یا همان هسته خطی یا مدل معمولی جریان‌ها یکی را انتخاب کند. در صورت تمایل شاخه مغناطیسی می‌تواند به طور کلی حذف گردد. در حالت ترانس ایده‌آل تمام آنچه باقی می‌ماند به صورت یک راکتانس نشتی می‌باشد.

تپ چنجر: تمام ترانسفورماتورها به یک تپ چنجر آنلاین مجهز هستند. هنگامی که تپ چنجر فعال است، یک خط اریب روی اجزای گراف ظاهر می‌گردد که دارای بر چسب Tap می‌باشد. هر تغییری روی تپ به صورت یک تغییر روی نسبت دو ترانس مدل می‌گردد. جریان مغناطیس‌کننده و راکتانس نشتی پریونیت که مخصوص ٪۱۰۰ تپ است برای محاسبه ادمیتانس مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای نرخ ولتاژ جدید مانند تنظیمات تپ ممکن است تغییراتی پیوسته برای تغییر تپ داشته باشیم ولی این نیاز به یک دستور مجدد برای حل شبکه برای هر پله خواهد داشت.

www.takbook.com

این برای تغییر تپ به صورت پله‌ای عملی‌تر می‌باشد که هم به وسیله تطبیق دهنده دستی با استفاده از کلید گردان و هم از طریق یک کنترلر با میزان پله‌ها و تاخیرهای مناسب که در آن تعبیه شده است، ممکن می‌باشد.

۱۱-۳-۱- تطبیق ویژگی‌های اشباع

اشباع در مدل‌های کلاسیک ترانس به وسیله یک منبع جریان جبران‌کننده روی سیم-پیچ معین، بر اساس ترکیبی از ولتاژ سیم‌پیچ اندازه‌گیری شده و پارامترهای ورودی ارائه می‌گردد. در پنجره تنظیمات که در شکل زیر نشان داده شده است در گزینه Delta lags or leads Y انتخاب می‌کنیم که آیا اتصال سیم‌پیچ مثلث از ستاره جلوتر است یا عقب‌تر، که این بر حسب مضارب ۳۰ درجه می‌باشد.

در سربرگ Winding voltages توجه شود که این ولتاژها بر حسب مقدار موثر می-باشند.

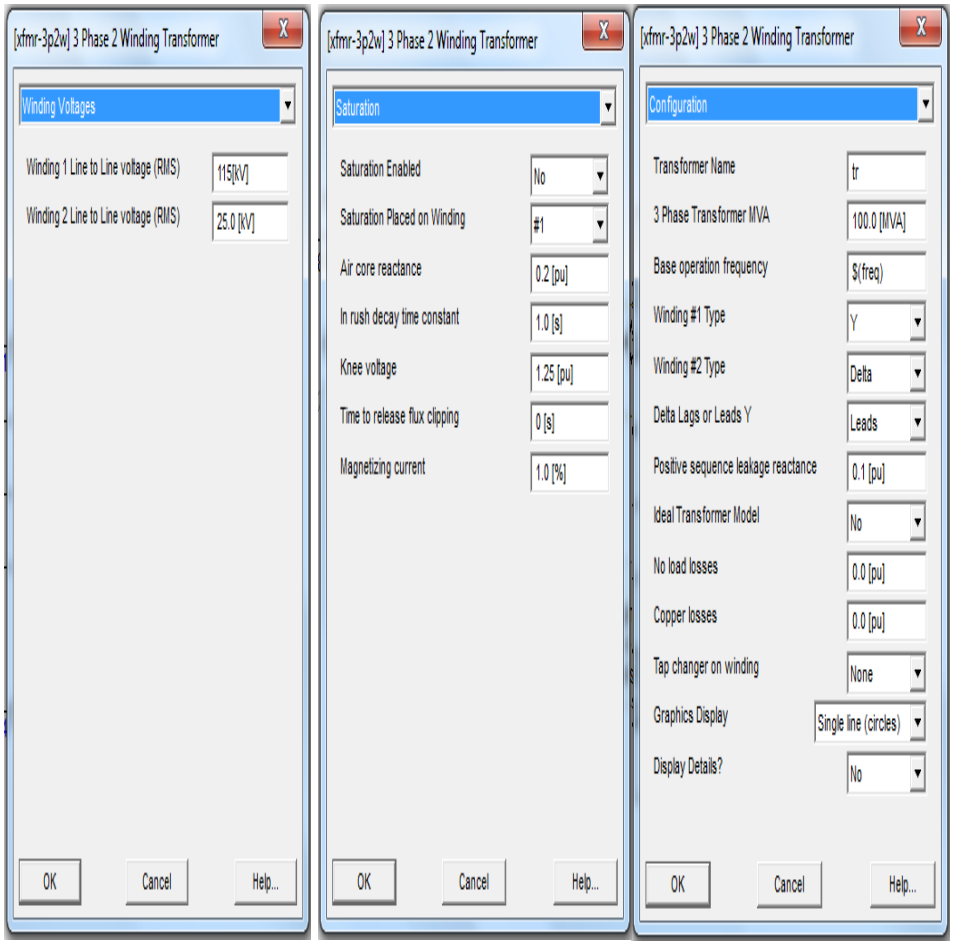
در سربرگ Saturation هم باید دقت داشت که گزینه In rush decay time constant میزان زمان ماندگاری یا به تعبیری زمان لازم برای زوال جریان هجومی ترانس بر حسب ثانیه را نشان می‌دهد.

گزینه Air core reactance معمولاً دو برابر راکتانس نشتی بر حسب پریونیت می‌باشد.

www.takbook.com

گزینه Knee voltage ولتاژ نقطه زانویی منطبق بر نقطه زانویی نمودار اشباع و بر حسب پریونیت می‌باشد.

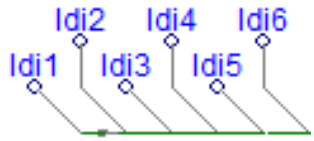
گزینه Magnetizing current درصدی از جریان سیم‌پیچ اولیه که از طریق سوسپتانس مغناطیسی ترانس جاری می‌گردد را برحسب درصد بیان می‌کند.



(شکل ۵.۱۱): تنظیم ترانسفورمر

www.takbook.com

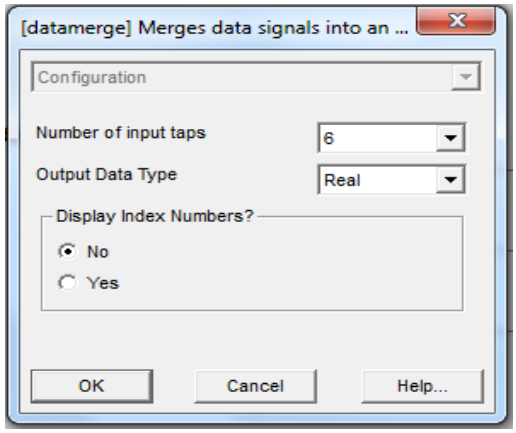
۱۱-۴- ترکیب‌کننده داده



(شکل ۶.۱۱): ترکیب‌کننده داده

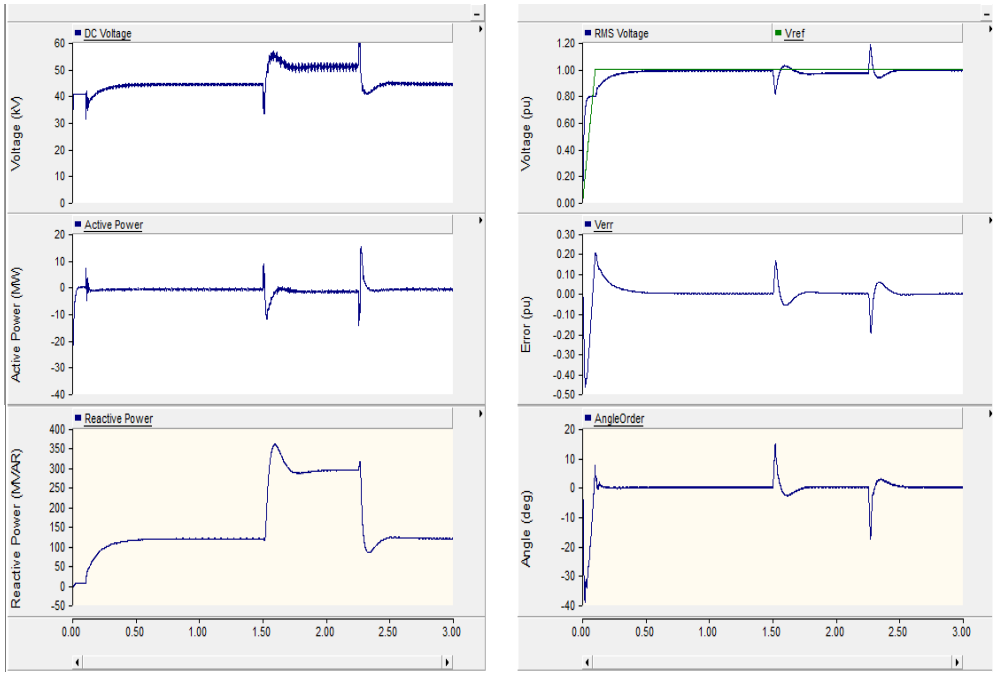
این قطعه حداکثر تا ۱۲ سیگنال داده اسکالر را به یک آرایه داده یک بعدی، یعنی بردار داده وصل می‌کند. تمامی سیگنال‌های داده ورودی به نوع خروجی انتخاب شده تبدیل می‌گردد. ورودی عدد صحیح به عدد حقیقی تبدیل شده و ورودی عدد حقیقی به نزدیکترین نوع عدد صحیح قابل استفاده برای فورترن تبدیل می‌گردد. تبدیل نوع منطقی به حقیقی یا صحیح به صورت اتوماتیک انجام نمی‌گیرد. اگر ورودی‌ها از انواع مختلف هستند، از قطعه تغییر نوع استفاده می‌نماییم به طوریکه اول نوع آن را تغییر دهیم و سپس با هم ترکیب کنیم. در شکل زیر که صفحه تنظیمات این قطعه است، ملاحظه می‌کنیم که تعداد ورودی‌ها ۶ مورد و از نوع حقیقی است.

www.takbook.com



(شکل ۷.۱۱): تنظیم ترکیب‌کننده داده

۱۱–۵– شبیه‌سازی



(شکل ۸.۱۱): شبیه‌سازی

www.takbook.com

در این تمرین جبرانسازی استاتیکی ۶ پالسه شبیه‌سازی شده است. در خروجی نیز توان اکتیو، توان راکتیو و ولتاژ ارائه شده است. تغییرات هر یک از این این کمیت‌ها نیز در شکل‌ها مشاهده می‌شود. در بازه ۱.۵ تا ۲.۵ ثانیه خطا به سیستم اعمال می‌شود مشاهده می‌شود این سیستم منجر به تولید توان راکتیو قابل تغییر می‌شود که از آن به عنوان جبرانساز توان راکتیو در سیستم‌ها استفاده می‌شود. برای جلوگیری از افزایش حجم کتاب، از پرداختن به تحلیل عملکرد مدار که نیازمند تشریح فرمول‌های آن می‌باشد، خودداری شده است. تحلیل کامل مثال‌های فصل‌های بعد، در کتاب‌های الکترونیک قدرت و ماشین‌های الکتریکی اشاره شده در قسمت مراجع، به‌صورت تفصیلی موجود می‌باشد.

www.takbook.com

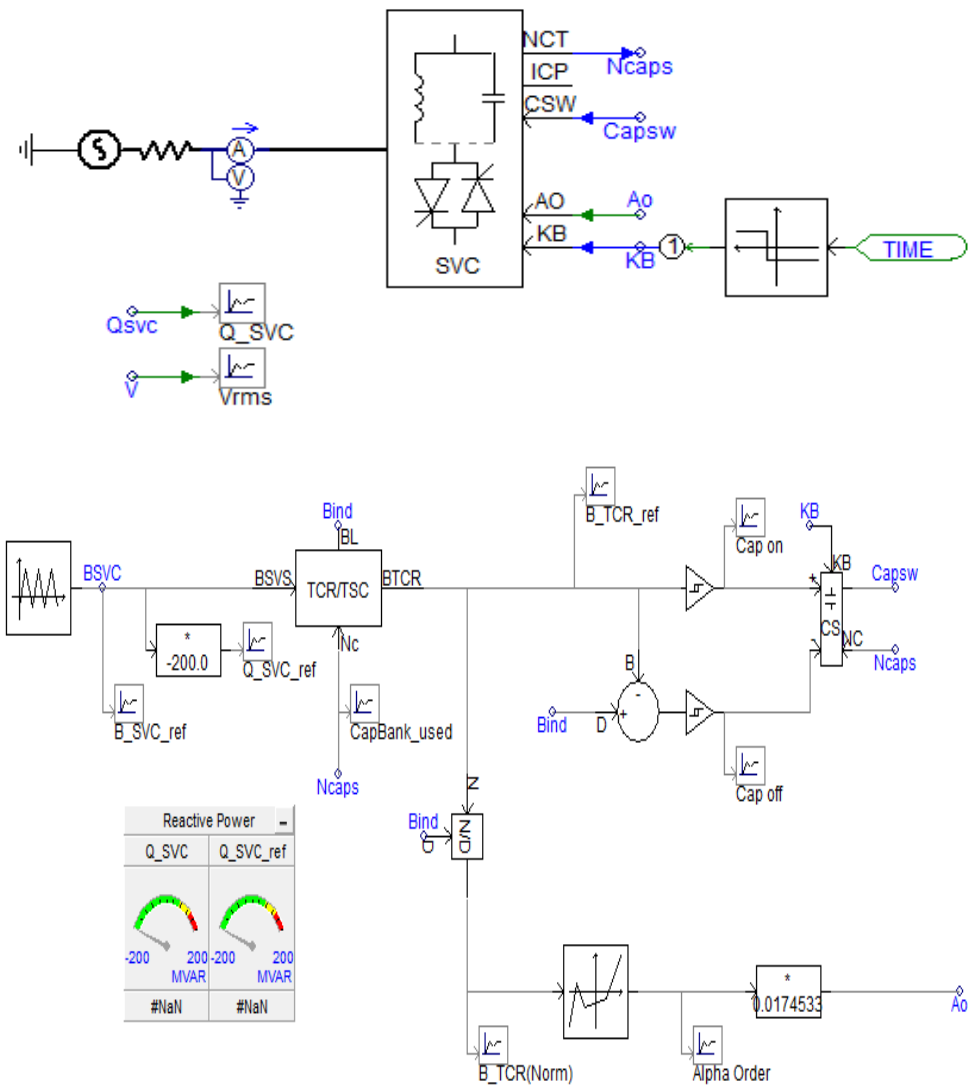
فصل دوازدهم
جبرانساز توان راکتیو

۱۲– مقدمه

در این فصل بررسی رفتار یک جبرانساز توان راکتیو در اتصال با یک شبکه بی‌نهایت، در محیط نرم‌افزار PSCAD توضیح داده خواهد شد.

www.takbook.com

۱۲–۱– طرح مدار



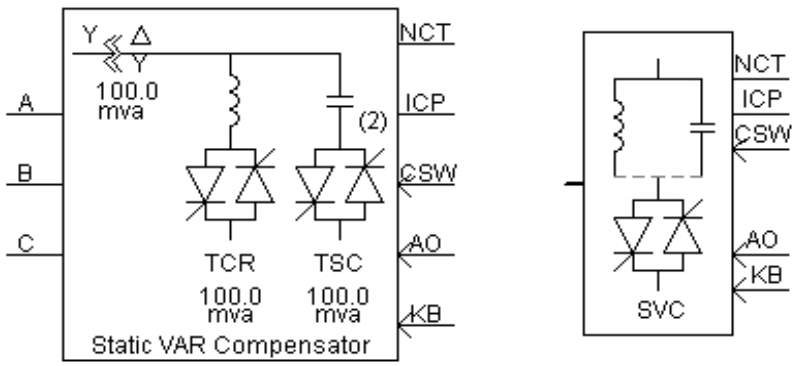
(شکل ۱.۱۲): شمای کلی مدار

www.takbook.com

مدار را بصورت شکل (۱,۱۲) که از دو بخش مدار الکترونیک و مدار کنترل تشکیل می‌شود را پیاده سازی می‌کنیم. حال به توضیح قطعات جدید در این مثال می‌پردازیم.

۱۲-۲- جبرانساز توان راکتیو استاتیک

این قطعه یک خازن با سوئیچ تریستوری ۱۲پالسی (TSC) و راکتور کنترل‌کننده تریستور (TCR)، سیستم کنترل توان راکتیو استاتیک (SVC) را ارائه می‌نماید. این خود شامل یک ترانس درونی است که از یک اتصال اولیه ستاره و یک سیم‌پیچ ثانویه دوگانه (یک ستاره و یک مثلث) تشکیل می‌گردد. کاربر می‌تواند محدودیت جذب توان (حالت القایی) یا تولید توان (حالت خازنی) را از SVC بر اساس تعداد پله‌های TSC معین نماید. نرخ MVA معادل برای هر پله، از تقسیم میزان تولید بر تعداد پله‌ها حاصل می‌گردد.



(شکل ۲.۱۲): بلوک جبرانساز توان راکتیو استاتیک

www.takbook.com

با توجه به شکل بالا داریم:

CSW : سیگنال سوئیچ خازن می‌باشد که (۱) برای افزودن خازن و (۱-) برای حذف خازن می‌باشد.

A۰ : دستور آلفا می‌باشد که این مورد در دسترس خواهد بود چنانچه پالس‌های آتش از PL۰ انتخاب گردد.

Kb : این مورد قفل و باز نمودن قفل می‌باشد که (۰) سیگنال به TCR را قفل نموده و (۱) آن را باز می‌کند.

FPD : ۶ عنصر آرایه از پالس‌های آتش برای TCR در مثلث، که این فقط زمانی در دسترس خواهد بود که در پنجره تنظیمات در گزینه Firing Pulses From حالت External انتخاب گردد.

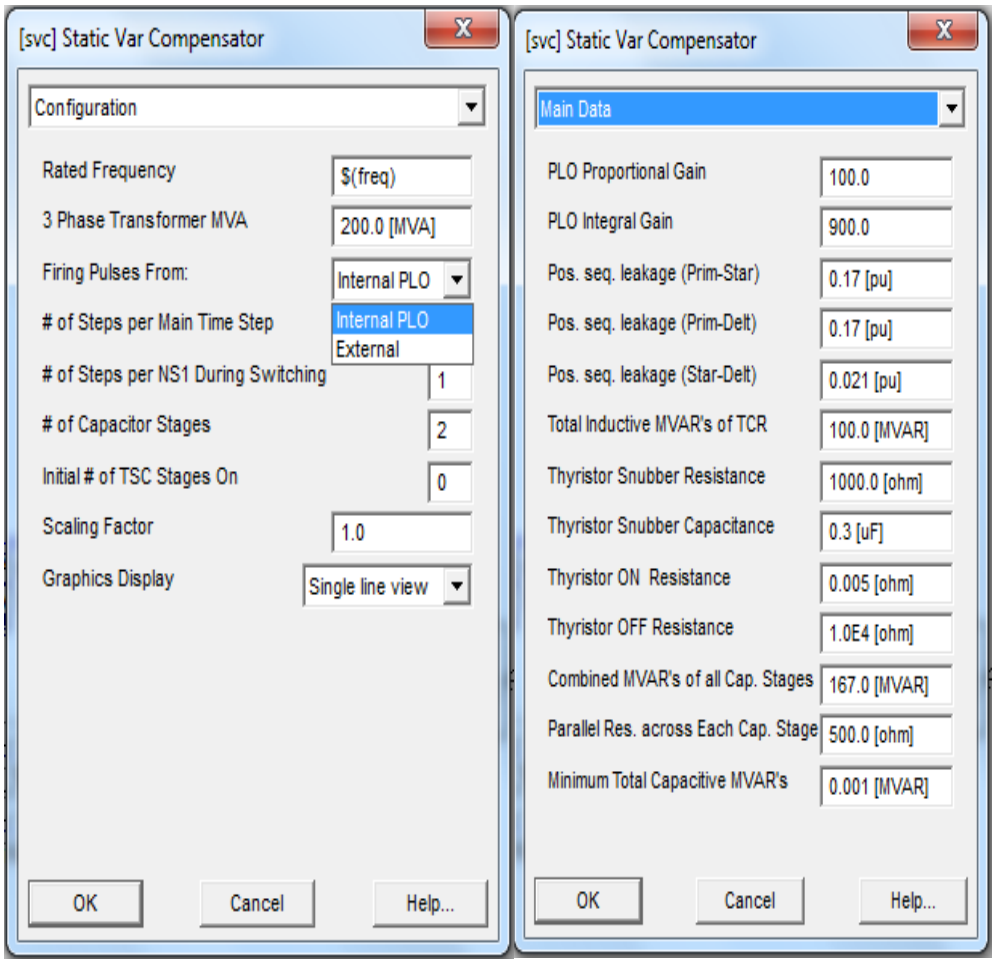
FPS : ۶ عنصر آرایه از پالس‌های آتش برای TCR در ستاره، که این فقط زمانی در دسترس خواهد بود که در پنجره تنظیمات در گزینه Firing Pulses From حالت External انتخاب گردد.

NCT : تعداد پله‌های خروجی خازن که در TCS روشن هستند.

ICP : قفل برای سیگنال سوئیچ خازن که بازگشت به صفر بعد از سوئیچینگ در تمام فازها کامل می‌گردد.

www.takbook.com

در شکل زیر پنجره تنظیمات قطعه را ملاحظه می‌کنیم. در گزینه Firing Pulses From دو حالت برای انتخاب داریم که گزینه اول این انتخاب را به کاربر می‌دهد که با استفاده از اسیلاتور فاز قفل شده (PL۰) که داخلی است پالس آتش تولید کند و دومی هم امکان روشی را برای این هدف به کاربر می‌دهد.



(شکل ۳.۱۲): تنظیم جبرانساز توان راکتیو استاتیک

www.takbook.com

گزینه #of steps per main time step ورودی زمان پله‌های SVC را معین می‌کند و گزینه # of capacitor stages زمان پله‌های SVC را در مدت سوئیچینگ TCR معین می‌نماید.

گزینه initial # of TSC stages on به تعداد کل مرحله‌ها و پله‌های TSC اشاره می‌کند. کل مقدار MVA برای این SVC به طور برابر در پله‌های TSC تقسیم می‌گردد.

گزینه بعدی اشاره به مقیاس یا درجه بندی دارد، به این‌صورت که اگر مقیاس یا درجه‌بندی خاصی برای SVC داریم در این قسمت وارد می‌کنیم و معمولاً مقدار خاصی مدنظر نیست پس این عدد را (۱) وارد می‌کنیم.

در زبانه Main Data، گزینه سوم اندوکتانس نشتی توالی مثبت متقابل بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه ستاره در ترانس داخلی SVC بر حسب پریونیت را نشان می‌دهد.

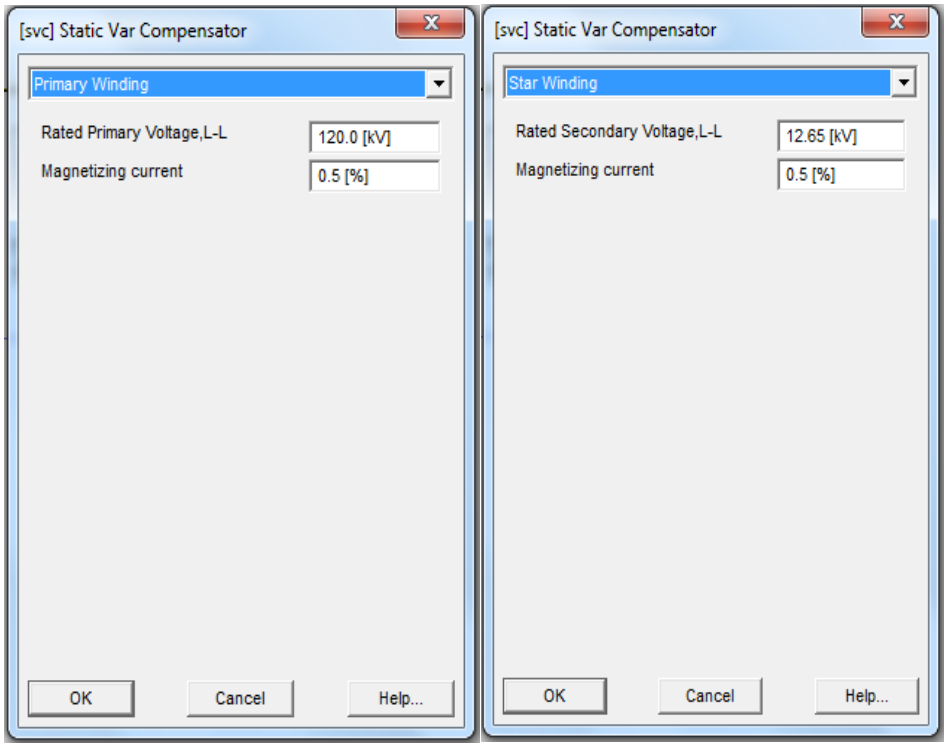
مورد چهارم اندوکتانس نشتی توالی مثبت متقابل بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه مثلث در ترانس داخلی SVC بر حسب پریونیت را نشان می‌دهد.

گزینه combined Mvar’s of all cap. Stage حداکثر محدودیت SVC ۱۲پالسی را نشان می‌دهد. این مقدار بر اساس تعداد پله‌های خازنی تقسیم می‌گردد تا مقدار هر پله TSC را بر حسب MVAR معین کند.

www.takbook.com

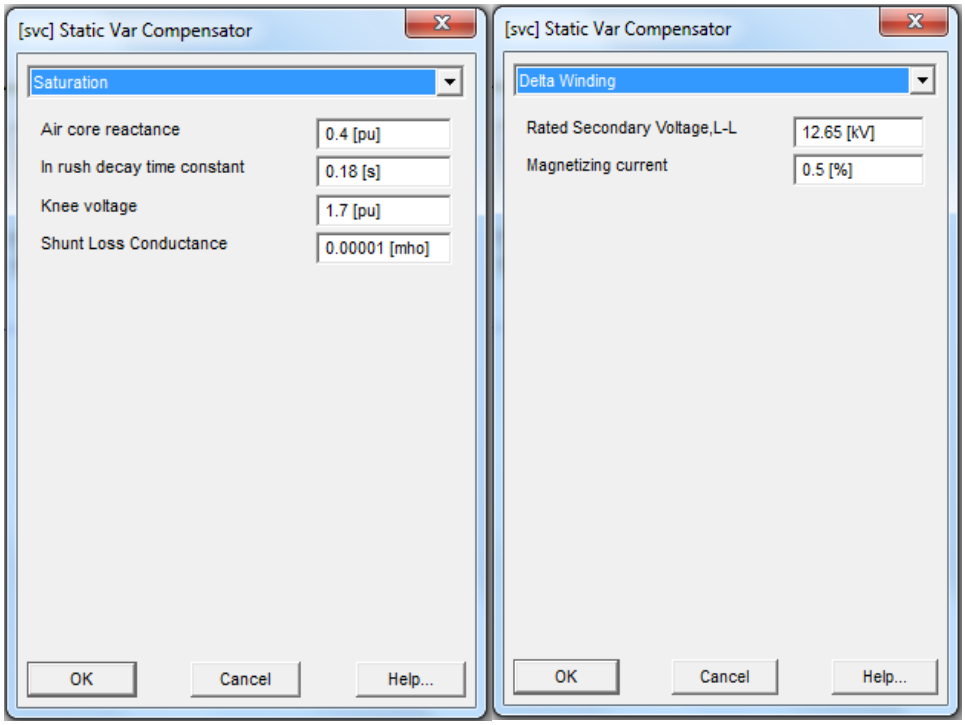
گزینه parallel res. Across each cap. Stage مقدار مقاومت موازی هر پله خازنی بر حسب اهم را نشان می‌دهد.

در دو پنجره زیر ولتاژ و جریان مغناطیس‌کننده را ملاحظه می‌کنیم که اولی بر حسب KV و RMS و دومی بر حسب درصد است.



(شکل ۴.۱۲): تنظیم جبرانساز توان راکتیو استاتیک

www.takbook.com



(شکل ۵.۱۲): تنظیم جبرانساز توان راکتیو استاتیک

در پنجره بالا که مربوط به اشباع می‌باشد در گزینه اول شیب منحنی اشباع شده راکتانس ترانس را داریم که عموماً بین ۰,۴ – ۰,۳ می‌باشد.

گزینه دوم ثابت زمانی جریان هجومی ترانس است که بین ۱ – ۰,۲ ثانیه می‌باشد.

گزینه سوم ولتاژ ناحیه زانویی منحنی اشباع است که معمولاً بین ۱,۲ – ۱ می‌باشد.

گزینه پایانی کندوکتانس تلفات جریان فوکو و هیسترزیس را نشان می‌دهد که در باس SVC قرار می‌گیرد و عموما ۰,۰ لحاظ می‌گردد.

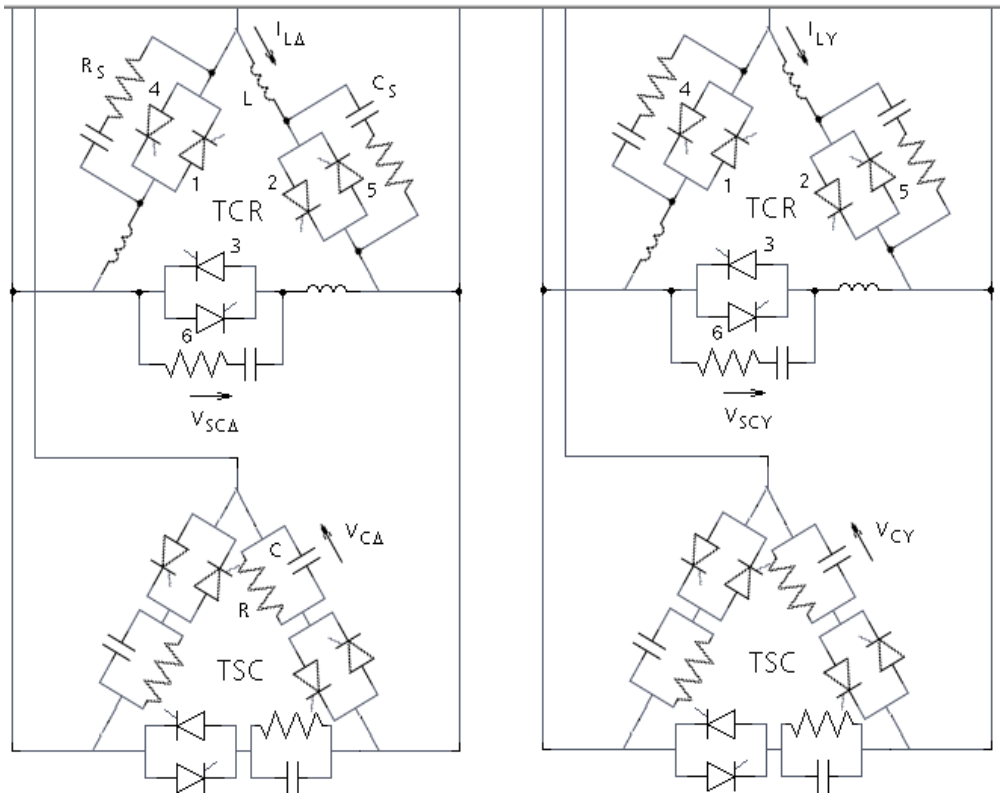
www.takbook.com

۱۲-۳- مدلسازی جبرانساز توان راکتیو استاتیک

قطعه جبرانساز توان راکتیو استاتیک بر اساس تکنیک مدلسازی متغیر حالت استوار است. این قطعه به طور عمده از یک راکتور کنترل شده با تریستور (TSR) و یک خازن سوئیچ شده با تریستور (TSC) تشکیل شده است. فرمولاسیون متغیر حالت، معادله‌ی دیفرانسیل سیستم برای ولتاژ خازن و جریان سلف را حل می‌کند. ماتریس‌های سیستم با گام زمانی ارتباط مستقیم دارد به این ترتیب گام زمانی می‌تواند تغییر نماید تا شرایط همان طور که برای المان‌های سوئیچینگ لازم است، برای مدل شدن فراهم گردد.

مدل SVC را در شکل (۶.۱۲) مشاهده می‌کنیم:

www.takbook.com



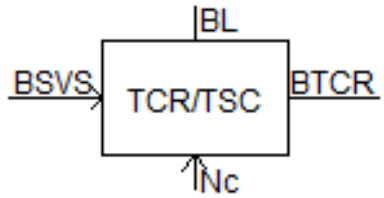
(شکل ۶.۱۲): مدل SVC

المان‌های TCR به صورت مثلث به هم وصل شده‌اند و تمام سوئیچ‌های تریستوری به صورت مقاومت دو وضعیتی مدل شده است. شاخه‌های TSC بی‌توجه به شاخه‌های TSC در حالت عمل به صورت خازن مدل شده است. تمام این‌ها در کنار هم مانند یک خازن سیگنال معادل بر فاز ارائه شده است. مقدار این خازن معادل، و ولتاژ اولیه‌ی آن وقتی که منطق کلید زنی TSC به روشن یا خاموش بودن بانک خازنی اشاره می‌کند، تطبیق یافته است. این موضوع تعداد متغیرهای حالت را برای TSC به عدد شش کاهش می‌دهد. توجه

www.takbook.com

کنید که چنین کاهشی برای دیمانسیون و ابعاد بردار ممکن است به این دلیل که هیچ اندوکتانس سری در شاخه خازنی وجود ندارد، باشد. در غیر این‌صورت هر بازو می‌بایست جداگانه مدل گردد. این مسئله برای سریع‌تر نمودن برنامه می‌باشد چرا که خازن‌ها معمولاً فقط در زمان‌های اندکی در یک اجرای شبیه‌سازی سوئیچ می‌شوند.

۱۲-۴- مشخصه سوسپتانس غیرخطی TSC/TCR



(شکل ۷.۱۲): مشخصه سوسپتانس غیرخطی TSC/TCR

این قطعه مشخصه سوسپتانس غیرخطی را برای قسمت‌های TCR و TSC مربوط به SVC مدل می‌کند. این نسبت شامل موارد خروجی زیر می‌گردد:

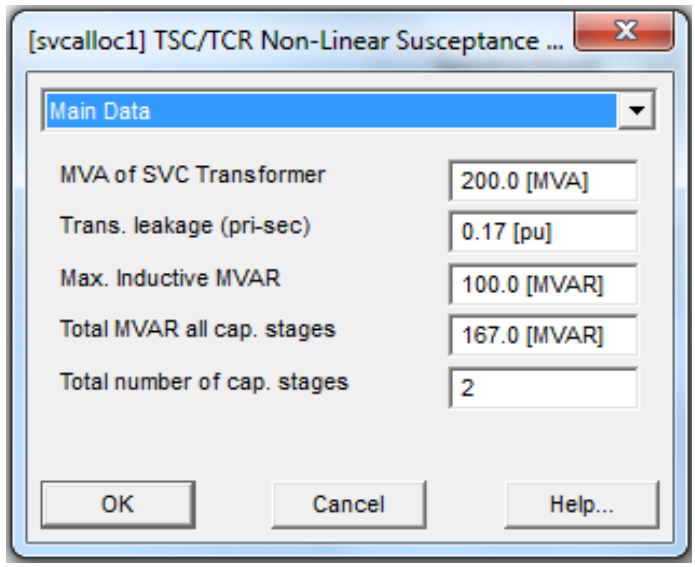
BSVS : ترتیب سوسپتانس جبرانساز توان راکتیو استاتیک (pu).

NC : تعداد پله‌های TSC که با جریان روشن می‌گردد.

BL : سوسپتانس القاگر TCR خروجی (pu).

www.takbook.com

BTCR : سوسپتانس TCR غیرخطی خروجی (pu).



(شکل ۸.۱۲): تنظیم سوسپتانس غیرخطی TSC/TCR

در پنجره Main Data، گزینه اولی معادل MVA سه‌فاز ترانس پارامتر ورودی SVC است.

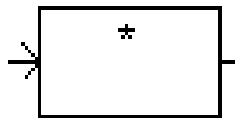
گزینه دوم راکتانس نشتی متقابل توالی مثبت، بین سیم‌پیچ اولیه و ثانویه در ترانسفورماتور داخلی جبرانساز توان راکتیو استاتیک می‌باشد.

گزینه سوم MVAR اندوکتیو TCR بوده که پارامتر ورودی جبرانساز راکتیو استاتیک می‌باشد.

گزینه انتهایی نیز تعداد پله‌های خازن به عنوان ورودی می‌باشد.

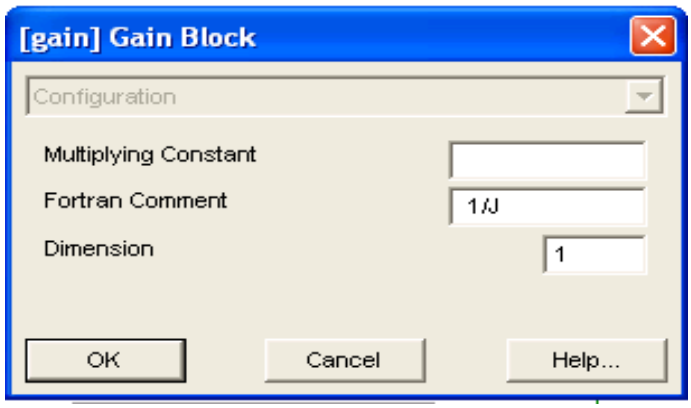
www.takbook.com

۱۲–۵– بلوک بهره



(شکل ۹.۱۲): بلوک بهره

این قطعه بلوک بهره است که در اندازه داده ورودی ضرب می‌شود و به خروجی می‌رود. اگر برای این قطعه نیز با کلیک راست نمودن روی آن، وارد قسمت تنظیمات شده به این شکل می‌رسیم:



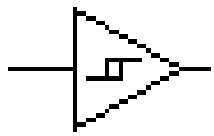
(شکل ۱۰.۱۲): تنظیم بلوک بهره

مطابق شکل، مورد اول مقدار ضریب مربوطه را که باید در ورودی ضرب گردد نشان می‌دهد. دومین مورد عنوان بلوک مربوطه و سومین مورد هم دیمانسیون این داده است

www.takbook.com

که به طور پیش فرض (۱) به معنی اسکالر انتخاب شده است. در این مورد توجه به این نکته ضروری است که این بلوک دیمانسیون ورودی را تغییر نمی‌دهد.

۱۲-۶- بافر هیسترزیس



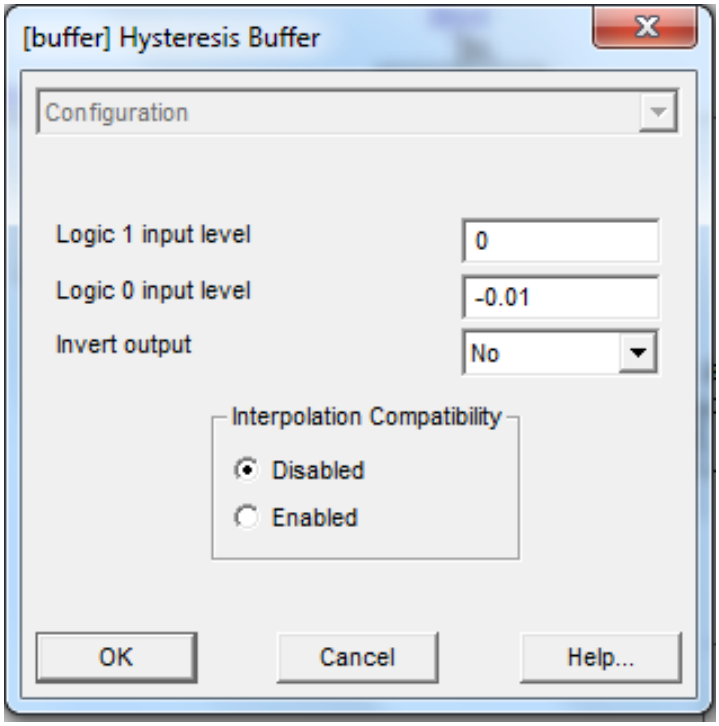
(شکل ۱۱.۱۲): بافر هیسترزیس

این قطعه برای تبدیل یک سیگنال حقیقی به یک سیگنال دیجیتال می‌باشد. تابع هیسترزیس با جلوگیری کردن از گذر به یک حالت منطقی، تا زمانی که سیگنال ورودی به اختیار از آستانه ورودی عبور کند از نویز جلوگیری می‌کند. همچنین زمانی که سیگنال ورودی در نزدیکی ناحیه هیسترزیس است مقدار قبلی خروجی حفظ خواهد شد.

زمانی که قابلیت افزایشی فعال باشد اطلاعات افزوده شده به وسیله ابزاری تولید می-شود و به خروجی ارسال می‌گردد. زمان اضافه شده خروجی به وسیله کنترل پیوسته سیگنال ورودی و مقایسه آن با منطق (۱) و منطق (۰) سطوح ورودی حساب می‌گردد. وقتی که سیگنال ورودی از هر دو سطح ورودی عبور می‌کند یک زمان برای اضافه نمودن

www.takbook.com

داده می‌شود. وقتی که تمام این تغییرات انجام شد این دستگاه حتی در پله‌های زمانی طولانی نیز خیلی دقیق خواهدبود.



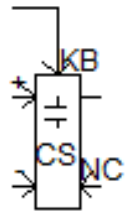
(شکل ۱۲.۱۲): تنظیم بافر هیسترزیس

در پنجره تنظیمات در گزینه اول سطح سیگنال ورودی باید از آن عبور کند تا به عنوان یک مقدار درست منطقی شناخته شود.

در گزینه دوم هم مقدار پایینی است که سیگنال باید قبل آن باشد تا به عنوان یک مقدار درست منطقی شناخته شود.

www.takbook.com

۱۲-۷- منطق کلیدزنی خازنی TCR/TSC



(شکل ۱۳.۱۲): بلوک کلیدزنی خازنی TCR/TSC

این قطعه یک سیگنال برای سوئیچ روشن و خاموش کردن بانک خازنی TSC جبرانساز توان راکتیو استاتیک تولید می‌کند.

TSC/TCR : مشخصه غیرخطی سوسپتانس ورودی وخروجی، موارد زیر را شامل می‌گردد:

NC : تعداد پله‌های TSC که به وسیله‌ی جریان روشن شده است.

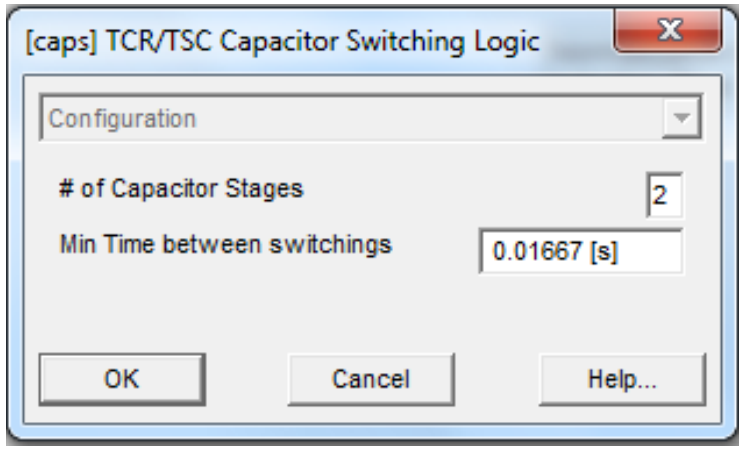
- : سیگنالی برای حذف یک پله TSC (۱، یک پله را حذف می‌کند).

+ : سیگنالی برای اضافه کردن یک پله TSC (۱، یک پله را اضافه می‌کند).

KB : قفل یا ضد قفل سیگنال ۱ یا ۰ (۰، خروجی را قفل می‌کند).

خروجی نسبت TSC/TCR ۱ یا ۱- می‌باشد که ۱ برای اضافه و ۱- برای حذف نمودن یک پله است.

www.takbook.com



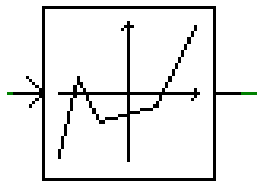
(شکل ۱۴.۱۲): تنظیم بلوک کلیدزنی خازنی TCR/TSC

در پنجره تنظیمات بالا در گزینه نخست تعداد پله‌های خازنی در پارامتر ورودی SVC را مشاهده می‌کنیم و گزینه دوم نیز حداقل زمان بین دو دستور موفقیت‌آمیز را نشان می‌دهد که مشخصاً برابر با زمان یک پریود از فرکانس مبنا می‌باشد.

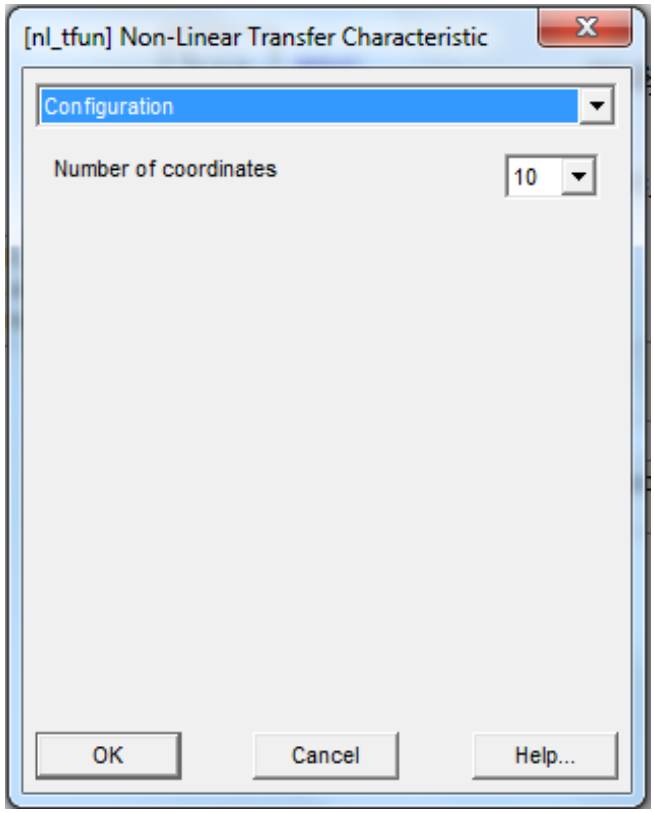
۱۲–۸– مشخصه انتقال غیرخطی

این جزء یک مشخصه انتقالی غیرخطی به وسیله تقریب با خطوط صاف و شکسته مدل می‌نماید. پارامترهای تابع X از X_1 تا X_N افزایش می‌یابد. خروجی متناظر با یک ورودی از طریق خطی که آن دو را به هم وصل می‌کند تعریف می‌گردد. خروجی بزرگتر از X_N یا کوچکتر از X_1 هم به وسیله خطوط راست و شکسته نزدیکترین دو نقطه به آن تقریب زده می‌شود.

www.takbook.com



(شکل ۱۵.۱۲): مشخصه انتقال غیرخطی

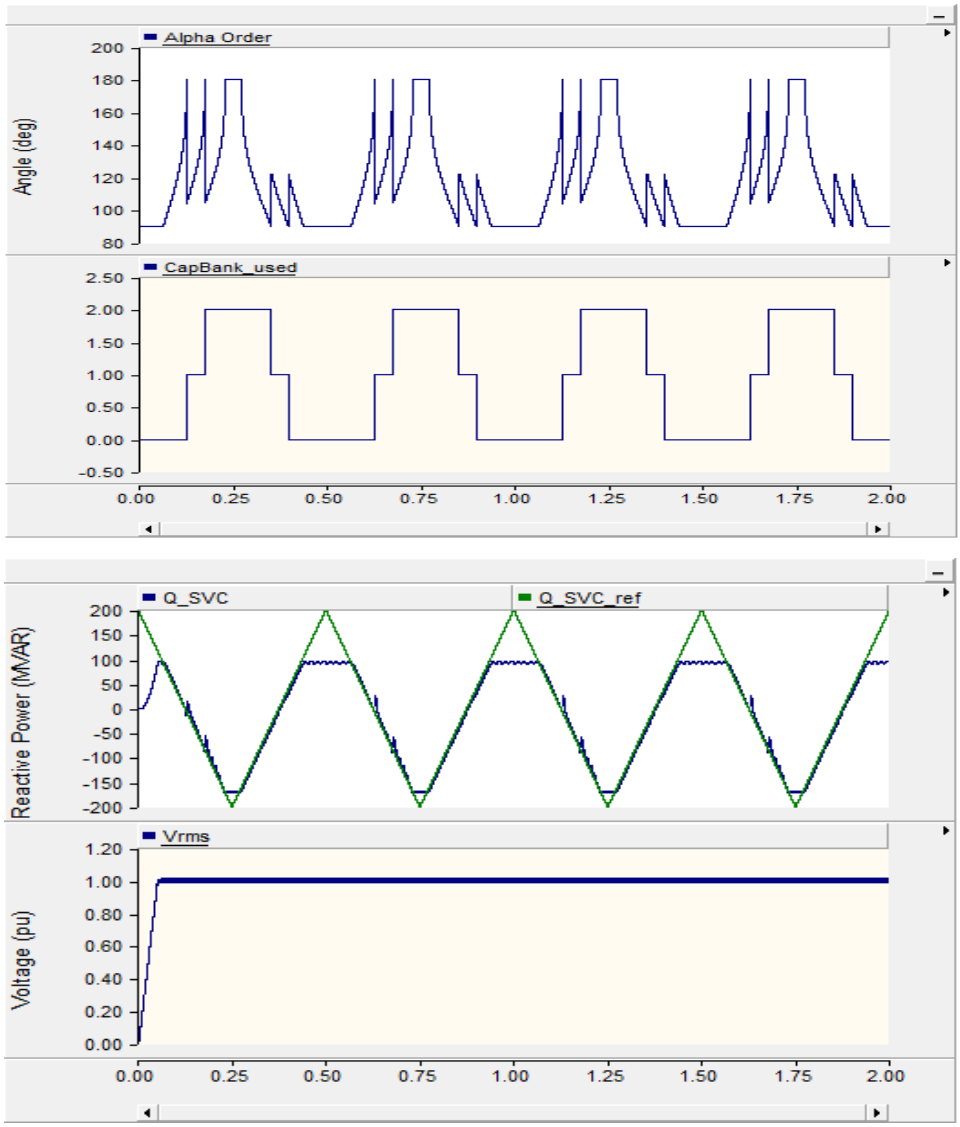


(شکل ۱۶.۱۲): تنظیم مشخصه انتقال غیرخطی

در پنجره بالا نیز تعداد نقاطی که برای تقریب لازم است از ۲ تا ۱۰ نقطه وارد می‌شود.

www.takbook.com

۱۲–۹– شبیه‌سازی



(شکل ۱۷.۱۲): شبیه‌سازی

www.takbook.com

در این فصل مدار یک جبرانساز توان راکتیو استاتیک که به یک شین بی‌نهایت متصل است شبیه‌سازی شده است. بررسی عملکرد آن نیز با مشاهده توان راکتیو و ولتاژ و زاویه فاز صورت پذیرفته است. هدف از جبرانساز توان راکتیو، رسیدن به توان راکتیو قابل تنظیم می‌باشد که این مهم حاصل شده است. برای تشریح عملکرد مدار به کتاب های الکترونیک قدرت اشاره شده در قسمت مراجع، رجوع شود.

www.takbook.com

فصل سیزدهم

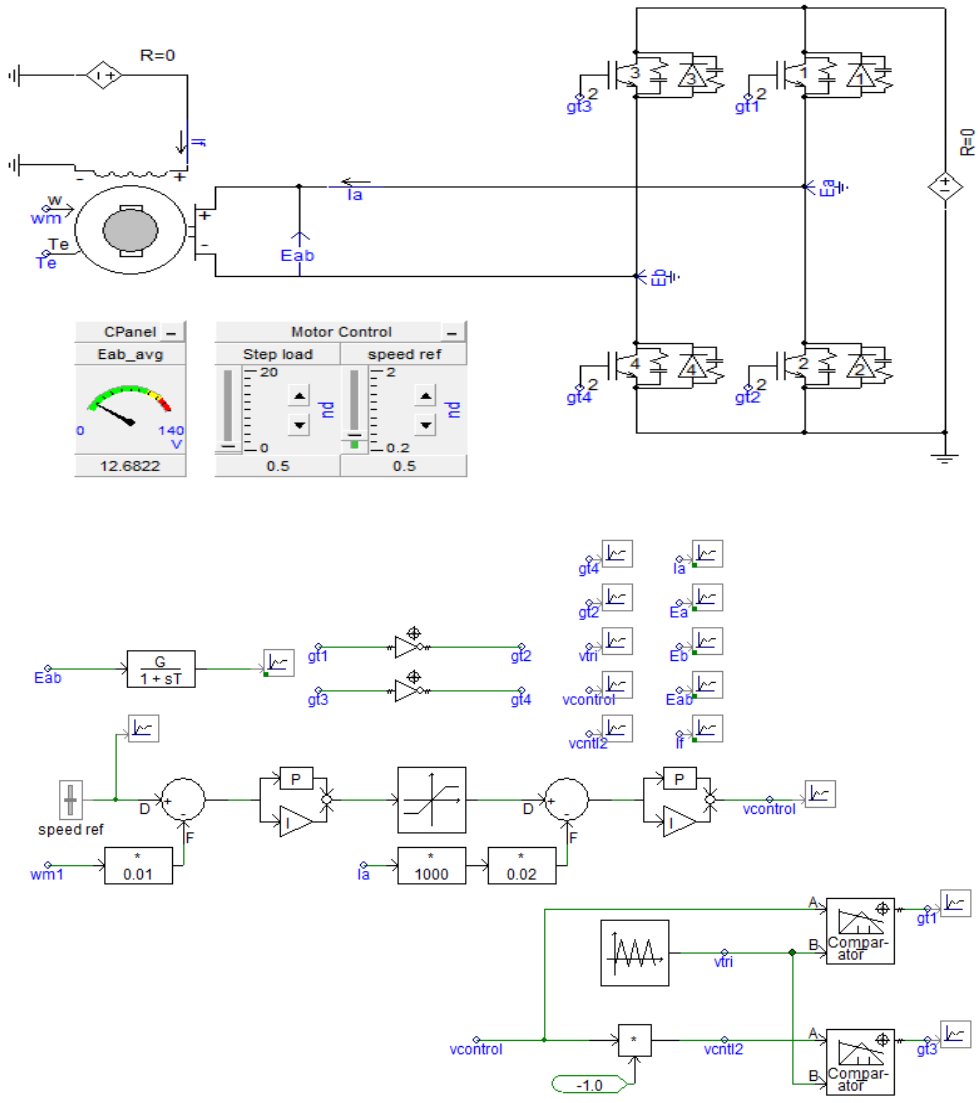
شبیه‌سازی مدار راه انداز ماشین DC

۱۳– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی مدار راه انداز ماشین DC بیان می‌شود.

www.takbook.com

۱۳-۱- طرح مدار



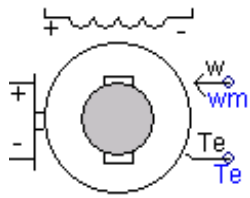
(شکل ۱.۱۳): شمای کلی مدار

www.takbook.com

مطابق با منابع دروس ماشین‌های الکتریکی، مدار راه‌انداز ماشین DC در شکل (۱.۱۳) می‌باشد. مدار الکتریکی و کنترلی این مثال را مطابق با شکل پیاده سازی می‌کنیم.

۱۳–۲– ماشین DC

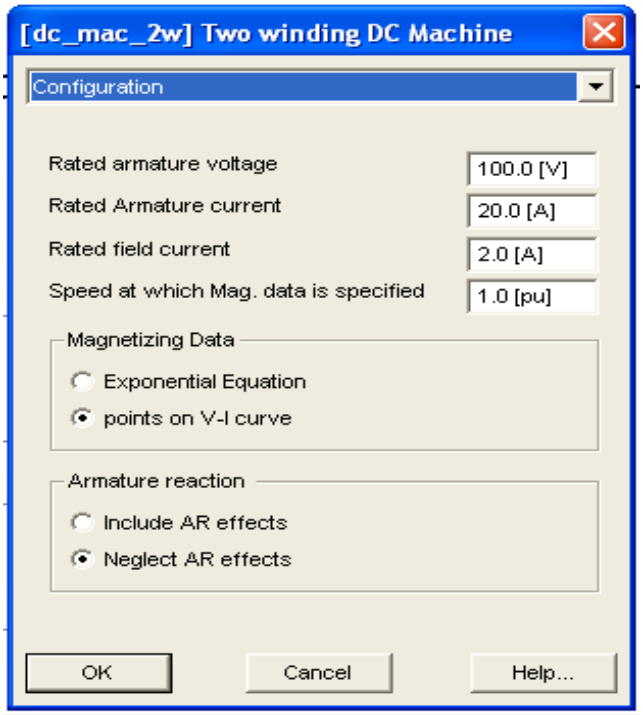
شمای این قطعه مطابق زیر بوده و پایانه‌های سمت چپ آن ترمینال‌های آرمیچر و سیم پیچ بالایی همان تحریک موازی می‌باشد. این تحریک به وسیله‌ی یک منبع ولتاژ ایده‌آل (مقاومت درونی صفر) تغذیه می‌گردد. اتصال شنت یا موازی نوعی از اتصال تحریک در ماشین‌های جریان مستقیم می‌باشد. در این نوع اتصال، سیم پیچی تحریک موازی آرمیچر خواهد بود.



(شکل ۲.۱۳): بلوک ماشین DC

اگر روی این قطعه کلیک راست نموده و گزینه Edit Parameters را انتخاب کنیم چنین صفحه‌ای گشوده خواهد شد:

www.takbook.com



(شکل ۳.۱۳): تنظیم ماشین DC

در بخش بالایی این صفحه برخی از مقادیر نامی ماشین ارائه شده است که باید توسط کاربر تکمیل گردد و به ترتیب عبارت اند از: ولتاژ نامی آرمیچر، جریان نامی آرمیچر، جریان نامی تحریک و سرعت نامی.

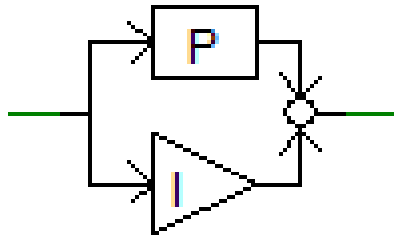
در بخش دوم اطلاعات مربوط به مغناطیس شوندگی هسته مطرح می‌شود که گزینه نخست به معادله نمایی که با فرض خطی لحاظ شدن هسته حاصل شده و گزینه دوم به بررسی نقطه روی نمودار و غیرخطی لحاظ کردن هسته اشاره می‌نماید که بنابر فرض مسئله، این‌جا گزینه دوم انتخاب شده است.

www.takbook.com

قسمت سوم به اثر عکس‌العمل آرمیچر اشاره می‌کند که با انتخاب اولین گزینه آن را به حساب آورده‌ایم و در صورت انتخاب گزینه دوم، از آن چشم پوشی نموده‌ایم.

۱۳-۳- کنترلر PI

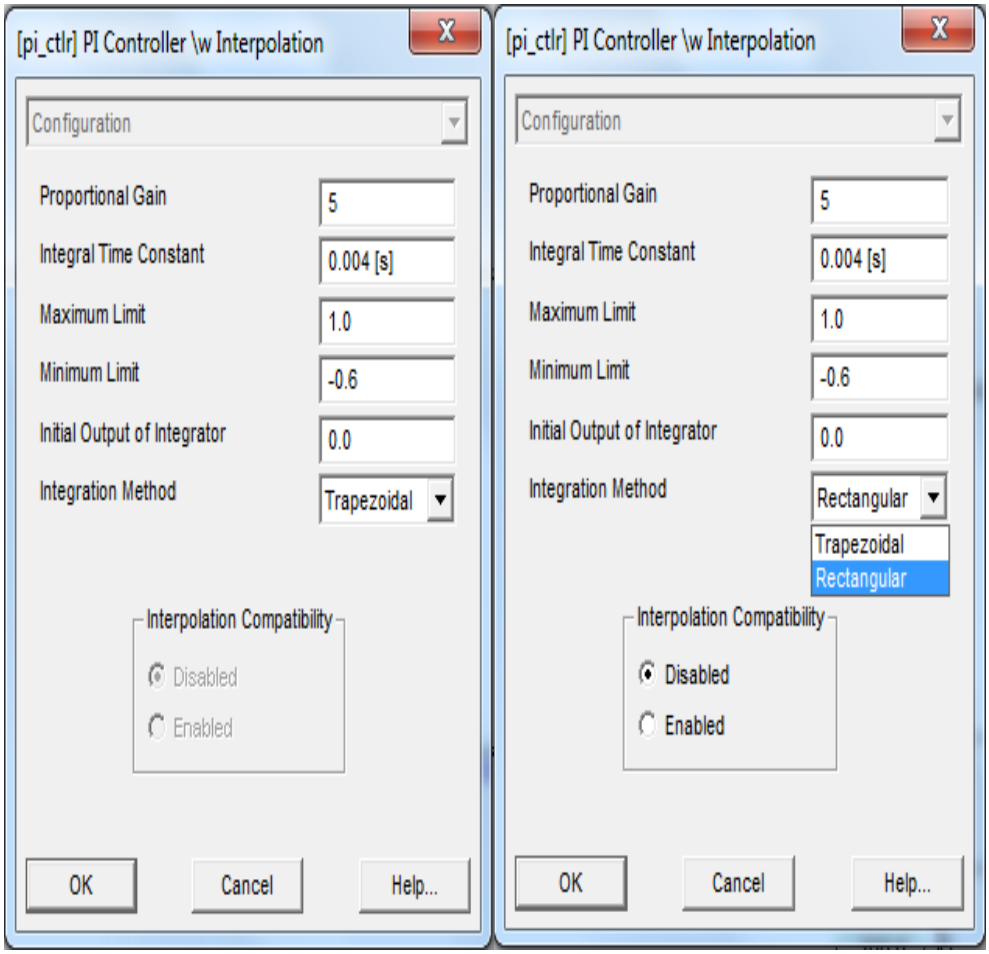
شکل این کنترلر به صورت زیر است که خروجی حاصل جمع یک بهره و انتگرال از ورودی است.



(شکل ۴.۱۳): کنترلر PI

هر دو نوع انتگرال‌گیری مستطیلی و ذوزنقه‌ای می‌تواند برای دامنه زمانی که با تابع انتگرال حساب می‌گردد استفاده شود. توانایی اضافه نمودن در کادر پایین در صورتی فعال می‌گردد که نوع انتگرال‌گیری، مستطیلی انتخاب گردد. وقتی که این حالت فعال گردید زمان اضافه شده و قطبیت سیگنال در هنگام محاسبه انتگرال دقیق، برای پله زمانی خاص مورد ملاحظه قرار می‌گیرد.

www.takbook.com



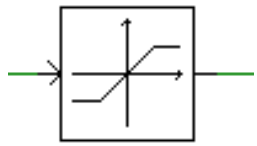
(شکل ۵.۱۳): تنظیم کنترلر PI

پنجره تنظیمات، گزینه Integration method: توجه شود که انتگرال ذوزنقه‌ای هر وقت که ممکن باشد باید مورد استفاده قرار گیرد چون آن هیچ وقت متغیر نیست. به هر حال اگر مشتقات شکل موج خروجی پیوسته نیست (یعنی dx/dt در برخی نقاط بی‌کران است)، می‌توان با فعال کردن توانایی افزودن (Interpolationcompatibility) به دقت

www.takbook.com

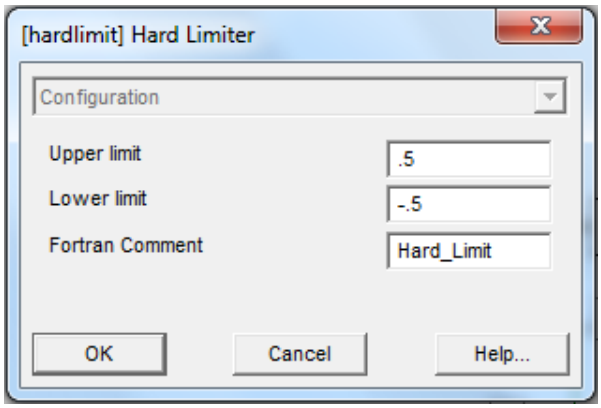
بالاتری با انتگرال مستطیلی رسید. مطابق شکل زیر در صورت انتخاب انتگرال مستطیلی کادر پایینی فعال می‌شود.

۱۳-۴- تابع محدود کننده



(شکل ۶.۱۳): تابع محدود کننده

در تابع محدودکننده یا محدودکننده سخت، خروجی مادامی که کاهش ورودی بین محدوده‌های بالایی و پایینی باشد معادل دو برابر سیگنال ورودی خواهد بود. اگر سیگنال از هر کدام از این حدود تجاوز نماید مقدار خروجی روی مقدار آن حد باقی می‌ماند.



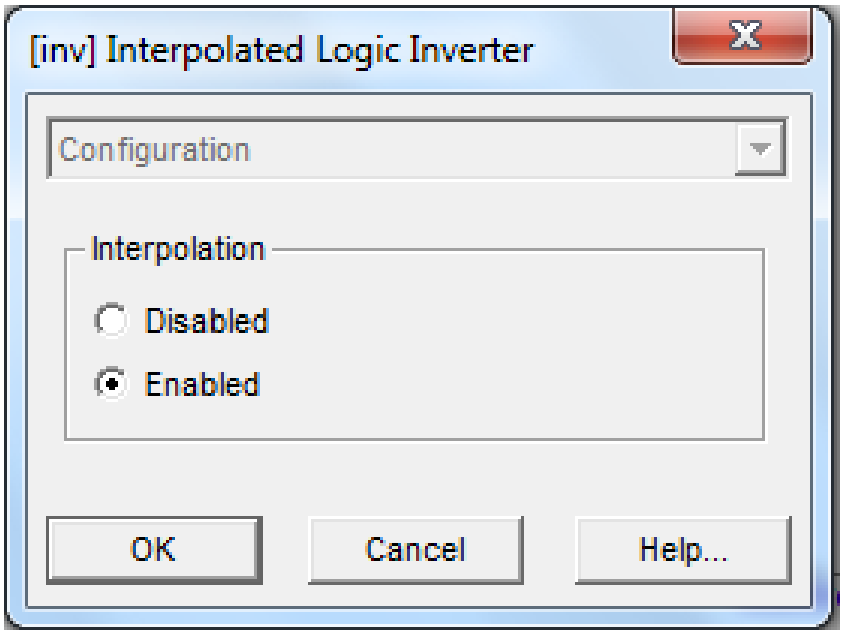
(شکل ۷.۱۳): تنظیم تابع محدود کننده

www.takbook.com

۱۳-۵- اینورتر (Inverter)

(شکل ۸.۱۳): اینورتر (Inverter)

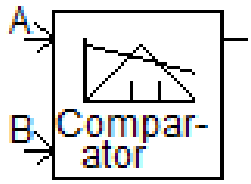
این جزء یک معکوس‌کننده باینری است. مقادیر غیر صفر به عنوان مقادیر درست منطقی اضافه شده است در حالیکه صفر هم به عنوان یک خطای منطقی تفسیر می‌گردد. اگر توانایی افزودن فعال گردد اطلاعات افزودنی از ورودی به خروجی منتقل می‌گردد.



(شکل ۹.۱۳): تنظیم اینورتر (Inverter)

www.takbook.com

۱۳-۶- مقایسه کننده دو ورودی



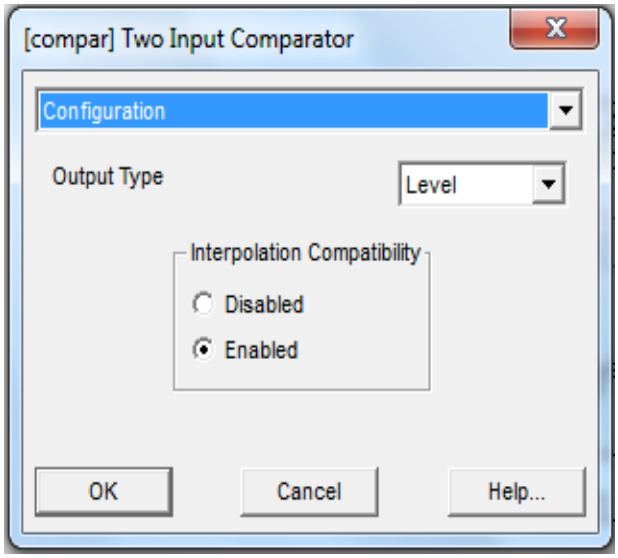
(شکل ۱۰.۱۳): مقایسه کننده دو ورودی

این قطعه دو ورودی را با هم مقایسه می‌کند. هنگامی که یکی از سیگنال‌ها از دیگری تجاوز کند و عبور نماید این قطعه یک پالس ایجاد می‌کند. یا اینکه این جزء وقتی که یک سیگنال بالاتر از دیگری است چون مقدار دو سیگنال با هم اختلاف دارد، یک سطح در خروجی می‌دهد که این بستگی به نوع خاص خروجی دارد.

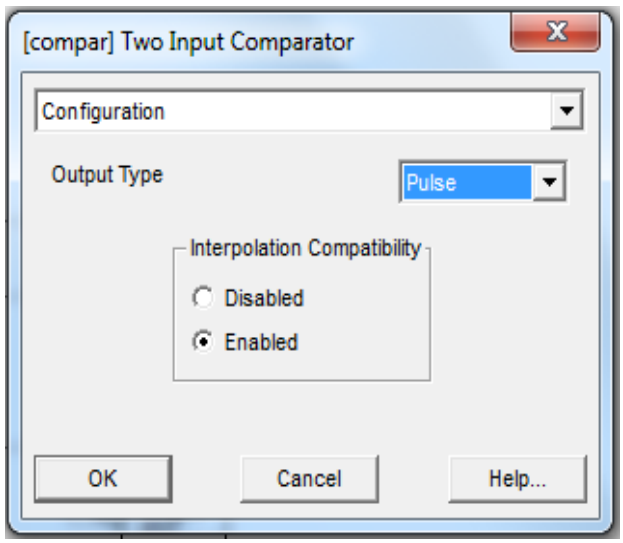
اگر توانایی افزایشی فعال باشد (دقیقا برای زمانی که دو سیگنال ورودی برابر هم هستند و همدیگر را قطع می‌کنند) اطلاعات اضافه شده توسط وسیله تولید شده و به خروجی ارسال می‌گردد. وقتی که از حالت افزایشی استفاده شود این وسیله خیلی دقیق است حتی در پله‌های زمانی بزرگتر.

شکل زیر جدول تنظیمات این قطعه را نشان می‌دهد. در این شکل امکان انتخاب نوع خروجی به دو صورت سطح و پالس وجود دارد.

www.takbook.com



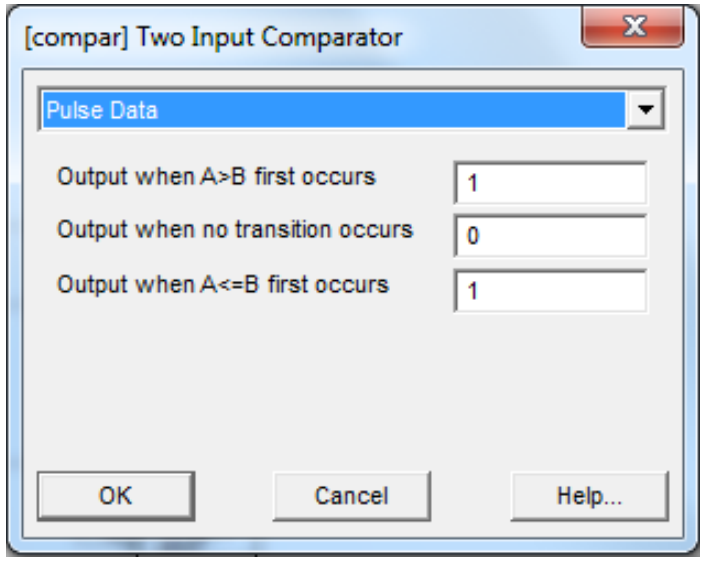
(شکل ۱۱.۱۳): تنظیم مقایسه کننده دو ورودی



(شکل ۱۲.۱۳): تنظیم مقایسه کننده دو ورودی

پنجره Pulse-Data درصورت گزینش Puls درپنجره بالا فعال خواهد شد.

www.takbook.com



(شکل ۱۳.۱۳): تنظیم مقایسه کننده دو ورودی

Pulse-Data –۱–۶–۱۳

گزینه اول: وقتی اول حالت A>B رخ دهد، اندازه خروجی را اینجا وارد می‌کنیم.

گزینه دوم: وقتی هیچ حالت گذرایی رخ ندهد.

گزینه سوم: وقتی که اول حالت A<=B رخ دهد اندازه خروجی را اینجا وارد می‌کنیم.

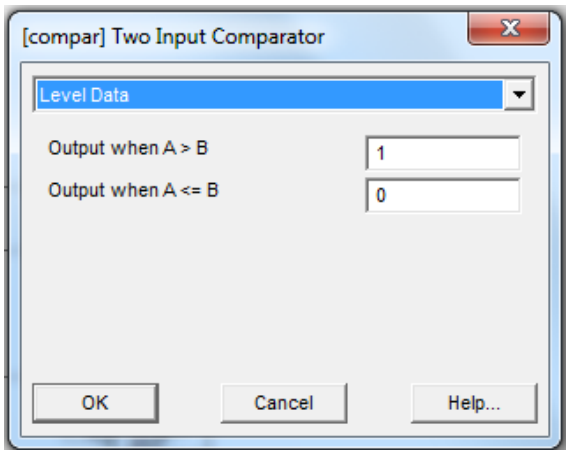
Level-Data –۲–۶–۱۳

این پنجره در صورت انتخاب Level درپنجره Configuration فعال خواهد شد.

www.takbook.com

درگزینه اول وقتی که A>B، اندازه خروجی را وارد کنید.

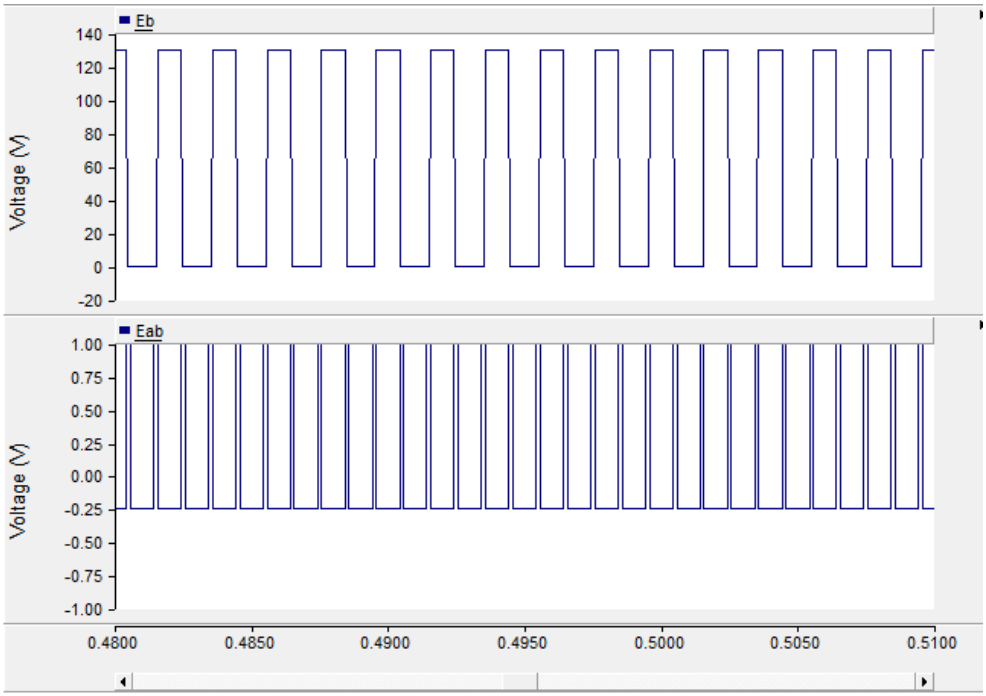
درگزینه دوم وقتی که A<=B، اندازه خروجی را وارد کنید.

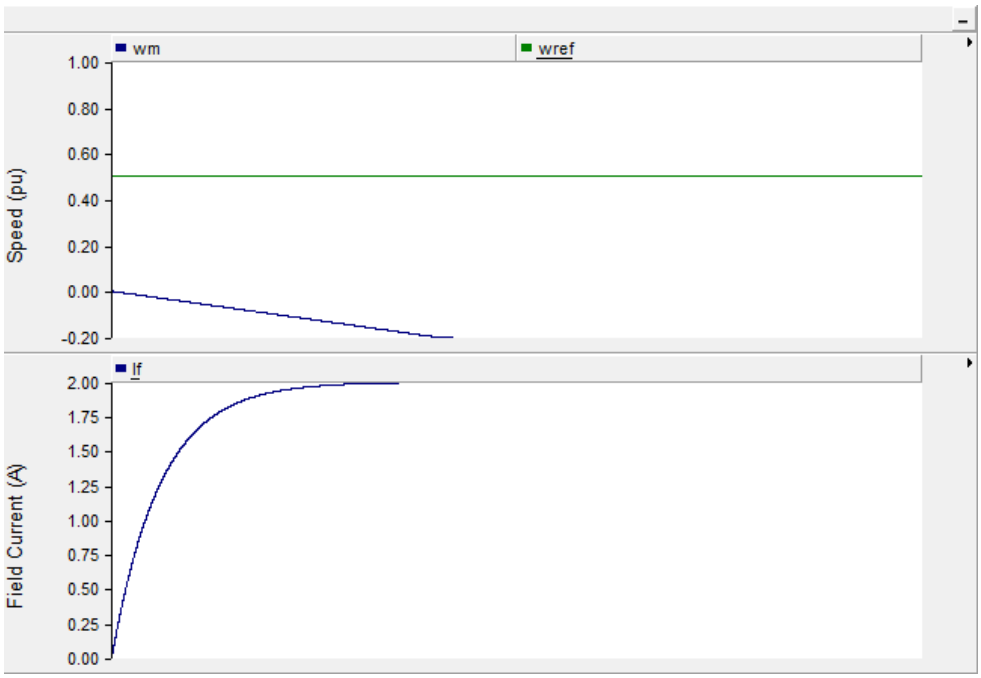


(شکل ۱۴.۱۳): تنظیم مقایسه کننده دو ورودی

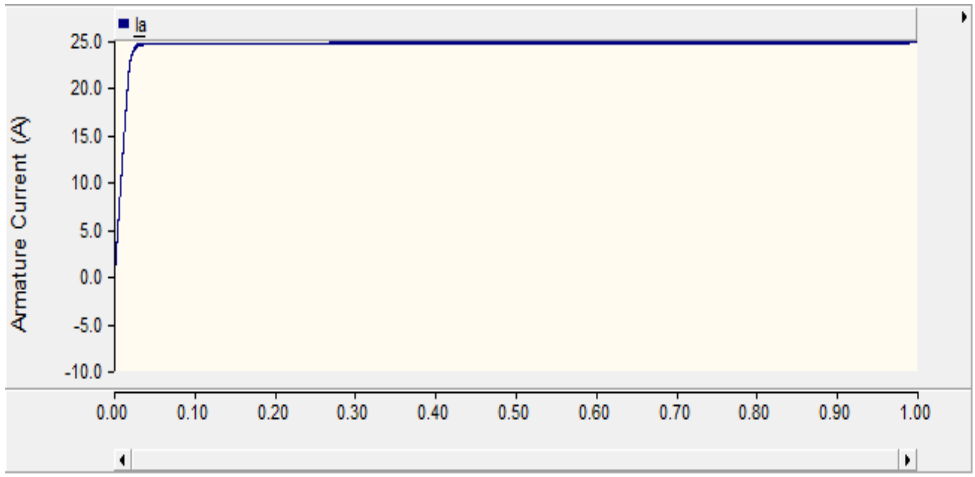
۱۳-۷- شبیه‌سازی

www.takbook.com





www.takbook.com



(شکل ۱۵.۱۳): شبیه‌سازی

در این فصل شبیه‌سازی مدار راه انداز ماشین DC صورت پذیرفت. شکل موج ولتاژ، جریان تحریک، جریان آرمیپر و سرعت در نتایج شبیه‌سازی مشاهده می‌شود. برای درک عملکرد مدار و تحلیل شکل موج‌های خروجی به کتاب‌های ماشین‌های الکتریکی اشاره شده در قسمت مراجع رجوع شود.

www.takbook.com

فصل چهاردهم

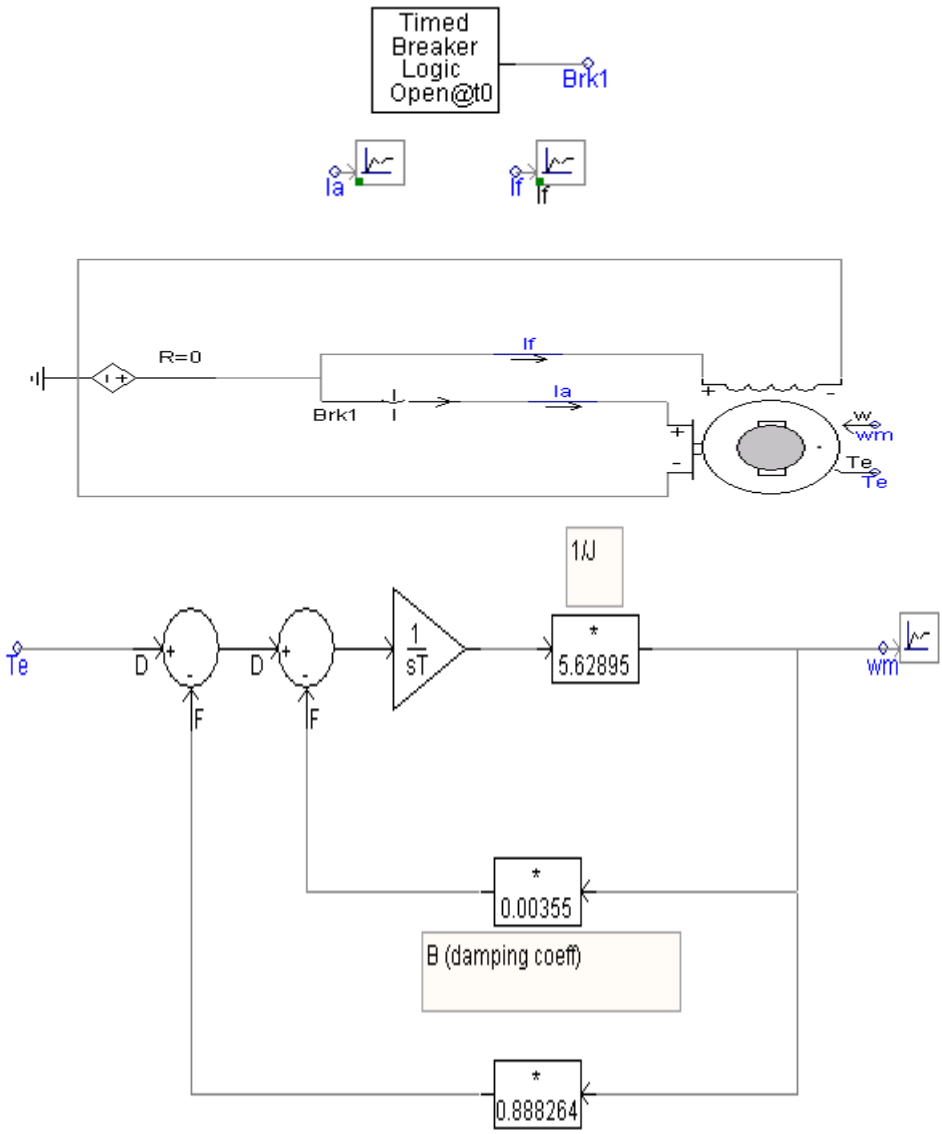
بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای موتور DC

۱۴– مقدمه

در این فصل با بررسی و اندازه‌گیری پارامترهای موتور DC (جریان مستقیم)، به ازای مقادیر نامی معین آشنا می‌شوید.

www.takbook.com

۱۴-۱- طرح مدار

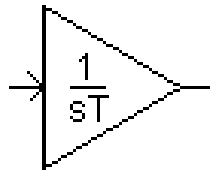


(شکل ۱.۱۴): شمای کلی مدار

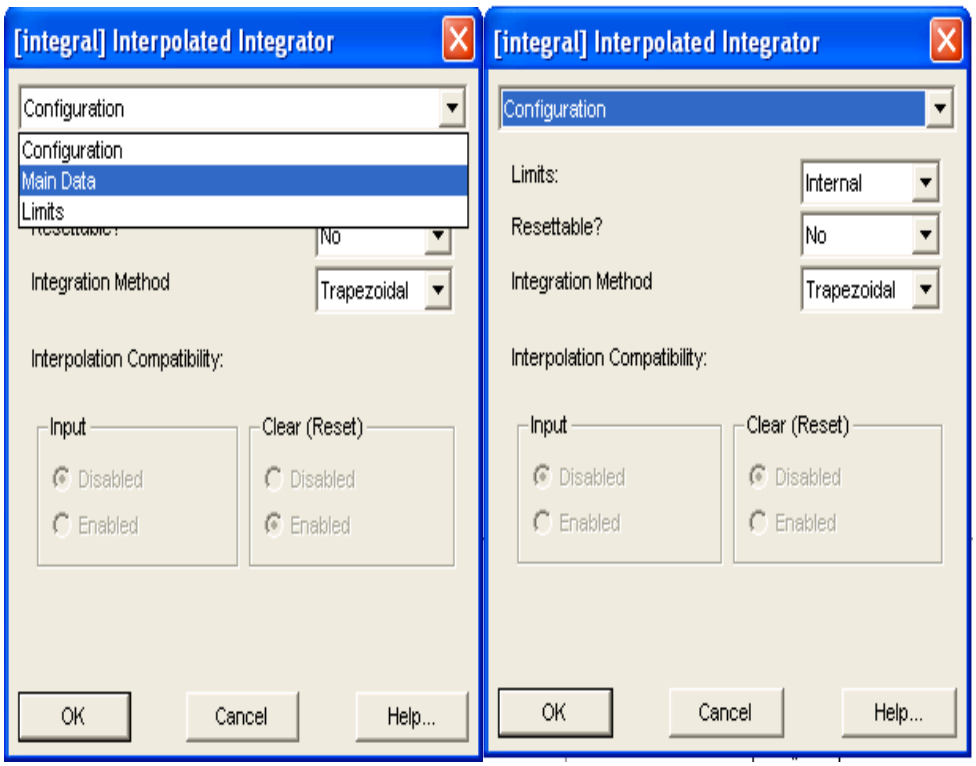
www.takbook.com

بعد از پیاده سازی مدار بصورت شکل (۱.۱۴) به معرفی قطعات جدید می‌پردازیم.

۱۴-۲- انتگرال‌گیر



(شکل ۲.۱۴): انتگرال‌گیر

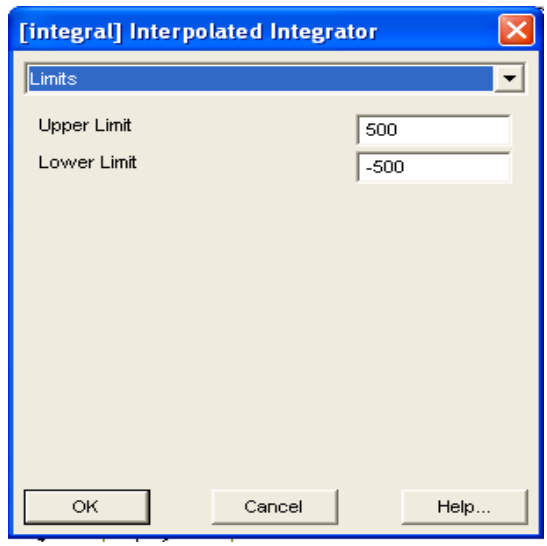


(شکل ۳.۱۴): تنظیمات انتگرال‌گیر

www.takbook.com

جزء اصلی در ساختار یک کنترلر می‌باشد که انتگرال‌گیری را انجام می‌دهد. نوار اولی دارای سه قسمت است که در شکل ملاحظه می‌کنید و در ادامه بیشتر به آن خواهیم پرداخت.

در شکل (۳.۱۴)، برای نوار دومی (Limits) دو انتخاب داخلی و خارجی داریم که در صورت انتخاب داخلی، حدود انتگرال را می‌توانیم به صورت دستی تغییر دهیم و برای این کار از نوار ابزار اولی مورد سوم (Limits) را انتخاب می‌کنیم و به شکل زیر می‌رسیم.

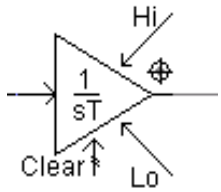


(شکل ۴.۱۴): تنظیمات انتگرال‌گیر

در صورت انتخاب گزینه خارجی (External) شکل انتگرال‌گیر این طور خواهد شد که حدود را از خارج می‌گیرد. البته در این شکل عامل (Clear) که برای پاک کردن و شروع مجدد است نیز دیده می‌شود.

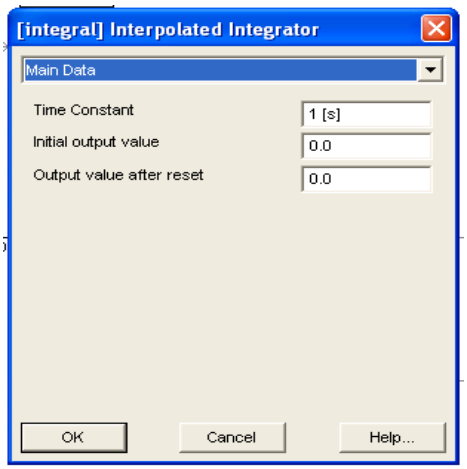
www.takbook.com

۱۴-۲-۲- تنظیم انتگرال‌گیر



(شکل ۵.۱۴): تنظیم انتگرال‌گیر

نوارابزار سومی پیرامون قابلیت پاک کردن یا شروع مجدد (Reset) انتگرال بحث می‌کند. چنانچه اینجا گزینه (Yes) را انتخاب کنیم کادر Clear (Reset) در قسمت پایین فعال می‌گردد. به این ترتیب باید مقدار خروجی را برای بعد از شروع مجدد معین کنیم و برای انجام این کار در نوارابزار اولی گزینه (Main Data) را انتخاب نموده و در شکل حاصله که به صورت زیر است، عدد مربوطه را در قسمت سوم قرار می‌دهیم.



(شکل ۶.۱۴): تنظیم انتگرال‌گیر

www.takbook.com

نوارابزار چهارمی نوع انتگرال‌گیری را معین می‌کند که به دو صورت ذوزنقه‌ای (Trapezoidial) و مستطیلی (Rectangular) می‌باشد که در صورت انتخاب نوع مستطیلی کادر سمت چپ (Input) فعال می‌گردد.

با کسب اطلاعات کافی پیرامون قطعات اینک می‌توانیم با کنار هم قرار دادن این قطعات مطابق گراف زیر مدار اصلی را برای شبیه‌سازی تشکیل دهیم. باید توجه داشت که :

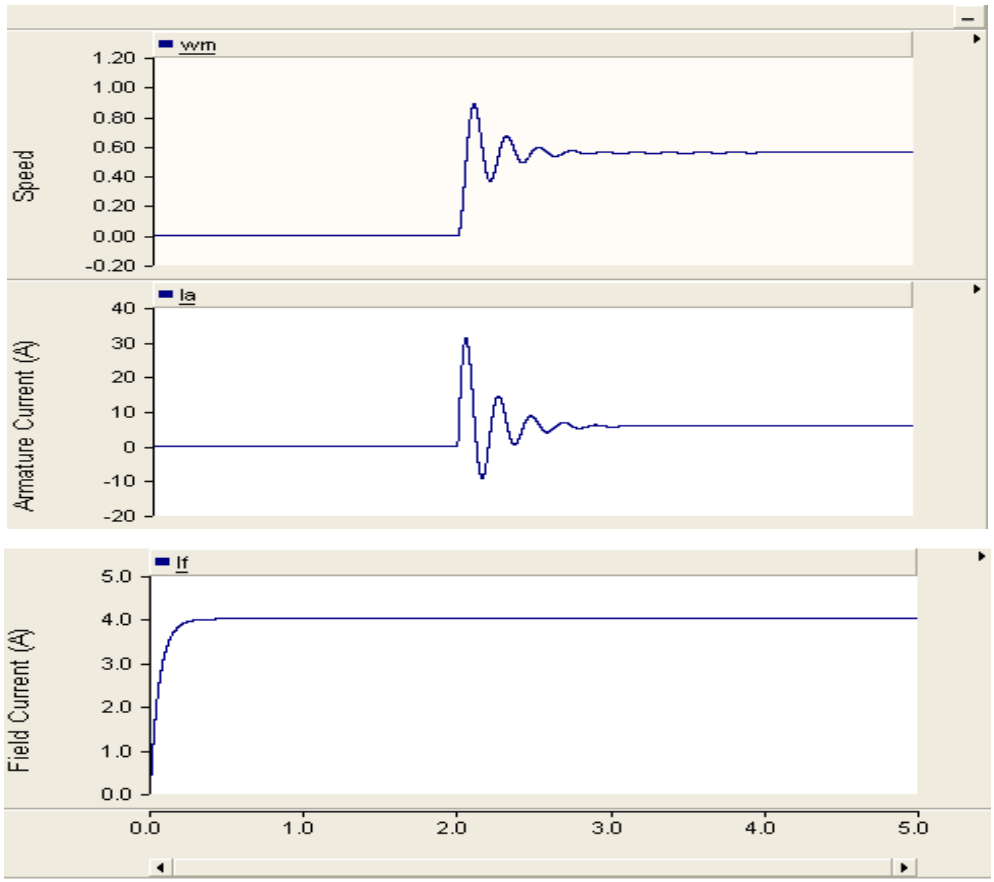
۱- منبع ولتاژ موجود ایده آل فرض شده بنابراین دارای مقاومت درونی صفر است.

۲- چون کنترل‌کننده منطق زمانی بریکر روی بریکر (۱) اعمال می‌گردد باید خروجی آن را به وسیله (Signal Node) به بریکر (۱) متصل کنیم.

۳- نمودار بلوکی زیر بسیار حائز اهمیت است و دارای دو نکته مهم می‌باشد، اول آنکه وجود انتگرال‌گیر برای یک کنترلر ضروری می‌باشد و بدون آن شبیه‌سازی نتیجه‌ای نخواهد داشت. دوم آنکه ورودی نمودار بلوکی گشتاور الکتریکی (Te) و خروجی آن (Wm) سرعت گردش روتور می‌باشد و بهره‌ها هم بر اساس روابط موجود و مقادیر داده شده حاصل شده است.

www.takbook.com

۱۴-۳- شبیه‌سازی



(شکل ۷.۱۴): شبیه‌سازی

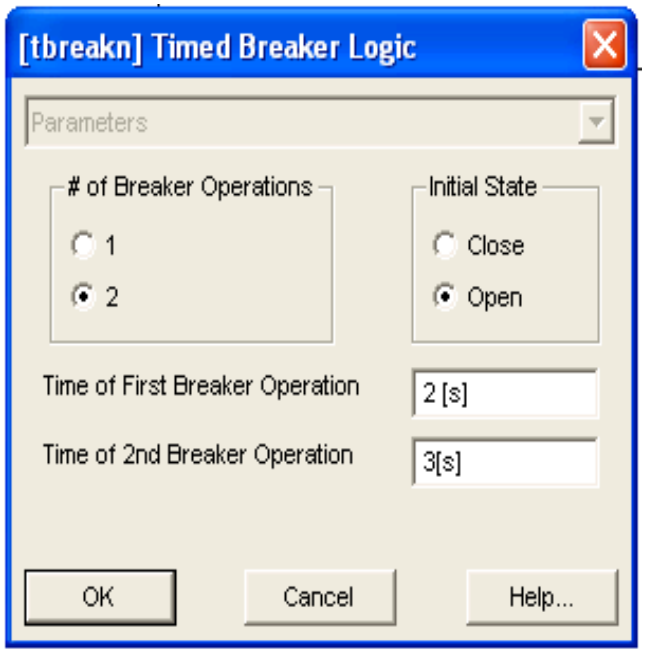
۱- تا قبل از عمل بریکر (۲s) و وصل شدن مدار، سرعت رتور و جریان آرمیچر صفر می‌باشد و پس از آن نیز پس از مقداری نوسان سرعت آن به حدود (۰.۶ pu) و جریان

www.takbook.com

آرمیچر هم به حدود (۷) آمپر رسیده است. البته میزان این فراجهش و میرایی و زمان میراشدن وابسته به ثابت زمانی مدار و وابسته به بهره بلوک هاست.

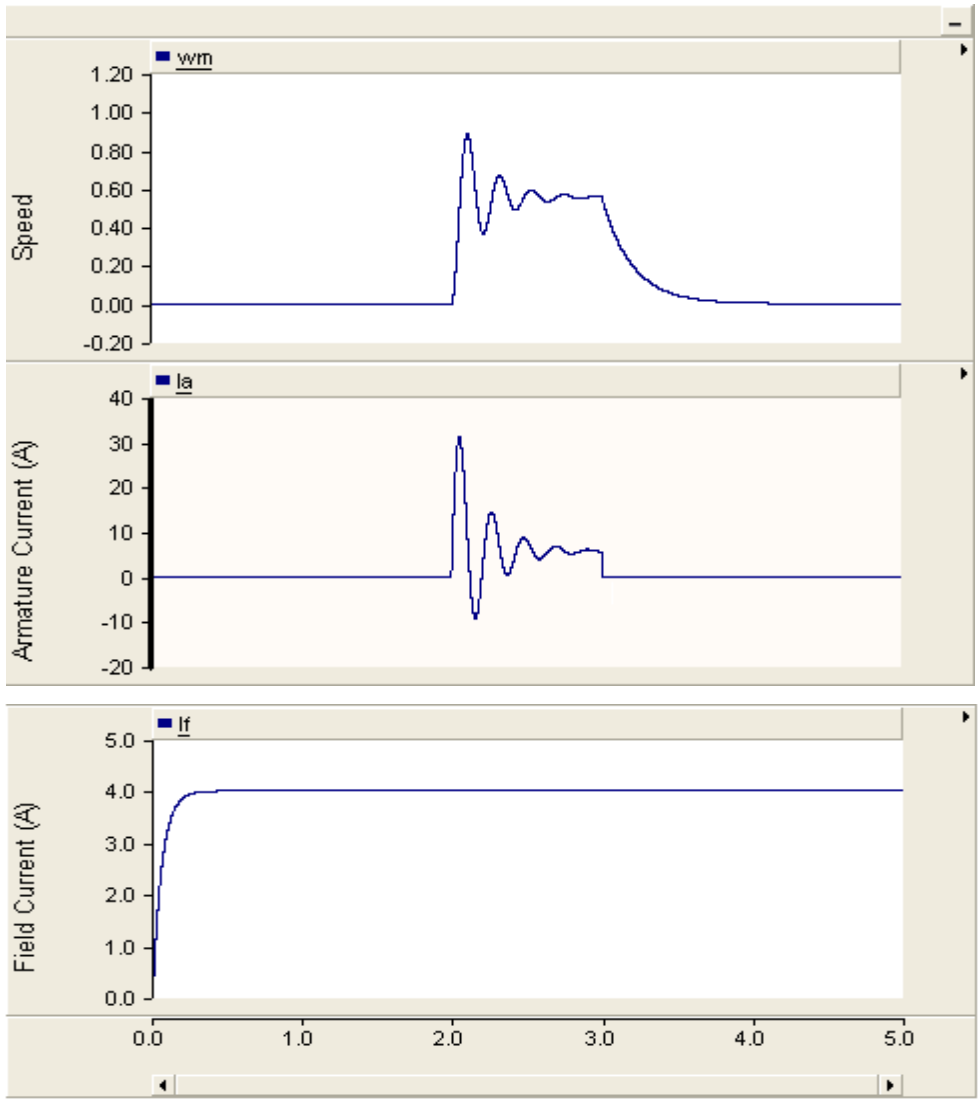
۲- جریان تحریک از همان اول به مرور شروع به افزایش می‌کند و قطع و وصل بودن بریکر آن را قطع نمی‌کند. البته علت واضح است چون این سیم‌پیچ به صورت مستقل موازی منبع ولتاژ می‌باشد پس از مدت کوتاهی در حدود (۰.۴s) مقدار آن به حد نهایی‌اش می‌رسد.

۳- مطابق توضیحاتی که پیرامون قطعه کنترل منطق زمانی بریکر داشتیم حالت زیر را نیز شبیه‌سازی می‌کنیم.



(شکل ۸.۱۴): تنظیم منطق زمانی

www.takbook.com



(شکل ۹.۱۴): شبیه‌سازی

همانگونه که ملاحظه می‌کنیم در ثانیه سوم بریکر مجدد عمل نموده و مدار را قطع کرده است. در مورد جریان آرمیچر، این افت ناگهانی بوده ولی در مورد سرعت رتور به

www.takbook.com

دلیل ثقل داشتن آن، این افت نمایی و به تدریج بوده است. مطابق با انتظار، این تغییر روی بریکر اثری روی جریان تحریک آن نداشته است.

در این فصل شبیه‌سازی به منظور اندازه‌گیری پارامترهای موتور DC صورت گرفت و نتایج آن نمایش داده شد.

www.takbook.com

فصل پانزدهم

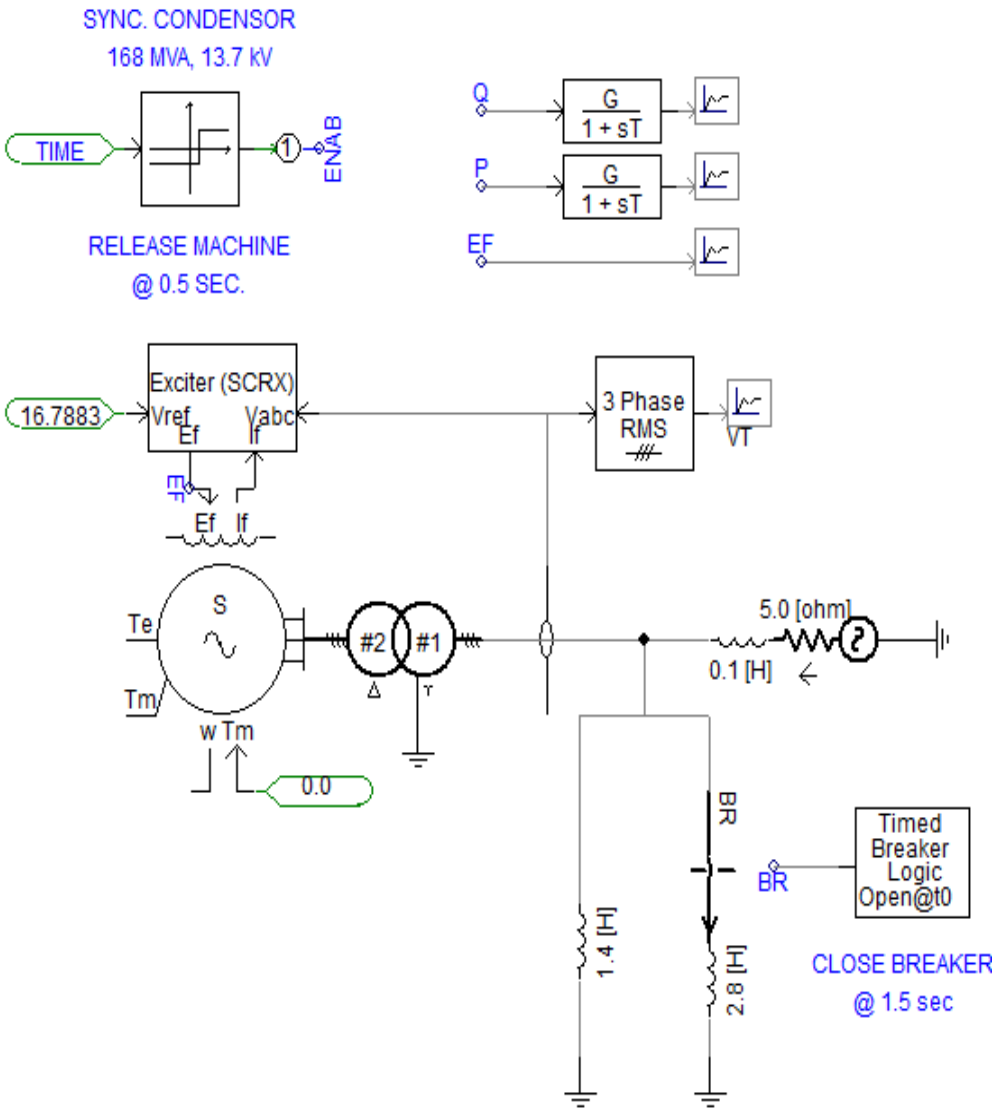
شبیه‌سازی کندانسور سنکرون

۱۵– مقدمه

در این فصل با نحوه عملکرد کندانسور سنکرون آشنا خواهید شد.

www.takbook.com

۱۵–۱– طرح مدار

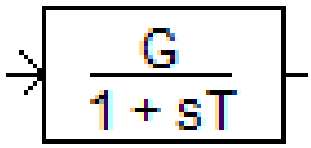


(شکل ۱.۱۵): طرح کلی مدار

www.takbook.com

بعد از پیاده سازی مدار بصورت شکل (۱.۱۵) به معرفی قطعات جدید می‌پردازیم.

۱۵-۲- قطب حقیقی



(شکل ۲.۱۵): قطب حقیقی

این تابع یک تابع قطب حقیقی یا پس‌فاز را شبیه‌سازی می‌کند که خروجی می‌تواند توسط کاربر در هر مقدار خاصی که بخواهد جایگزین گردد. فاکتور ورودی قبل از پردازش توسط فاکتور بهره G(t) درجه‌بندی می‌گردد. الگوریتم حل دامنه، زمانی براساس قانون ذوزنقه‌ای می‌باشد که روش حل برای این تابع مطابق زیر باشد.

$$Q(t) = Q(t - \Delta t) * e^{\frac{-\Delta t}{\tau}} + X(t) * \left(۱ - e^{\frac{-\Delta t}{\tau}}\right)$$

$$Y(t) = G(t) * Q(t)$$

$Y(t)$: خروجی سیگنال

$X(t)$: ورودی سیگنال

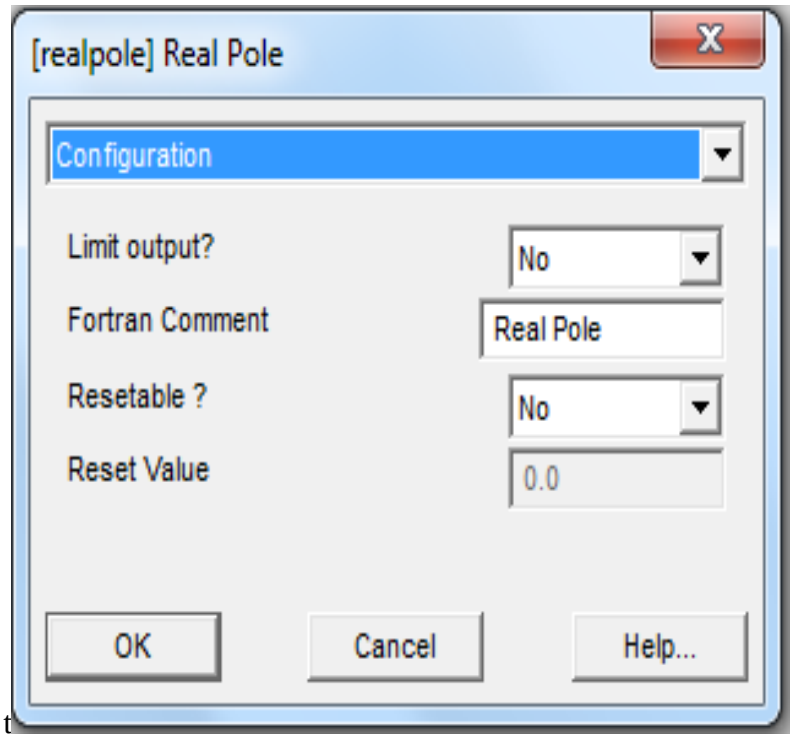
www.takbook.com

$G(t)$: گین ضریب

τ: زمانی ثابت

Δt: وقفه پله زمانی

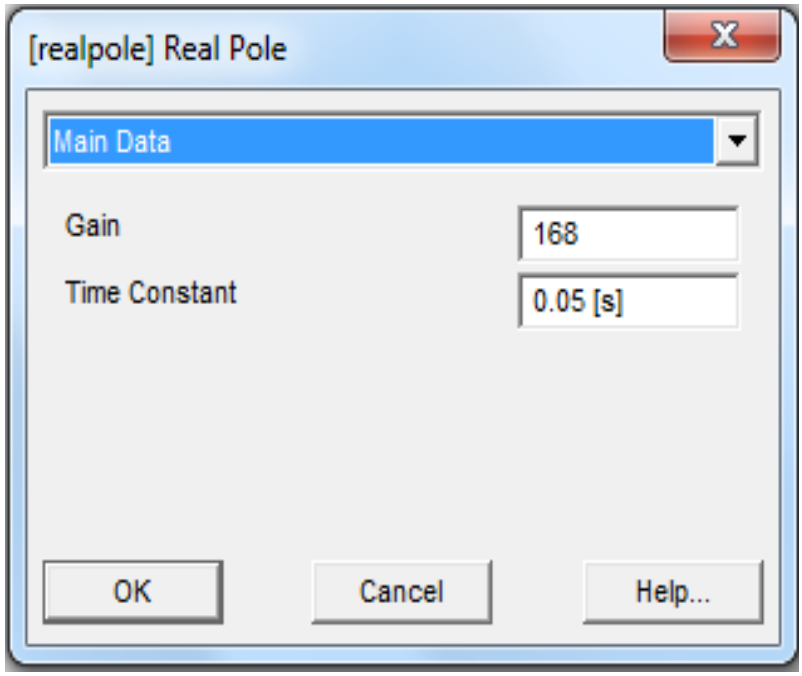
شکل زیر جدول تنظیمات این قطعه را نشان می‌دهد.



(شکل ۳.۱۵): تنظیم قطب حقیقی

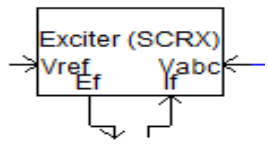
در پنجره زیر گزینه اول بهره و گزینه دوم ثابت زمانی قطب حقیقی را نشان می‌دهد.

www.takbook.com



(شکل ۴.۱۵): تنظیم قطب حقیقی

۱۵-۳- تحریک کننده حالت یکپارچه پایدار V_2



(شکل ۵.۱۵): تحریک کننده حالت یکپارچه پایدار _۲V

این محرک براساس نوع محرک یکپارچه IEEE می‌باشد. ولتاژ میدان خروجی توسط یک سیستم کنترل تغییر می‌کند تا مقدار ولتاژ سیستم را روی مقدار Vref نگه دارد. توجه

www.takbook.com

شود که این نوع محرک قابلیت شروع کنندگی ندارد و این یعنی اینکه بی‌توجه به حالت مدلینگ ماشین به هر ورودی پاسخ خواهد داد.

Vref : ولتاژ مبنا در حالت پریونیت که محرک دارد تا بتواند کنترل را انجام دهد.

If : جریان تحریک دریافتی از ماشین درحالت پریونیت، که این مولفه از منطق جریان منفی استفاده می‌نماید. در پارامترهای ورودی قطعه، برای ورود یک مقاومت معکوس یک گزینه وجود دارد. اگر جریان میدان منفی درحال جاری شدن باشد این مقاومت وارد مدار می‌گردد، به این‌صورت که یک مقدار پیش فرض بزرگ، از جریان منفی تحریک جلوگیری می‌کند.

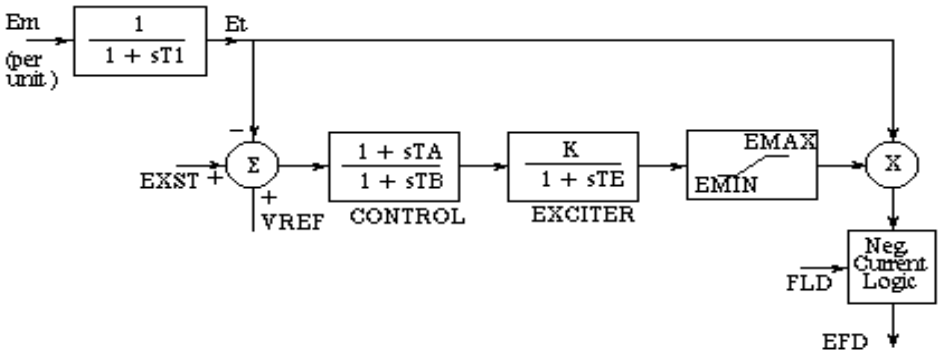
Vabc : از قطعه حلقه گره، ورودی دریافت می‌کند و باید یک سیم حلقه گره را به ورودی Vabc وصل نماید.

Exst : این مورد وارد می‌شود تا Vref را پشتیبانی نماید و برای پایدارسازی سیستم قدرت مناسب می‌باشد. این ورودی فقط زمانی فعال می‌گردد که پارامتر ورودی Extra Input Signal? انتخاب گردد.

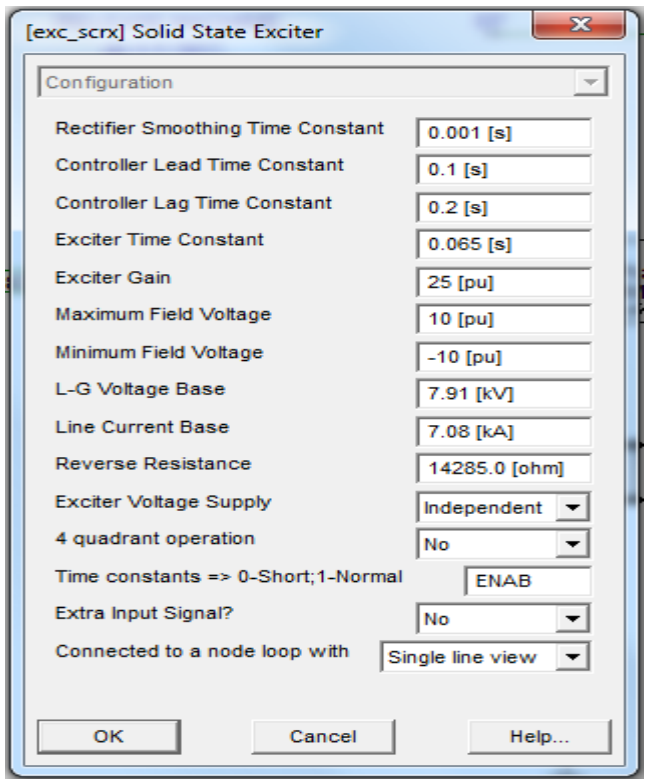
Ef : این خروجی ولتاژ تحریک حساب می‌شود که به طور مستقیم در ماشین سنکرون مورد استفاده قرار می‌گیرد، همچنین ممکن است از یک سیم برای ارتباط استفاده گردد.

www.takbook.com

شکل تابع تبدیل نیز در شکل زیر آورده شده است:



(شکل ۶.۱۵): تابع تبدیل



(شکل ۷.۱۵): تنظیمات تابع تبدیل

www.takbook.com

درپنجره تنظیمات این قطعه در گزینه Exciter Voltage Supply می‌توان یکی از دو گزینه Independent یا Bus Fed را برگزید. با انتخاب محرک Bus Fed ولتاژ تحریک خروجی به طورخطی با ولتاژ AC تغییر می‌کند.

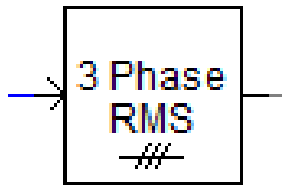
گزینه quadrant operation ۴، yes یا no را انتخاب کنید، یک اکسایتر ۴ ربع دایره‌ای می‌تواند جریان معکوس را بپذیرد یا تحویل دهد. بیشتر محرک‌های حالت یکپارچه به صورت ۲ ربع دایره‌ای اند.

در گزینه Time constants، در اینجا از سوئیچ ابتدایی ماشین استفاده کنید. در مدت زمان دوره‌ی اولیه (۰) اکساتیر از یک ثابت زمانی کوتاه استفاده نموده و سپس به ثابت زمانی قانونی سوئیچ می‌گردد. البته این در زمانی است که رتور ماشین آزاد باشد. ثابت‌های زمانی کنترلر اکساتیر معمولا خیلی طولانی هستند. تنظیم کردن روی حالت کوتاه به طور دستی و مصنوعی این ثابت زمانی را کوتاه می‌نماید و به سیستم اجازه می‌دهد تا سریع تر پایدار گردد.

گزینه Extra Input Signal?، نشان دهنده سیگنال اضافی است. برخی اوقات یک سیگنال اضافی در بلوک شبیه‌سازی ولتاژ مطلوب است (مانند یک سیگنال پایدار کننده).

www.takbook.com

۱۵-۴- Rms سه‌فاز



(شکل ۸.۱۵): Rms سه‌فاز

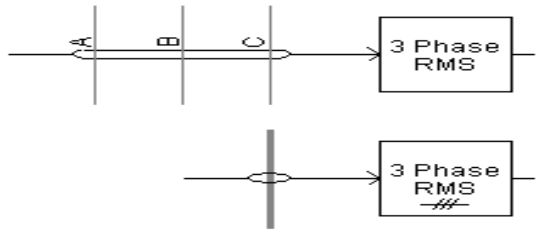
ولتمتر سه‌فاز Rms ولتاژ Rms سه‌فاز را در سه نقطه‌ی الکتریکی خاص در مدار اندازه-گیری می‌کند. قطعه می‌تواند به گونه‌ای تنظیم شود که در یکی از دو حالت الگوریتم مختلف باشد که این بستگی به ترجیح کاربر دارد.

آنالوگ: این تابع مقدار Rms ترکیب شده دامنه‌ی زمانی سیگنال ورودی را (ولتاژ بالا را به صورت سه‌فاز ارائه می‌کند) حساب می‌کند. خروجی از طریق اولین دستور تابعی عبور داده می‌شود سپس به طور داخلی و درونی (توسط یک ثابت زمانی که توسط پارامتر ورودی، ثابت زمانی صافی ارائه می‌گردد) قبل از وجود خروجی خارجی عبور داده می‌شود.

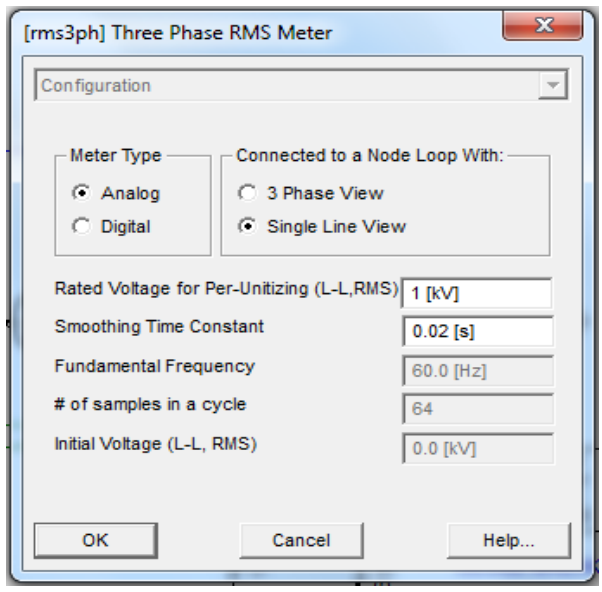
دیجیتال: این روش محاسبه از روش حرکت پنجره - داده استفاده می‌کند که مقدار Rms برای یک مقدار تقویت شده در هر پله‌ی زمانی محاسبه می‌گردد. سایز بافر توسط پارامتر ورودی #sampel in a cycle معین می‌گردد. انتخاب چنین تابعی برای مطالعه خاص، بهترین گزینه است که بستگی به استفاده از آن دارد. روش دیجیتال یک سیگنال

www.takbook.com

خروجی بسیار صاف را فراهم می‌کند که برای کنترل خیلی خوب عمل می‌کند. روش آنالوگ در سیگنال خروجی ایجاد ریپل می‌کند که این به فرکانس سیگنال ورودی و همچنین ثابت زمانی صافی Rms بستگی دارد ولی می‌تواند خیلی سریع تر به تغییرات پاسخ دهد. قطعه‌ی حلقه گره باید برای فراهم کردن ورودی مورد نیاز برای این قطعه مورد استفاده قرار گیرد، مانند شکل زیر.



(شکل ۹.۱۵): Rms سه‌فاز



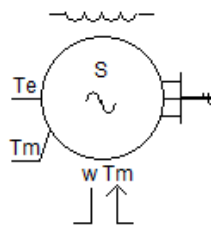
(شکل ۱۰.۱۵): تنظیم Rms سه‌فاز

www.takbook.com

Smoothing time constant، ثابت زمانی را برای تابع صافی قطب حقیقی داخلی تعیین می‌کند و این تابع فقط وقتی فعال است که در قسمت meter- type گزینه analoge را انتخاب کنیم.

در # of samples in a cycle، تعداد نمونه گیری را در یک سیکل فرکانسی که باید گرفته شود وارد کنید. تعداد نمونه‌ها نمی‌تواند بیشتر از شماره پله‌های زمانی درون یک سیکل از فرکانس پایه‌ای باشد.

۱۵–۵– ماشین سنکرون

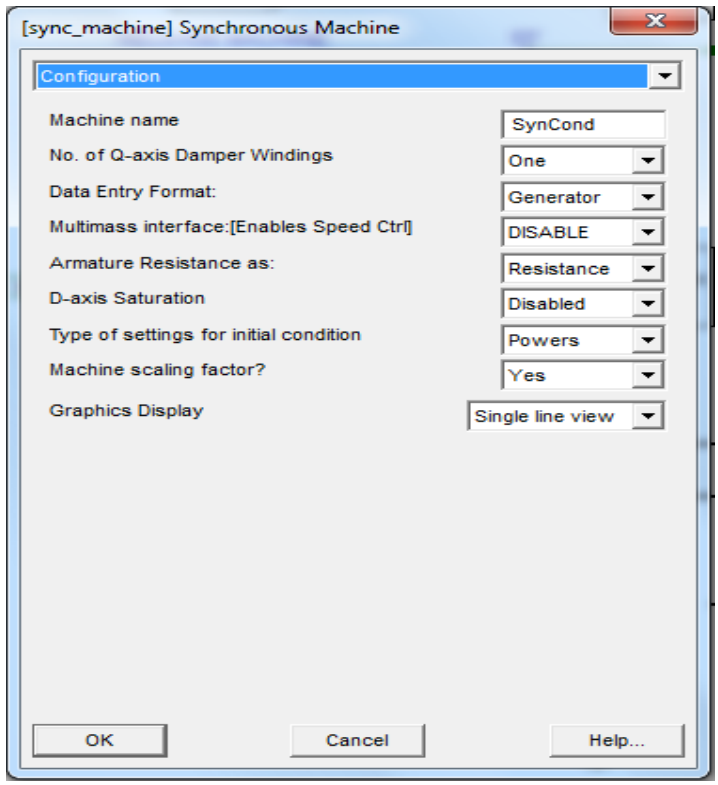


(شکل ۱۱.۱۵): ماشین سنکرون

این قطعه شامل یک انتخاب برای مدلسازی دو سیم‌پیچ میرا کننده در محور متعامد می‌گردد. این می‌تواند به عنوان ماشین روتوراستوانه‌ای یا یک ماشین قطب برجسته استفاده گردد. سرعت ماشین می‌تواند به طور مستقیم با وارد کردن یک مقدار مثبت برای ورودی w ماشین یا یک گشتاور مکانیکی که به Tm تعلق می‌گیرد کنترل شود. برای مدلسازی یک ماشین سنکرون تعداد زیادی گزینه و انتخاب وجود دارد. برای استفاده کلی، این

www.takbook.com

پارامترها که به عنوان پیشرفته شناخته می‌شود می‌تواند بدون تغییر در کاربرد مورد انتظار از ماشین، روی مقدارهای پیش‌فرض تنظیم گردد. این ویژگی‌ها به طور عمده در آغاز شبیه‌سازی و رسیدن به حالت پایدار مطلوب به طور سریع هدف گذاری شده است. شرایط حالت ماندگار مطلوب از روی پخش بار شناخته می‌شود. فقط یک بار حالت پایدار در شبیه‌سازی، خطاها، اختلال و ... حاصل می‌گردد که شرایط می‌تواند برای دیدن پاسخ گذرا هم فراهم باشد.



(شکل ۱۲.۱۵): تنظیم ماشین سنکرون

www.takbook.com

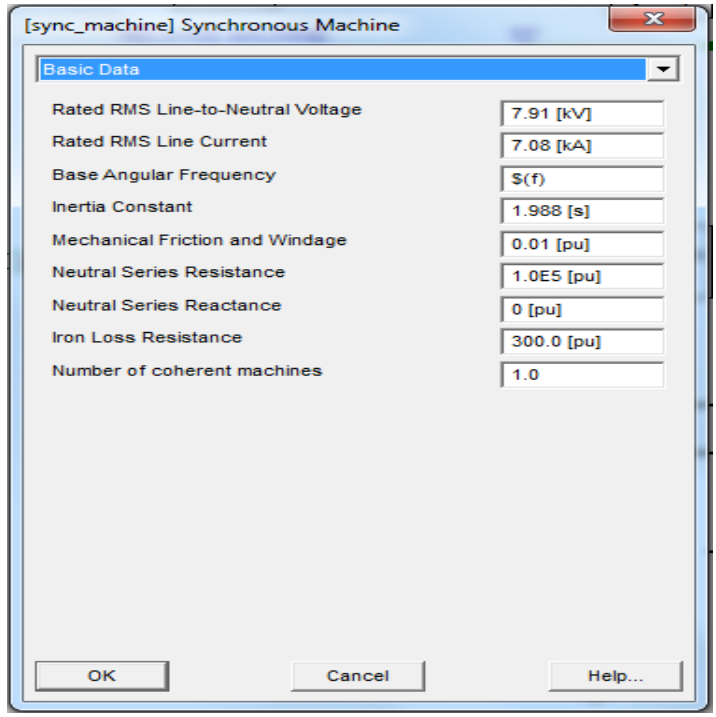
درپنجره تنظیمات بالا درگزینه دوم تعداد سیم پیچی محور متعامد را ملاحظه می‌کنیم که برای مدلسازی ماشین قطب برجسته عدد یک و برای ماشین رتوراستوانه‌ای عدد دو را انتخاب می‌کنیم.

گزینه D-axis Saturation : می‌توان گزینه فعال سازی و غیرفعال سازی را برگزید. این گزینه به طور پیش فرض غیرفعال می‌باشد. چنانچه این گزینه را فعال کنیم مشخصه اشباع در منحنی اشباع به صورت نقطه داده می‌شود.

درپنجره basic Data، گزینه inertia constant : این ورودی انرژی ذخیره شده در رتور در سرعت نامی ماشین بوده و به طور مشخص بین ۲ - ۰,۶ می‌باشد.

گزینه Mechanical Friction and Windage : ثابت زمانی میرایی مکانیکی می‌باشد، این پارامتر به طور مشخص بین ۰,۰۵ – ۰ می‌باشد (صفر به معنی عدم وجود تلفات اصطکاکی و مالشی است).

www.takbook.com



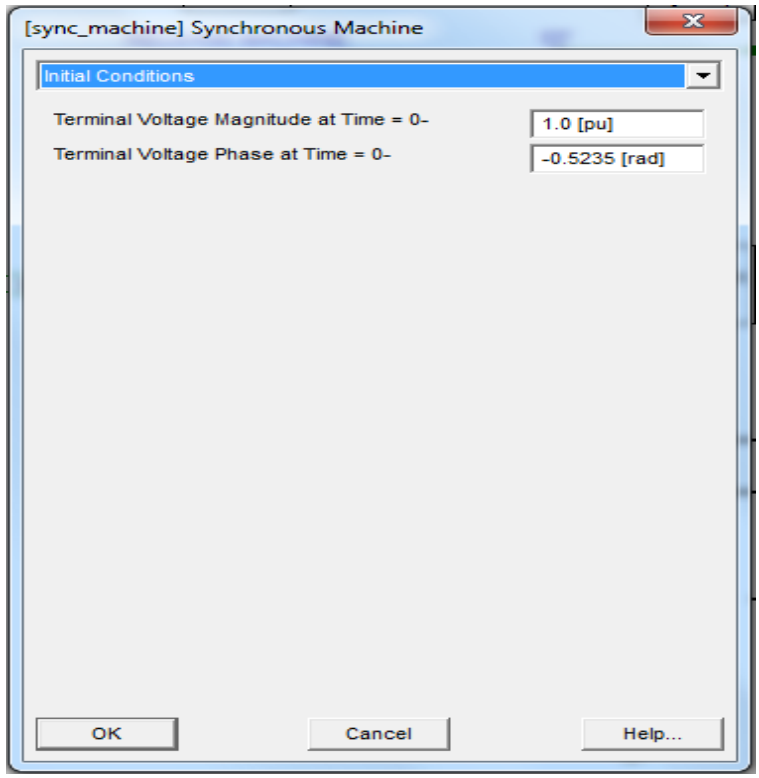
(شکل ۱۳.۱۵): تنظیم ماشین سنکرون

گزینه Number of coherent machines : این گزینه ضریب عملکرد ماشین می‌باشد. در هنگام مدل‌نمودن ماشین سنکرون چندگانه در یک باس، دینامیک داخلی ماشین مهم نیست. این هم ممکن است که شماره ماشین ها را به صورت یک سیگنال مدل نماییم. شبیه‌سازی ماشین‌های چندگانه به صورت ذاتی سرعت شبیه‌سازی را بالابرده و از کنش و واکنش‌های ناخواسته بین آن ها جلوگیری می‌نماید.

در پنجره initial conditions، درگزینه اول دامنه ولتاژ ترمینال و در گزینه دوم زاویه فاز ولتاژ ترمینال را در لحظه استارت وارد می‌کنیم. ضمنا زمانی که ماشین به صورت

www.takbook.com

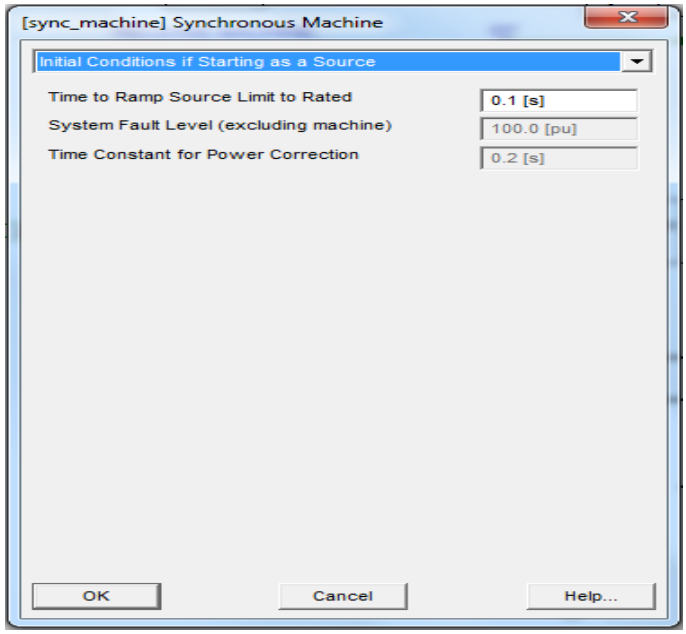
ترانسفورماتور ستاره - مثلث اتصال یافته باشد باید خیلی دقت نمود، به این‌صورت که باس سمت ستاره و ماشین سمت مثلث باشد، اگر زاویه فاز باس از برنامه پخش بار تعیین گردد مدل ترانس ستاره - مثلث به حساب نمی‌آید. بنابراین چنانچه از محاسبات پخش بارحاصل شده باشد باید از این زاویه، ۳۰ درجه کاسته شود.



(شکل ۱۴.۱۵): تنظیم ماشین سنکرون

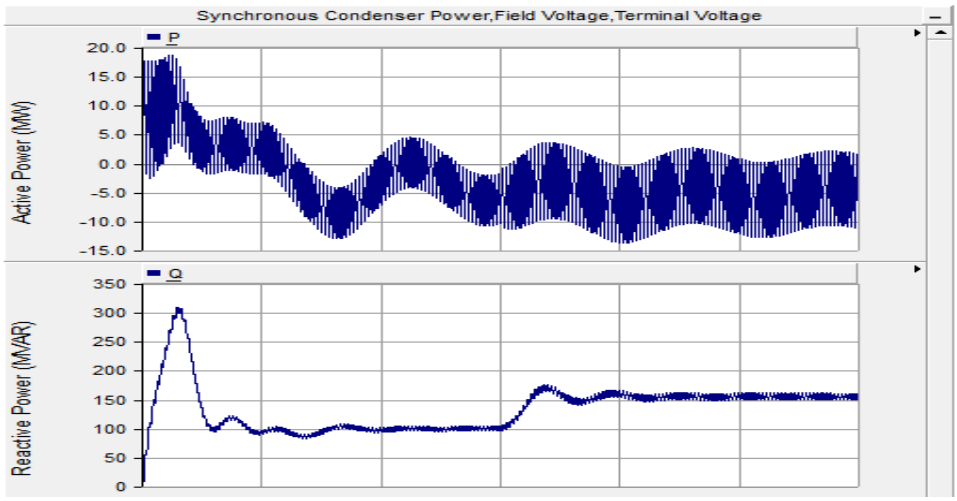
در پنجره تنظیمات زیر، در گزینه نخست پارامتری برای فراهم آوردن یک شروع نرم از زمان صفر وجود دارد، به این ترتیب حالت گذرای شبکه حداقل می‌گردد.

www.takbook.com

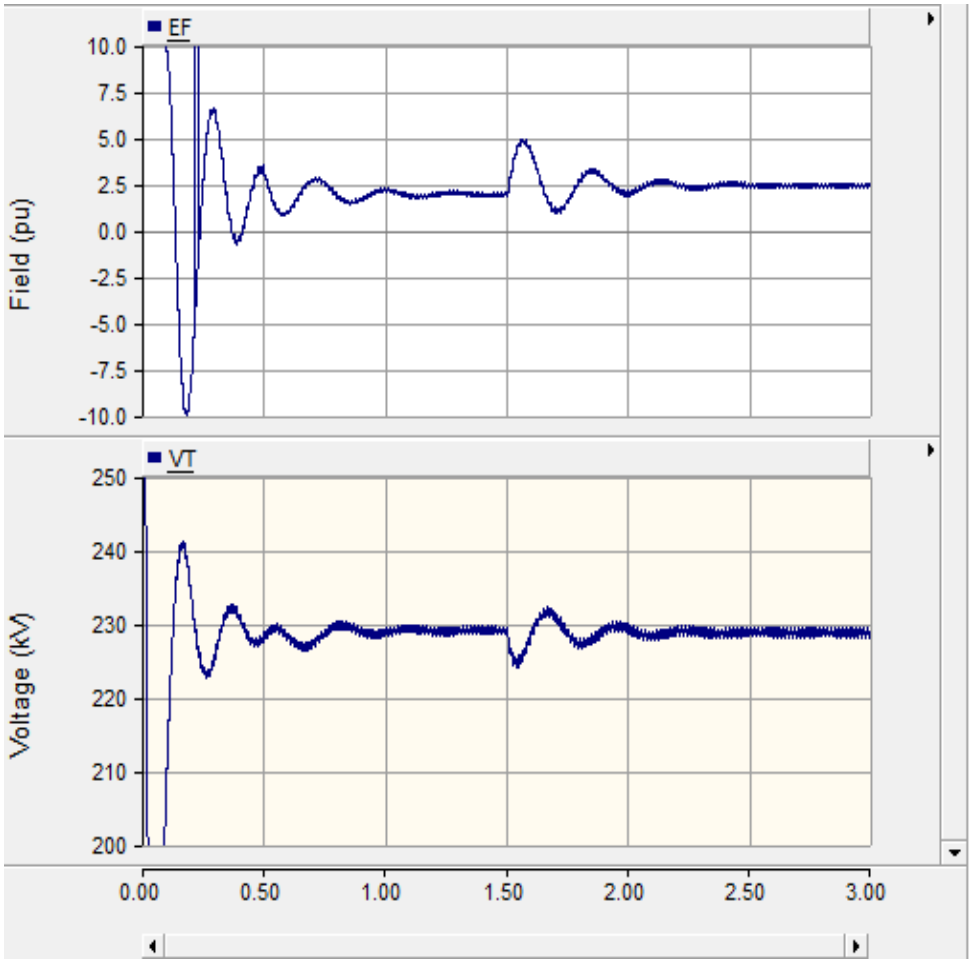


(شکل ۱۵.۱۵): تنظیم ماشین سنکرون

۱۵–۶– شبیه‌سازی



www.takbook.com



(شکل ۱۶.۱۵): شبیه‌سازی

شکل توان اکتیو، توان راکتیو، ولتاژ تحریک و ولتاژ ترمینال در نتایج شبیه‌سازی نشان داده شده است. در زمان ۱,۵s خطا به سیستم اعمال می‌شود تا عملکرد ماشین سنکرون در حالت خطا مشاهده شود. برای تشریح عملکرد ماشین سنکرون و فرمول‌های آن، به کتاب‌های ماشین‌های الکتریکی اشاره شده در قسمت مراجع، رجوع شود.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل شانزدهم

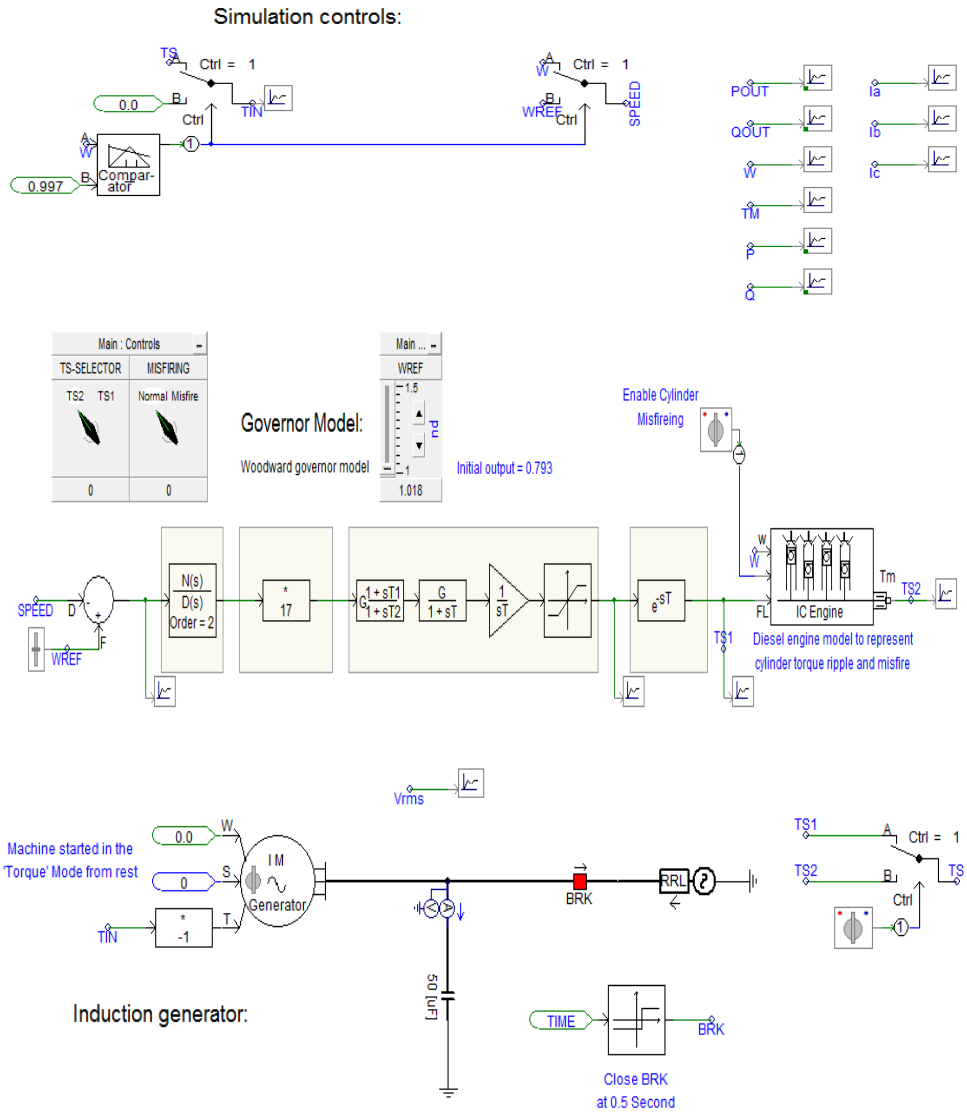
شبیه‌سازی عملکرد دیزل ژنراتور

۱۶– مقدمه

در این فصل نحوه عملکرد دیزل ژنراتور آموزش داده خواهد شد.

www.takbook.com

۱۶ –۱– طرح مدار

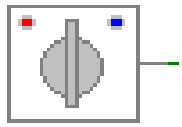


(شکل ۱.۱۶): شمای کلی مدار

www.takbook.com

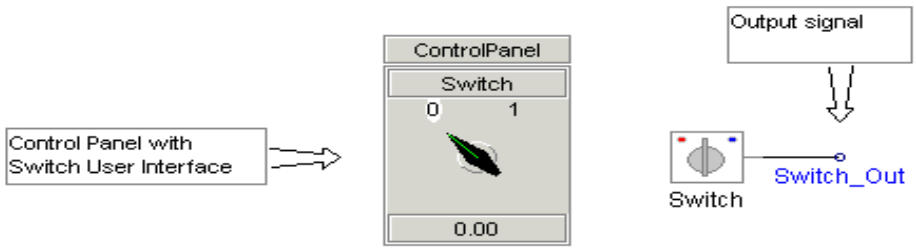
با توجه به آموخته‌های دروس ماشین‌های الکتریکی، مدار دیزل ژنراتور را پیاده‌سازی می‌کنیم و در ادامه قطعات جدید این مدار را آموزش خواهیم داد.

۱۶-۲- سوئیچ دوحالته



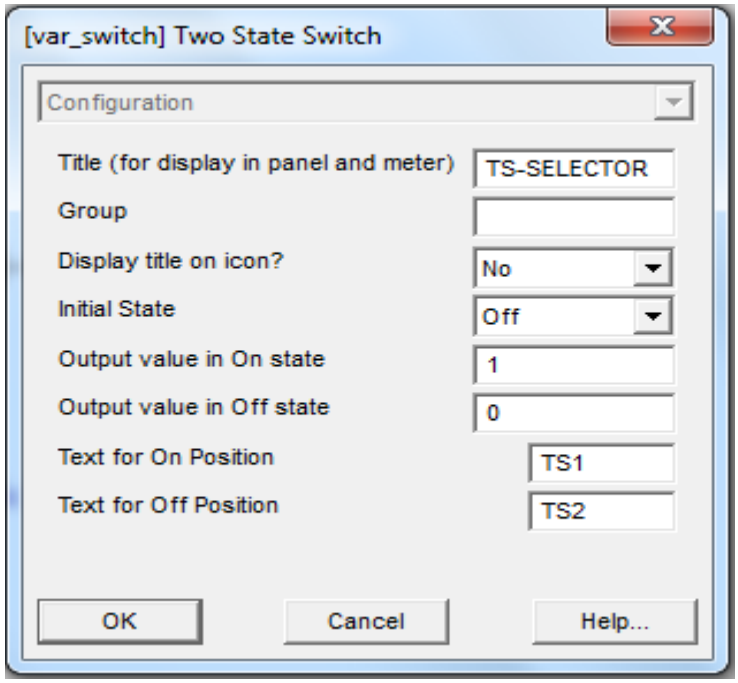
(شکل ۲.۱۶): سوئیچ دوحالته

سوئیچ دوحالته از خانواده مشخص کنترل با واسطه کاربر می‌باشد که کاربر را قادر می‌سازد که به طور دستی خروجی را در اجرای شبیه‌سازی تطبیق دهد. این گروه از اجزا، همچنین کلید گردان اسلایدر با ورودی حقیقی و صحیح و دکمه فشاری را شامل می‌گردد. این قطعه درخروجی، یک مقدارحقیقی یا صحیح دوحالته کنترل شده دستی را ارائه می-کند. برای کنترل این قطعه باید آن را به یک کانال واسط کنترلی کاربر وصل نمود.



(شکل ۳.۱۶): واسط کنترلی

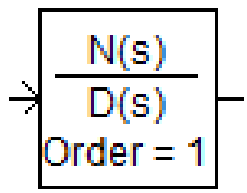
www.takbook.com



(شکل ۴.۱۶): تنظیم سوئیچ دوحالته

در پنجره تنظیمات بالا گزینه‌ها واضح می‌باشد و نیاز به توضیح خاصی نیست.

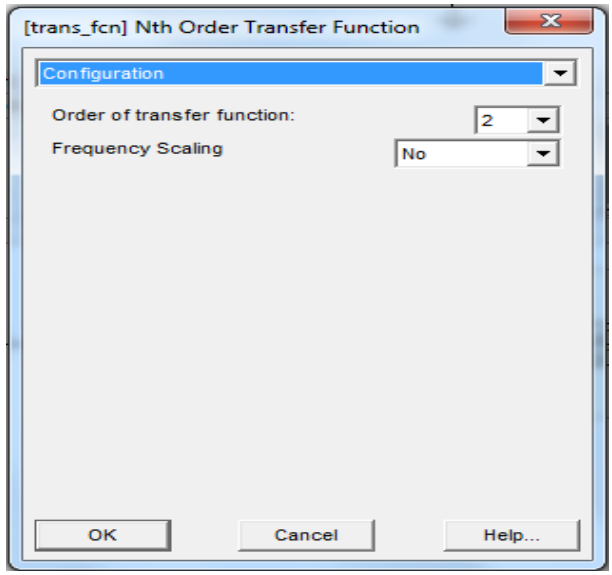
۱۶–۳– تابع انتقال دستور N ام



(شکل ۵.۱۶): تابع انتقال دستور N ام

www.takbook.com

این قطعه یک تابع انتقال دستور بالاتر را مدل می‌کند. راه حل بر اساس متغیرهای حالت فرموله شده‌است. همچنین ورودی‌های زیر روال، ضرایب تابع انتقال و شرایط اولیه متغیرهای حالت می‌باشند. راه حل این مورد در انتگرال‌گیری ذوزنقه‌ای ساده شده یا ساده نشده می‌باشد.



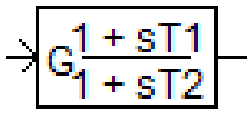
(شکل ۶.۱۶): تنظیم تابع انتقال دستورN ام

در پنجره تنظیمات بالا درگزینه نخست، عددی بین ۱۰ - ۱ را می‌توان انتخاب نمود. این عدد تعداد دستورات می‌باشد.

درگزینه دوم بله یا خیر را انتخاب می‌کنیم. اگر گزینه بله را انتخاب کنیم، یک تابع انتقال نرمالیزه شده می‌تواند با یک فرکانس غیرنرمالیزه شده درجه‌بندی گردد.

www.takbook.com

۱۶-۴- تابع پیش‌فاز – پس‌فاز



(شکل ۷.۱۶): تابع پیش‌فاز – پس‌فاز

این قطعه یک تابع پیش‌فاز - پس‌فاز با بهره را مدل می‌کند که خروجی می‌تواند روی مقدار مشخص شده کاربر در هر لحظه تغییر کند. همچنین حدود ماکزیمم و مینیمم خروجی به صورت داخلی لحاظ می‌گردد. راه حل برای این تابع بر اساس مقدار ثابت‌های زمانی T۱، T۲ مطابق زیر می‌باشد:

$$Q(t) = Q(t-\Delta t) * e^{\frac{-\Delta t}{\tau}} + X(t) * \left(۱ - e^{\frac{-\Delta t}{\tau}}\right) + \frac{T1}{T2} * \left(\mathrm{X(t)} - \mathrm{X(t-\Delta t)}\right) * e^{\frac{-\Delta t}{T2}}$$

$$Y(t) = G(t) * Q(t)$$

$Y(t)$: خروجی سیگنال

$X(t)$: ورودی سیگنال

$G(t)$: گین ضریب

τ: زمانی ثابت

www.takbook.com

وقفه پله زمانی :Δt

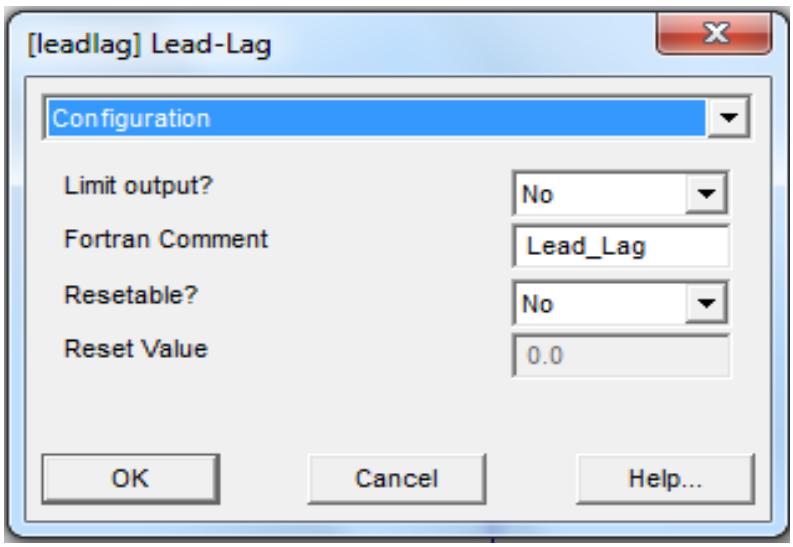
اگر مانند کنترلر PI مقدار T_2=۰، داریم:

$$Q(t) = X(t) + \frac{T1}{\Delta t} * \left(\mathrm{X(t)} - \mathrm{X(t - \Delta t)}\right)$$

همچنین اگر مانند یک بلوک بهره $T_2 = T_1 =$ ۰ خروجی را نیز مشاهده می‌کنیم و داریم:

Q(t)=X(t)

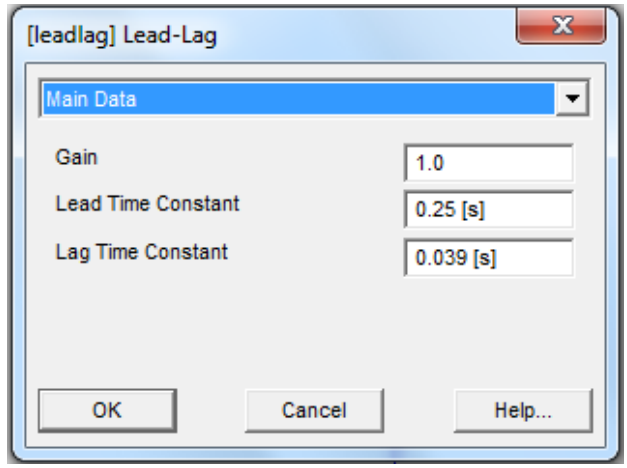
همچنین در پنجره تنظیمات زیر نکته قابل توجه خاصی موجود نمی‌باشد.



(شکل ۸.۱۶): تنظیم تابع پیش‌فاز – پس‌فاز

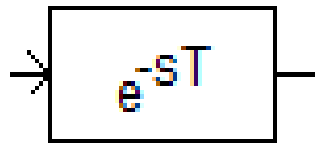
www.takbook.com

همانگونه که در زبانه main datd در شکل زیر ملاحظه می‌کنیم گزینه نخست میزان بهره و گزینه‌های بعدی به ترتیب ثابت زمانی، پیش‌فازی و پس‌فازی را نشان می‌دهند.



(شکل ۹.۱۶): تنظیم تابع پیش‌فاز – پس‌فاز

۱۶–۵– تابع تاخیر



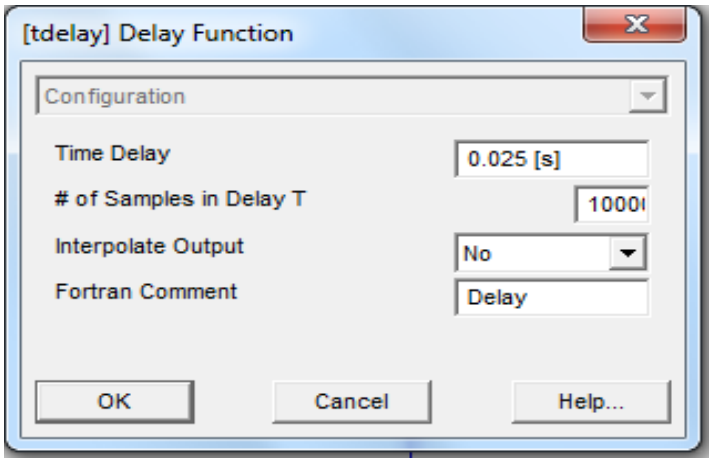
(شکل ۱۰.۱۶): تابع تاخیر

این المان تابع نمایی لاپلاس را مدل می‌نماید که T میزان زمان تاخیر و S نیز اپراتور لاپلاس می‌باشد. در این تابع مقادیر سیگنال ورودی در یک ردیف قرار می‌گیرند. با گذشت زمان مقادیر سیگنال به انتهای ردیف منتقل می‌گردد و در خط خروجی قرار می‌گیرد. اگر

www.takbook.com

میزان زمان تاخیر خیلی بزرگتر از بازه زمانی Δt باشد، سایز این ردیف به طورقابل ملاحظه-ای افزایش خواهد یافت، بنابراین برای جلوگیری از بروز این اتفاق باید نمونه‌گیری انجام گیرد. از مقادیر ورودی، N بار نمونه‌گیری می‌شود که در پنجره تنظیمات آمده است و این عمل در زمان مشخص انجام می‌گیرد و تنها این نمونه‌ها در ردیف قرار خواهند گرفت.

البته باید توجه داشت که تعداد نمونه‌ها به اندازه کافی بزرگ باشد تا درحالی که مقدار فضای مورد نیاز را کاهش می‌دهد به طور دقیق سیگنال تاخیری را ارائه نماید. به دلیل وجود طبیعت پلکانی، خروجی که حاصل از نمونه‌گیری می‌باشد یک تاخیر اضافی به صورت ۲N، زمان تاخیر معرفی می‌گردد، این موضوع به طور درونی به وسیله کاهش خفیف زمان تاخیر جبران می‌گردد. در صورت لزوم، صاف نمودن اثر پله‌ای حاصل از نمونه‌برداری توسط فیلترکردن خروجی تاخیر، از طریق اولین دستور پس‌فاز صورت می‌پذیرد.

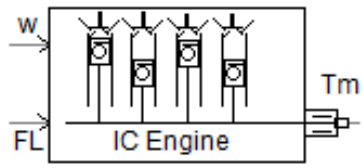


(شکل ۱۱.۱۶): تنظیم تابع تاخیر

www.takbook.com

در پنجره تنظیمات بالا ملاحظه می‌کنیم که گزینه دوم تعداد نمونه‌گیری درون زمان تاخیر را نشان می‌دهد.

۱۶-۶- موتور درونسوز



(شکل ۱۲.۱۶): موتور درونسوز

این قطعه یک موتور درونسوز ۱ تا ۱۲ سیلندر ۲ تا ۴ زمانه را مدل می‌کند، که یک ورودی (w) برای کنترل سرعت شفت و یک فاکتور ورودی سوخت (fl) و یک گشتاور مکانیکی خروجی (Tm) تولیدشده بر اساس یک منحنی زاویه قطبی - گشتاور را دارا می‌باشد.

این قطعه می‌تواند به عنوان یک محرک اصلی با اتصال مستقیم (Tm) به ورودی گشتاور مکانیکی از هر ماشین در قسمت master library مورد استفاده قرارگیرد. موتور درونسوز اجازه مدلسازی یک سیلندر را می‌دهد که تعداد این سیلندرها می‌تواند در راستای درصد کاهش گشتاور برای هرکدام کاهش یابد. اجزا موتور به این‌صورت می‌باشد:

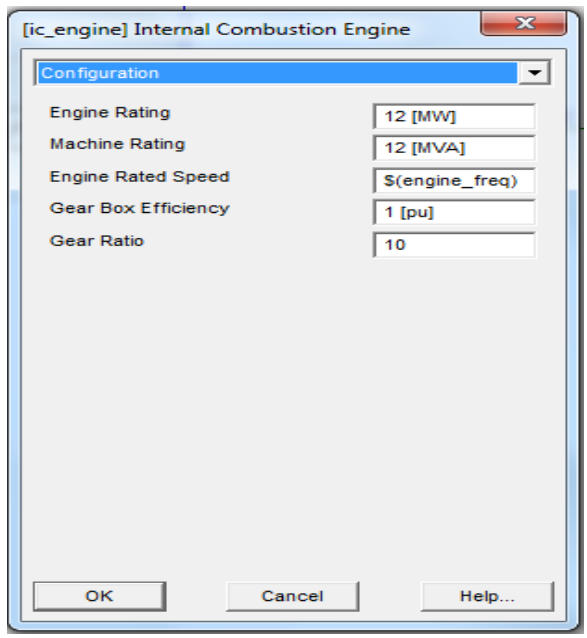
www.takbook.com

W : کنترل سرعت مکانیکی شفت ورودی (pu)

Fl : ورودی سوخت موتور، این ورودی به طور نسبی گشتاور خروجی شفت را درجه‌بندی می‌کند (pu)

Tm : گشتاور شفت خروجی، بر اساس پارامتر درجه‌بندی و درجه ماشین (pu)

Mf : ورودی فعال‌ساز یا غیرفعال‌ساز برای سیلندر بمبی، هنگامی که در زبانه Engine Parameters درقسمت Misfired cylinders گزینه yes را انتخاب نماییم این ورودی فعال می‌گردد.

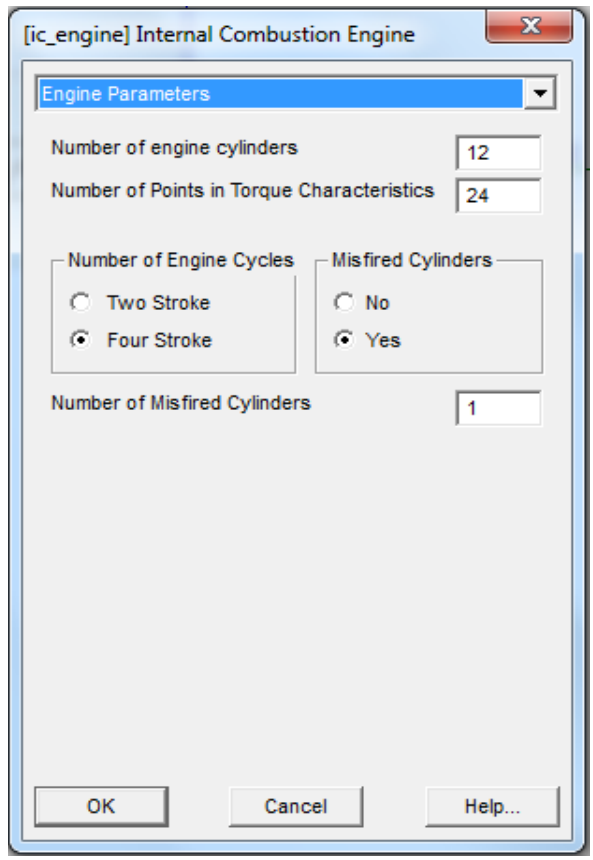


(شکل ۱۳.۱۶): تنظیم موتور درونسوز

www.takbook.com

در پنجره تنظیمات بالا درگزینه Gear box efficiency فاکتور بازدهی را برای گیرباکس وارد می‌کنیم. این مقدار به طورنسبی گشتاور شفت خروجی (Tm) را برحسب پریونیت درجه‌بندی می‌کند.

گزینه Gear ratio، ضریب گیرباکس می‌باشد که این ضریب به طور نسبی گشتاور خروجی شفت (Tm) را درجه‌بندی می‌کند.



(شکل ۱۴.۱۶): تنظیم موتور درونسوز

www.takbook.com

در پنجره تنظیمات بالا، گزینه دوم تعداد نقاط روی مشخصه گشتاور ورودی که تحریک می‌شوند را نشان می‌دهد و این عدد میتواند از ۲ تا ۳۶ نقطه باشد.

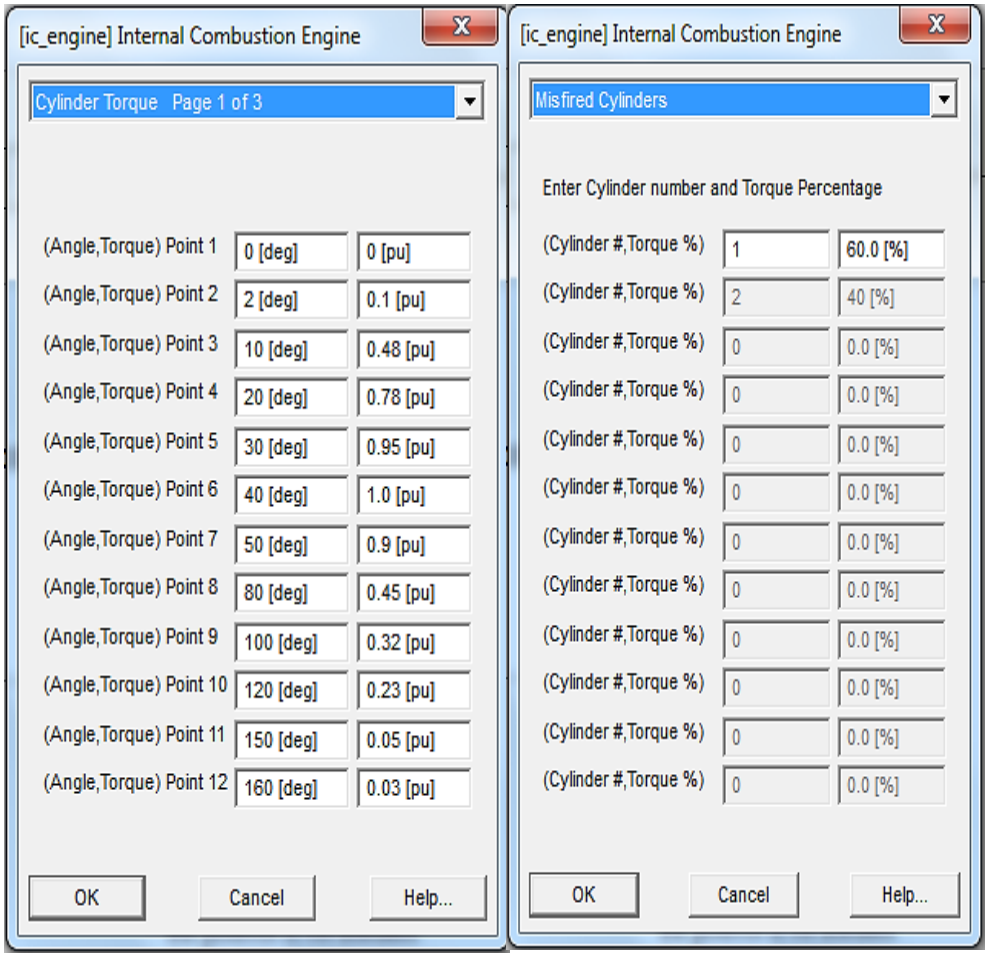
کادر Misfired cylinders : در این کادر می‌توانیم گزینه yes یا no را انتخاب کنیم. اگر گزینه مثبت را برگزینیم تعداد سیلندرهای بمبی بر اساس پارامتر ورودی تعداد سیلندرهای بمبی خواهد بود.

کادر Number of engine cycles، این گزینه ۴ و یا ۲ زمانه بودن موتور را معین می‌کند.

گزینه انتهایی این پنجره نیز در صورت yes نمودن کادر فعال می‌شود Misfired cylinders که تعداد سیلندرهای بمبی را مشخص می‌نماید.

در پنجره Cylinder Torque، در هر نقطه مجزا روی منحنی مشخصه گشتاور، مقدار درجه وگشتاور را به صورت (deg، pu) جایگذاری می‌کنیم. مقدار پایه و مبنا برای گشتاور پریونیت بر حسب نیوتن - متر مقدار ماکزیمم منحنی مشخصه گشتاور - زاویه می‌باشد.

www.takbook.com



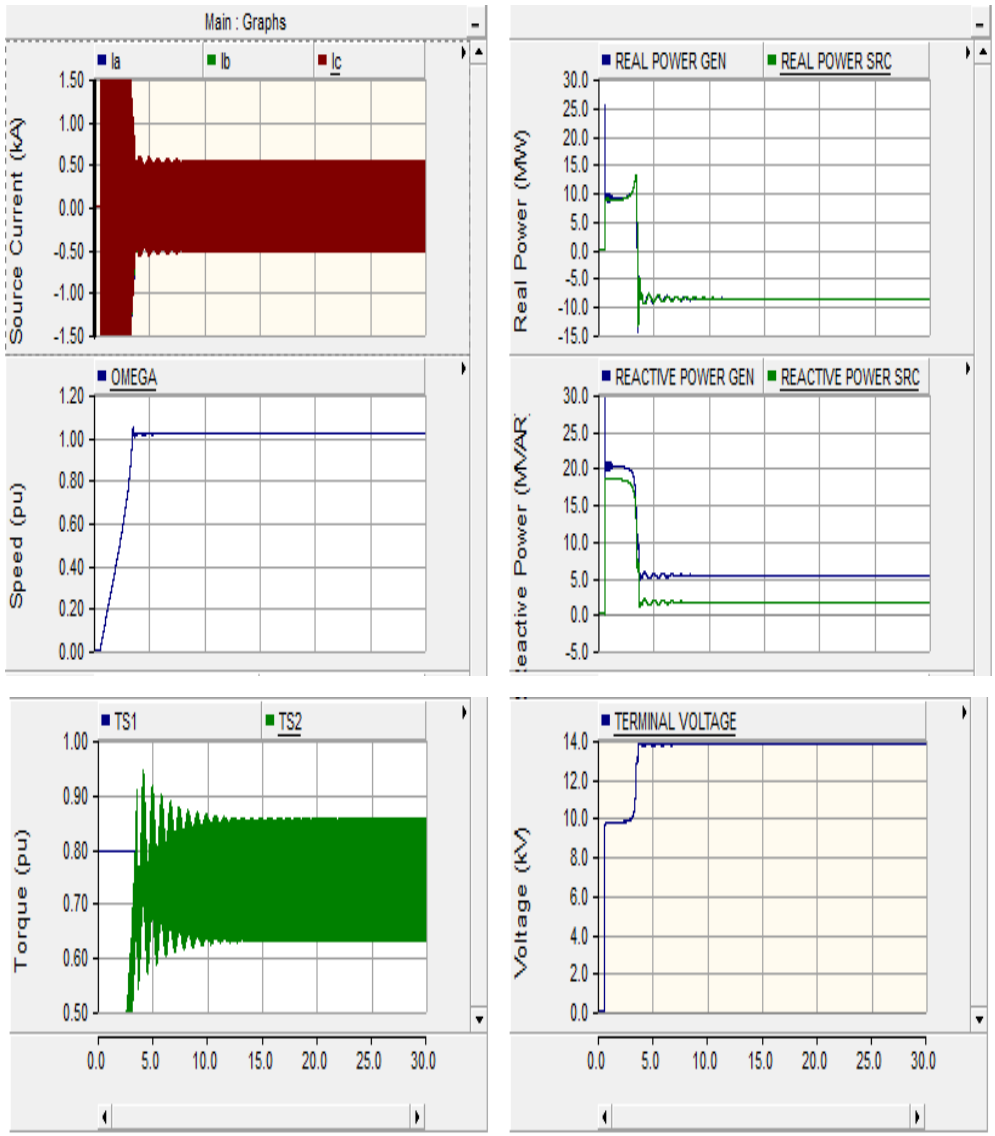
(شکل ۱۵.۱۶): تنظیم موتور درونسوز

درپنجره Misfired Cylinders، تعداد سیلندر و درصد گشتاور کوپل را وارد می‌کنیم.

این گزینه زمانی فعال می‌باشد که در کادر Misfired cylinders گزینه yes را انتخاب کنیم.

www.takbook.com

۱۶-۷- شبیه‌سازی



(شکل ۱۶.۱۶): شبیه‌سازی

www.takbook.com

اشکال بالا که نتایج شبیه‌سازی را نشان می‌دهد، که مطابق با عملکرد دیزل ژنراتور می‌باشد. برای تشریح عملکرد دیزل ژنراتور به کتاب‌های ماشین‌های الکتریکی اشاره شده در قسمت مراجع، رجوع کنید.

www.takbook.com

فصل هفدهم

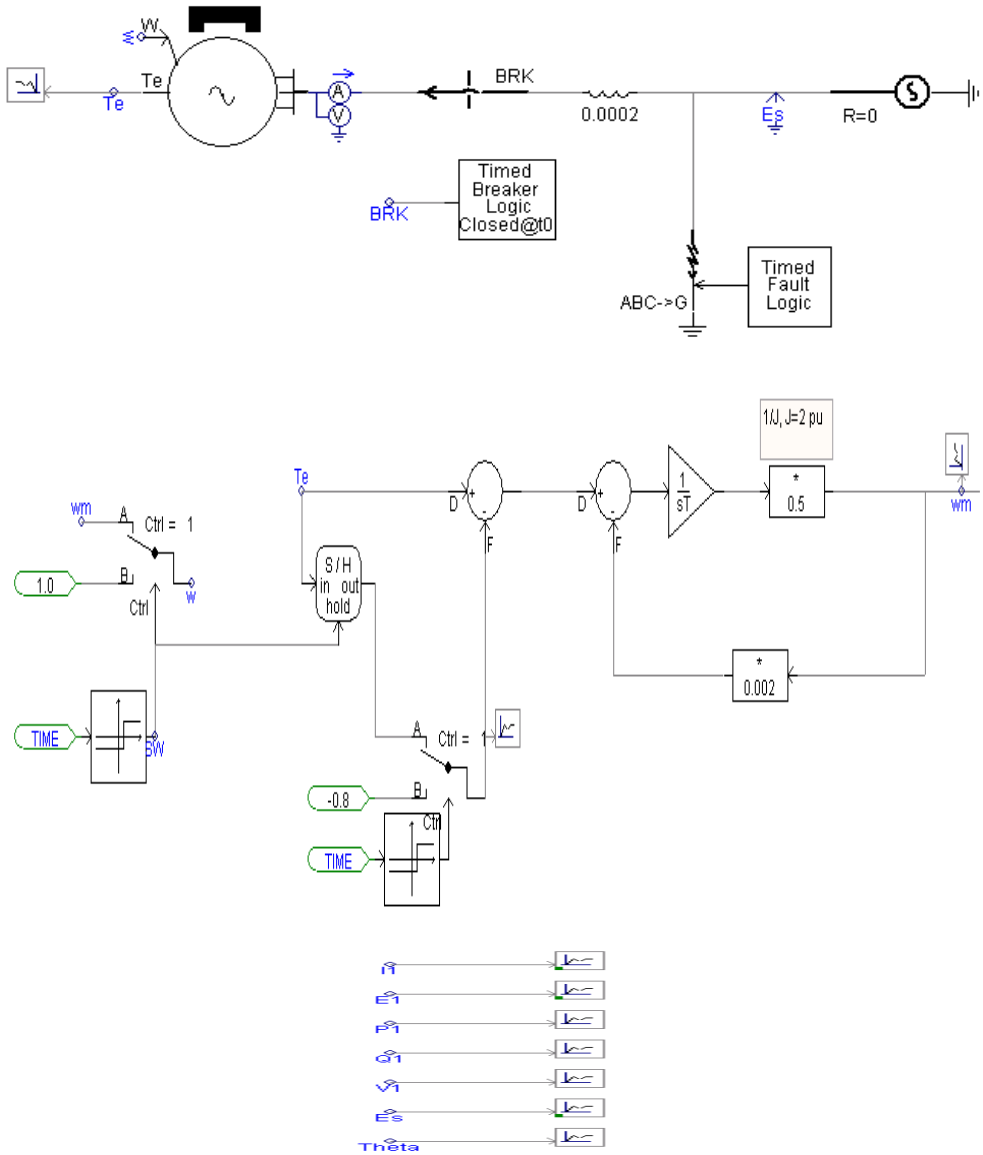
شبیه‌سازی ماشین سنکرون مغناطیس دائم

۱۷– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی ماشین مغناطیس دائم آموزش داده خواهد شد.

www.takbook.com

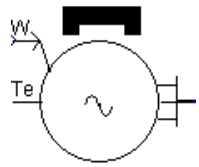
۱۷-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۱۷): شمای کلی مدار

www.takbook.com

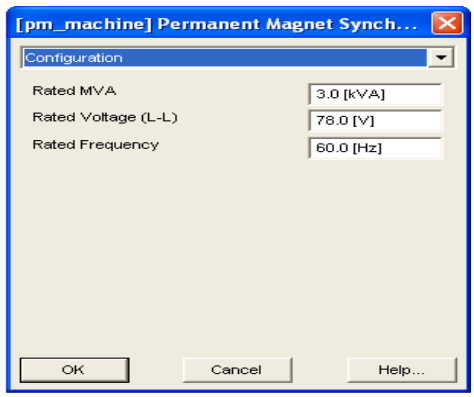
۱۷-۲- ماشین سنکرون مغناطیس دائم



(شکل ۲.۱۷): ماشین سنکرون

این قطعه یک ماشین سنکرون مغناطیس دائم را مدل می‌کند. علاوه بر استاتور، سه سیم‌پیچ اتصال کوتاه هم آمده است تا اثر میرایی الکترومغناطیسی را مدل نماید. سرعت ماشین را می‌توان با دادن مقدار w ورودی ماشین به طور مستقیم تنظیم نمود و Te گشتاور الکتریکی خروجی می‌باشد.

نوارابزار اول از صفحه تنظیمات به این صورت می‌باشد که پارامترهای آن واضح بوده و ولتاژ آن مقدار موثر می‌باشد.



(شکل ۳.۱۷): ماشین سنکرون

www.takbook.com

مواردی که در نوارابزار Machin Data مشاهده می‌کنیم به این ترتیب هستند:

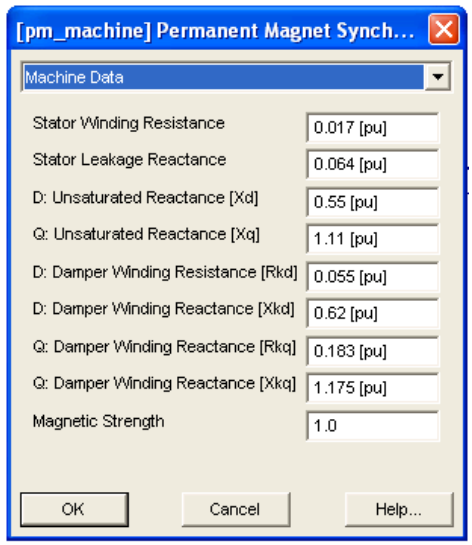
Rkd : مولفه مستقیم مقاومت سیم پیچ میراکننده

Xkd : مولفه مستقیم راکتانس سیم پیچ میراکننده

Rkq : مولفه عمودی مقاومت سیم پیچ میراکننده

Xkq : مولفه عمودی راکتانس سیم پیچ میراکننده

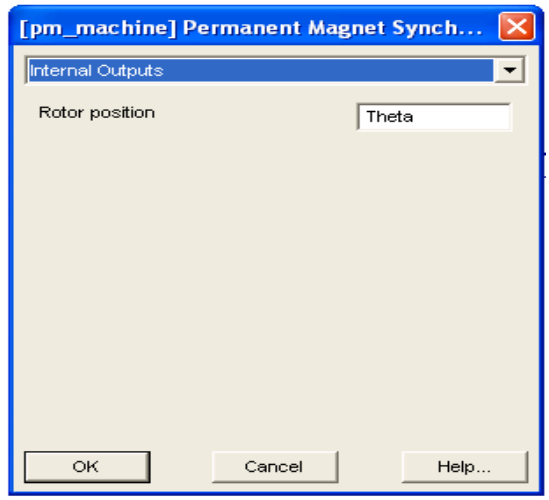
Magnetic Strength : شار پیوندی مغناطیس دائم که یکای این پارامتر وبردور می‌باشد. وقتی مقدار یک پریونیت است، مقاومت مغناطیسی ولتاژ نامی ترمینال را در سرعت نامی و حالت بی‌باری تولید می‌کند.



(شکل ۴.۱۷): ماشین سنکرون

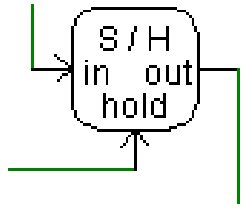
www.takbook.com

این مورد پایین هم جایگاه اولیه روتور را بیان می‌کند که مطابق این مثال theta قید گردیده است.



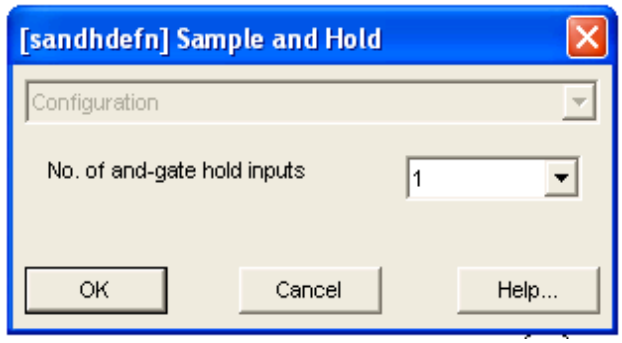
(شکل ۵.۱۷): ماشین سنکرون

۱۷–۳– نمونه‌برداری و نگهداری



(شکل ۶.۱۷): بلوک نمونه‌برداری و نگهداری

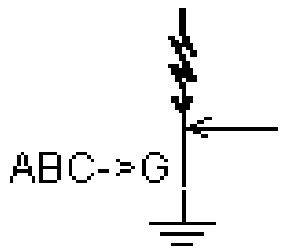
www.takbook.com



(شکل ۷.۱۷): تنظیم نمونه‌برداری و نگهداری

وقتی که hold=۰ باشد ورودی حقیقی (in) به خروجی می‌رود و وقتی که hold=۱، خروجی روی حالت خروجی قبلی تثبیت می‌گردد. در حالت دوم ورودی hold (یعنی از روی No. of and-gate hold inputs) هر دو سیگنال باید یک باشد تا خروجی تثبیت گردد.

۱۷-۴- خطای سه‌فاز



(شکل ۸.۱۷): خطای سه‌فاز

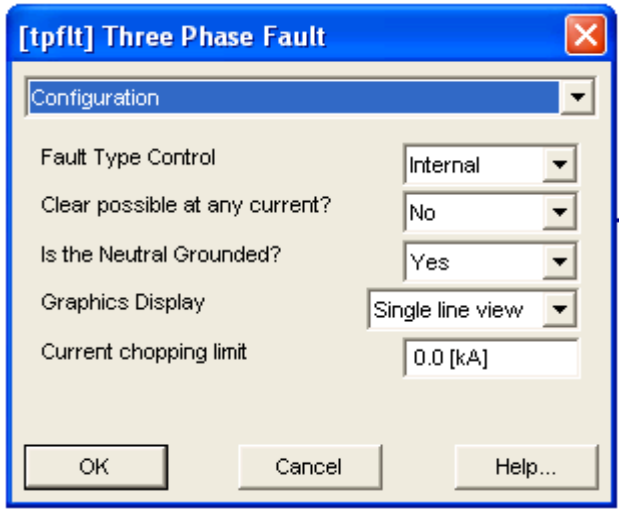
www.takbook.com

این قطعه برای تولید خطای سه‌فاز روی سیستم AC قابل استفاده است. خطای خط به خط مانند خطای خط به زمین به خوبی در دسترس بوده و جریان‌های متغیر خطا با نام‌های مختلف و متغیر در هر فاز می‌تواند مشخص گردد و در صورت تمایل می‌تواند توسط کانال‌های خروجی مورد کنترل قرار گیرد.

یک ارتباط خارجی نیز برای این قطعه تعبیه شده‌است تا کاربر بتواند هر نوع مدار خطا را به طور مستقیم به نقطه خطا متصل کند. خطای سه‌فاز توسط یک سیگنال ورودی کنترل می‌گردد که به لحاظ منطقی این گونه است که Clearer=۰ و Faulted=۱. نوع خطا می‌تواند به طور داخلی ترتیب یابد و یا از طریق استفاده آسان از یک کنترل شماره گیر آنلاین انجام گیرد. سیگنال کنترل خطا می‌تواند به طور اتوماتیک توسط قطعه منطق زمان‌دار خطا یا قطعه توالی‌ساز ترتیب یابد. خطا همچنین ممکن است به صورت دستی با استفاده از کنترل‌های آنلاین یا یک شمای کنترلی پیچیده‌تر کنترل گردد.

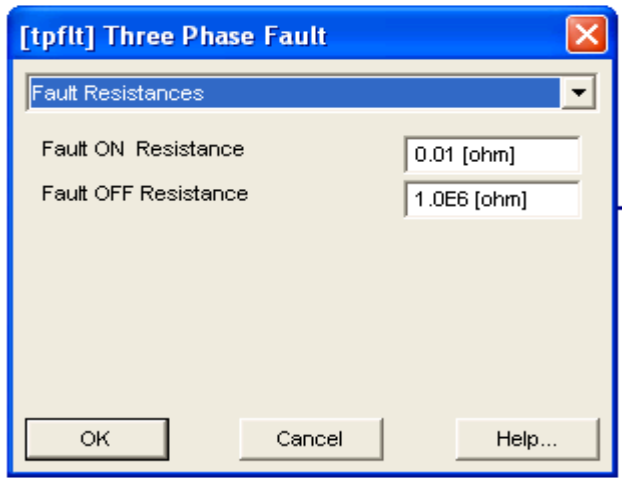
در مورد صفحه اول، تنظیمات گزینه آخر، وجود یا عدم وجود جریان ضربه‌ای را جویا می‌شود که مقدار آن اینجا صفر لحاظ گردیده است که به معنی عدم وجود این جریان می‌باشد.

www.takbook.com



(شکل ۹.۱۷): تنظیم خطای سه‌فاز

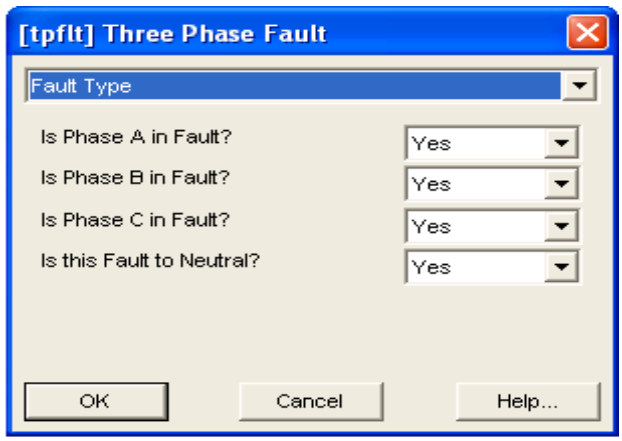
در صفحه زیر از نوارابزار Fault Resistances میزان مقاومت خطا در دو حالت وقوع و عدم وقوع خطا بررسی می‌شود.



(شکل ۱۰.۱۷): تنظیم خطای سه‌فاز

www.takbook.com

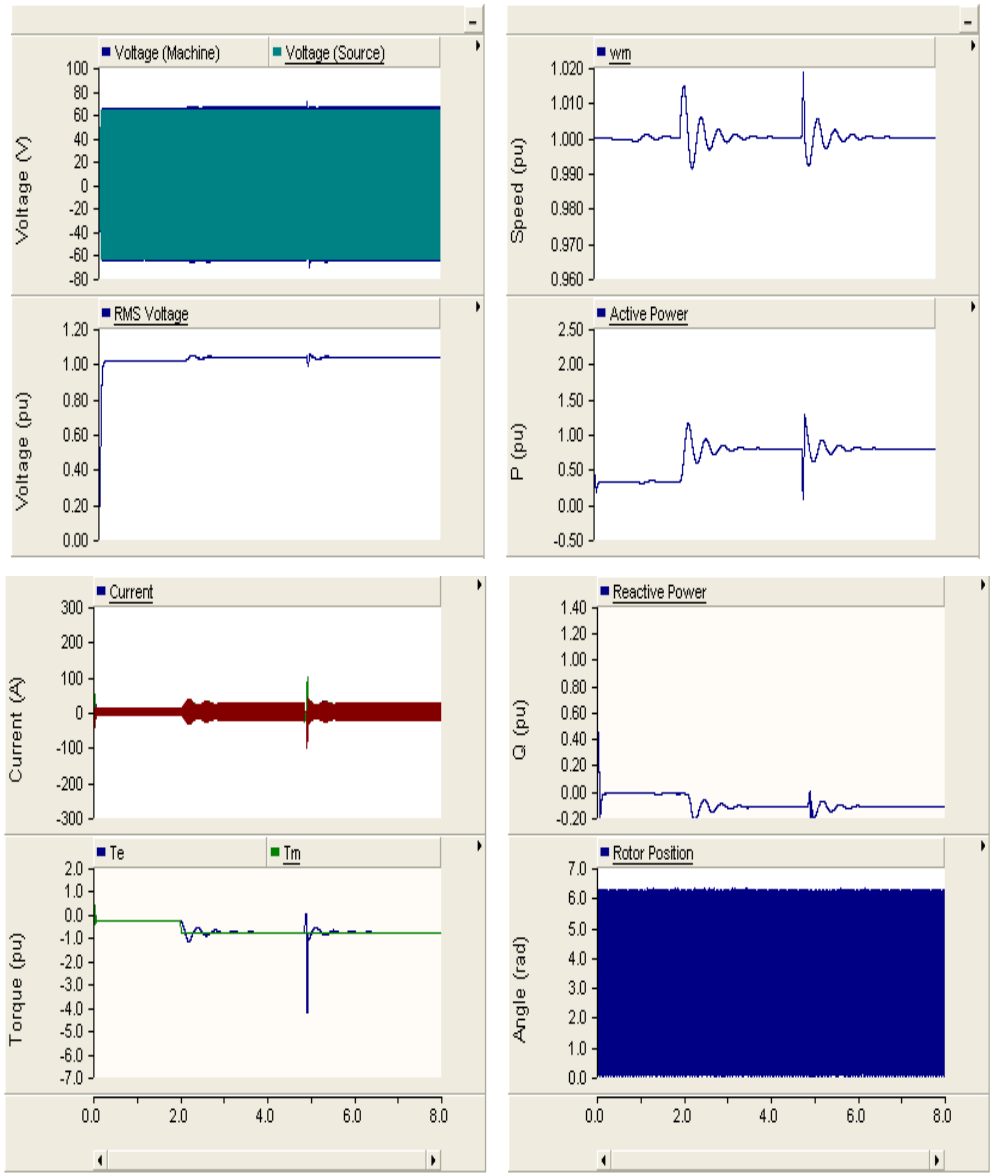
در صفحه زیر هم امکان وقوع خطا روی فازهای مختلف از کاربر پرسیده می‌شود که در این مثال نیز ملاحظه می‌نماییم. همچنین در مورد آخری اشاره به این می‌شود که آیا این خطا وارد نقطه خنثی نیز می‌گردد یا خیر؟



(شکل ۱۱.۱۷): تنظیم خطای سه‌فاز

www.takbook.com

۱۷–۵– شبیه‌سازی



(شکل ۱۲.۱۷): نتایج شبیه‌سازی

www.takbook.com

نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های بالا مشاهده می‌شود. همان طور که تنظیم شده است در زمان ۲ ثانیه خطا اعمال و در ۵ ثانیه خطا خارج می‌شود. با اعمال خطا می‌خواهیم عملکرد این ماشین را در حالت رخداد خطا بسنجیم. پاسخ‌ها نشان‌دهنده عملکرد پایدار این ماشین در هنگام رخداد خطا می‌باشد. برای تشریح عملکرد این ماشین به کتاب ماشین‌های الکتریکی رجوع شود.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل هجدهم

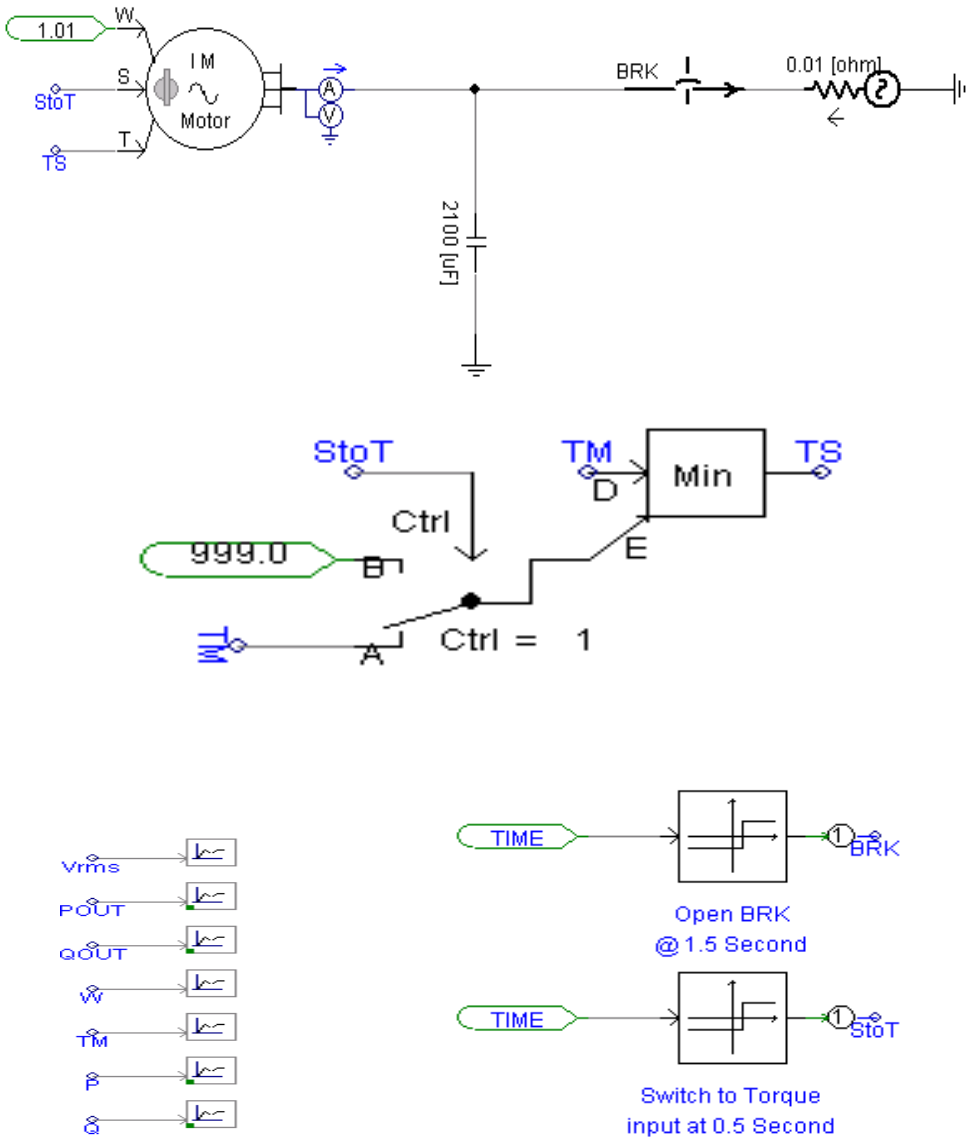
شبیه‌سازی موتور القایی

۱۸– مقدمه

در این فصل بررسی رفتار موتور القایی و اندازه‌گیری برخی پارامترهای آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

www.takbook.com

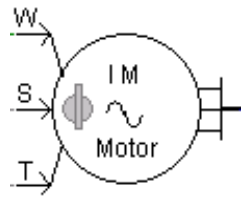
۱۸-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۱۸): طرح کلی مدار

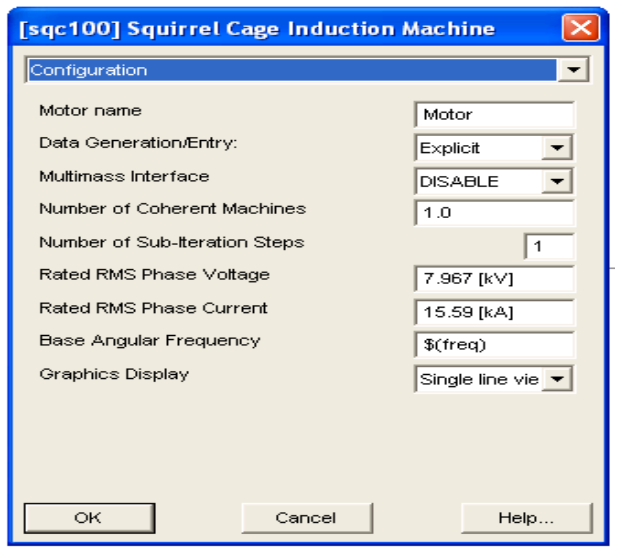
www.takbook.com

۱۸-۲- موتور القایی قفس‌سنجابی



(شکل ۲.۱۸): موتور القایی قفس‌سنجابی

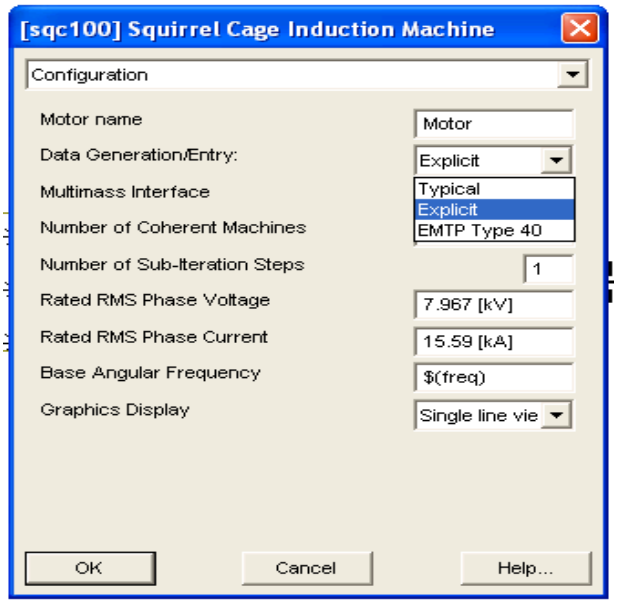
این ماشین می‌تواند در هر دو حالت کنترل سرعت و کنترل گشتاور مورد استفاده قرارگیرد. در حالت کنترل سرعت، سرعت ماشین بر اساس سرعت مشخص شده توسط w تعیین می‌گردد. در حالت کنترل گشتاور، سرعت بر اساس لختی ماشین، گشتاور خروجی - ورودی و میرایی حساب می‌شود.



(شکل ۳.۱۸): تنظیم موتور القایی قفس‌سنجابی

www.takbook.com

ماشین در حالت کنترل سرعت با ورودی w که روی سرعت پریونیت تنظیم شده، استارت می‌شود و سپس بعد از آنکه حالت گذرا را پشت سر گذاشت به کنترل گشتاور تغییر می‌یابد.



(شکل ۴.۱۸): تنظیم موتور القایی قفس‌سنجابی

در صفحه تنظیمات، مطابق شکل زیر در قسمت Data Generation/Entry سه روش برای ورود داده را معرفی می‌کند:

۱. روش معمولی (explicit): داده باید هر وقت که ممکن بود استفاده گردد. این به کاربر این امکان را می‌دهد که مقاومت سیم‌پیچ، امپدانس و ... را معین کند و به طور اساسی قابل تغییر است. این روش برای ورود داده توصیه می‌شود.

www.takbook.com

۲. روش مخصوص (typical): این روش برای کمک به کاربر در شرایط خاص که فقط درجه ماشین معلوم است مورد استفاده می‌باشد. مقادیر کلی از پارامترهای ماشین بر اساس اندازه و قدرت (اسب بخار) به طور اتوماتیک حساب می‌شوند، از این حالت باید تا حد ممکن پرهیز کرد.

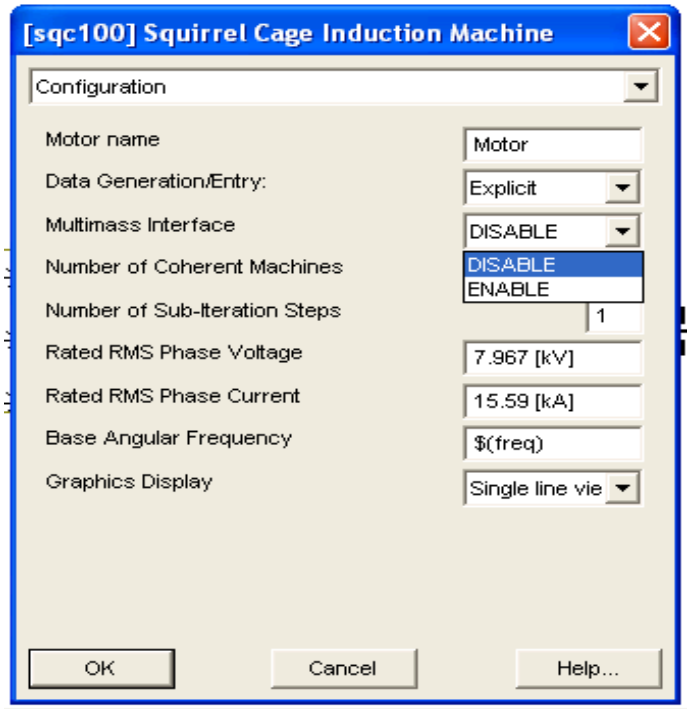
در مورد قسمت Multimass inter face باید گفت که می‌توان برای کار با ماشین القایی این قسمت را فعال نمود. در این حالت ماشین در حالت کنترل سرعت به طور اتوماتیک عمل می‌کند و این جزء را با گشتاور الکتریکی حساب شده (Te)، سیگنال گشتاور بار خارجی (T_l) و سیگنال کنترل سرعت (w) تغذیه می‌نماید. در حالتی که واسطه Multimass غیرفعال است این پارامترها حاضراند:

W : ورودی سرعت به صورت پریونیت، یعنی در حالت کنترل سرعت، ماشین در این سرعت به راه می‌افتد.

S : کلیدی برای انتخاب حالت سرعت (۱) و یا حالت گشتاور (۰).

T : ورودی گشتاور به صورت پریونیت، وقتی ماشین در حالت کنترل گشتاور است. سپس سرعت ماشین را بر اساس ضریب میرایی و لختی حساب می‌کند.

www.takbook.com



(شکل ۵.۱۸): تنظیم موتور القایی قفس‌سنجابی

وقتی که Multimass فعال است این ارتباطات ترمینال‌ها ظاهر می‌گردد:

W : سرعت ورودی به صورت پریونیت. ماشین در این سرعت استارت می‌گردد که آن هم توسط Multimass فعال می‌گردد.

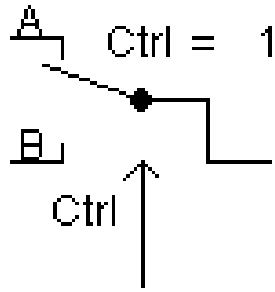
Te : گشتاور الکتریکی خروجی ماشین.

T_1 : گشتاور ورودی پریونیت. این گشتاور به مولتی‌مس می‌رود و سرعت را بر اساس پارامترهای درون مولتی‌مس و این گشتاور حساب می‌کند.

www.takbook.com

Number of Coherent Machines : هنگامی که مدلسازی چندگانه یک ماشین قفس سنجابی در یک باس یا دینامیک درونی ماشین مهم نیست، مدلسازی تعدادی ماشین به عنوان شیء سیگنالی ممکن خواهد بود. شبیه‌سازی ماشین‌های چندگانه به طور طبیعی سرعت شبیه‌سازی را بالا برده و از هر گونه کنش و واکنش جلوگیری می‌کند. اینجا یک پارامتر تعبیه شده که اگر دینامیک درونی ماشین برای مطالعه ما ضروری باشد این عدد را یک می‌کنیم. این فاکتور همچنین می‌تواند در درجه‌بندی قدرت ماشین هم مورد استفاده قرار گیرد و با ورود صفر ماشین یکسره غیرفعال می‌گردد.

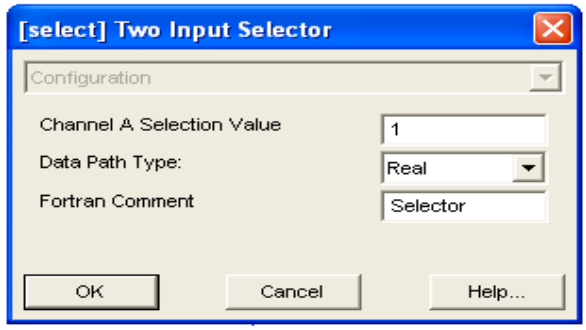
۱۸–۳– انتخاب سیگنال



(شکل ۶.۱۸): بلوک انتخاب سیگنال

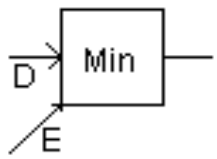
این قطعه بر اساس مقدار Ctrl، بین سیگنال‌های A یا B یکی را انتخاب می‌کند. در تنظیمات زیر هم ملاحظه می‌کنیم که مقدار یک کانال را یک لحاظ می‌کنیم.

www.takbook.com

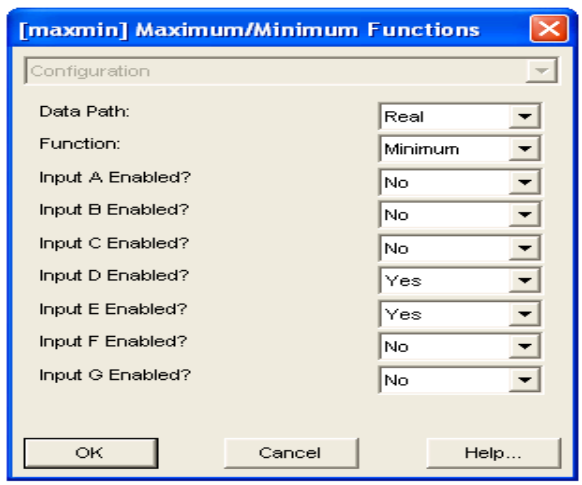


(شکل ۷.۱۸): تنظیم بلوک انتخاب سیگنال

۱۸-۴- انتخاب مقدار حداقل



(شکل ۸.۱۸): بلوک انتخاب مقدار حداقل



(شکل ۹.۱۸): تنظیم بلوک انتخاب مقدار حداقل

www.takbook.com

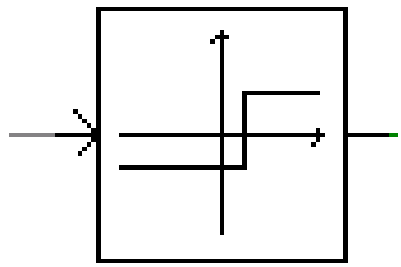
تنظیمات این بلوک واضح می‌باشد و نیاز به توضیح ندارد.

۱۸–۵– تعیین زمان

(شکل ۱۰.۱۸): بلوک تعیین زمان

این قطعه برای تعیین میزان زمان انتخابی برای شبیه‌سازی برای یک سیگنال داده و یا جزء ورودی است. خروجی این قطعه فقط به وسیله تغییر زمان شبیه‌سازی پروژه قابل تغییر است.

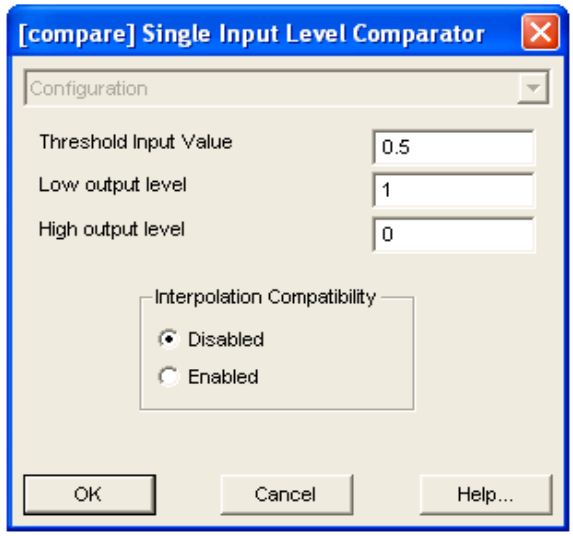
۱۸–۶– آستانه سیگنال



(شکل ۱۱.۱۸): بلوک آستانه سیگنال

www.takbook.com

خروجی این قطعه یکی از این دو مقدار خواهد بود. بسته به این که سیگنال ورودی بالاتر یا پایین‌تر از مقدار آستانه باشد.



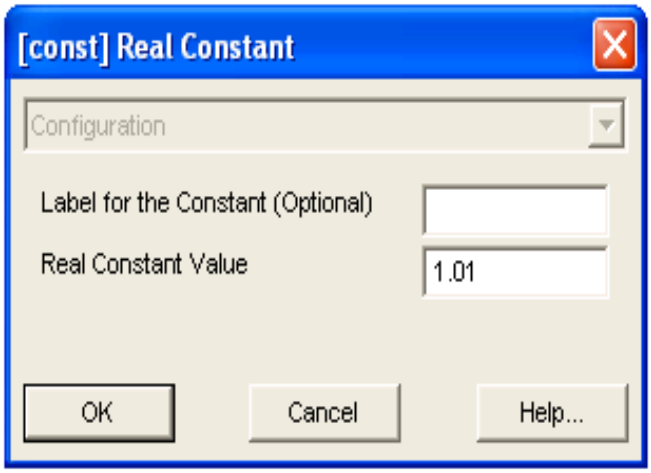
(شکل ۱۲.۱۸): تنظیم بلوک آستانه سیگنال

۱۸–۷– بهره

(شکل ۱۳.۱۸): بلوک بهره

فقط برای مقادیر حقیقی است که دارای تنظیمات زیر می‌باشد.

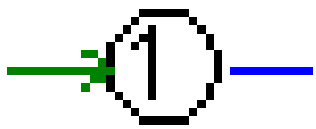
www.takbook.com



(شکل ۱۴.۱۸): تنظیم بلوک بهره

۱۸–۸– مبدل مدل و نوع

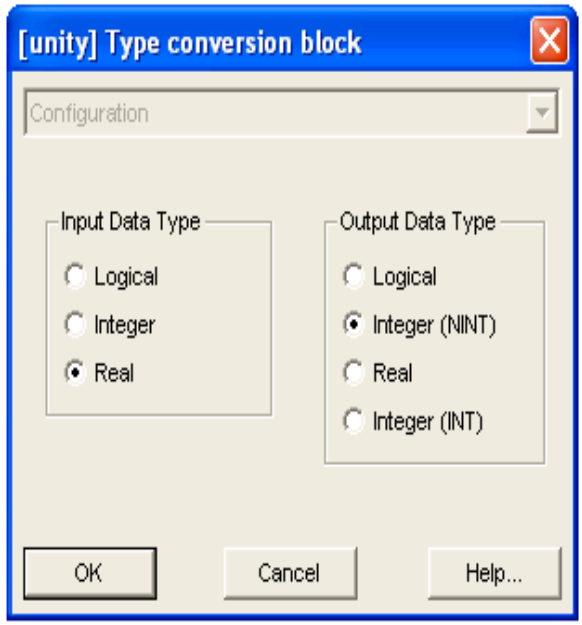
برای تبدیل نوع خاصی از سیگنال به نوع دیگر.



(شکل ۱۵.۱۸): بلوک مبدل مدل و نوع

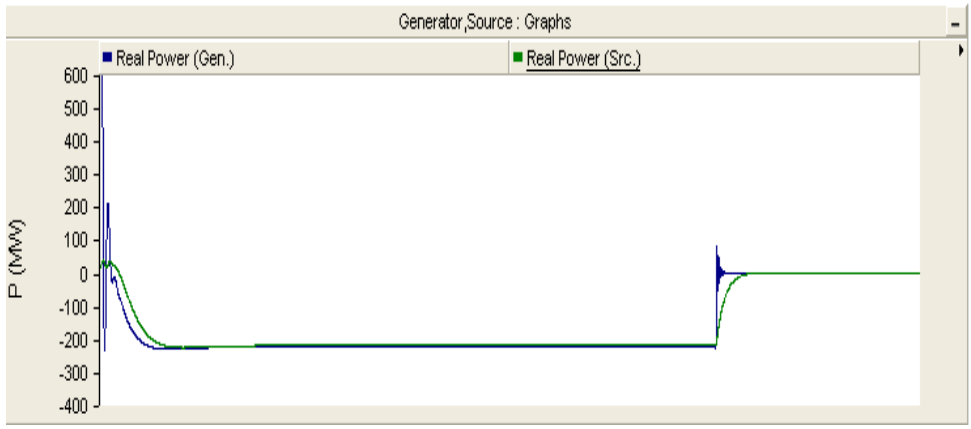
همان‌گونه که می‌بینیم نوع سیگنال ورودی و خروجی را می‌توان گزینش نمود که در دو کادر آمده است.

www.takbook.com

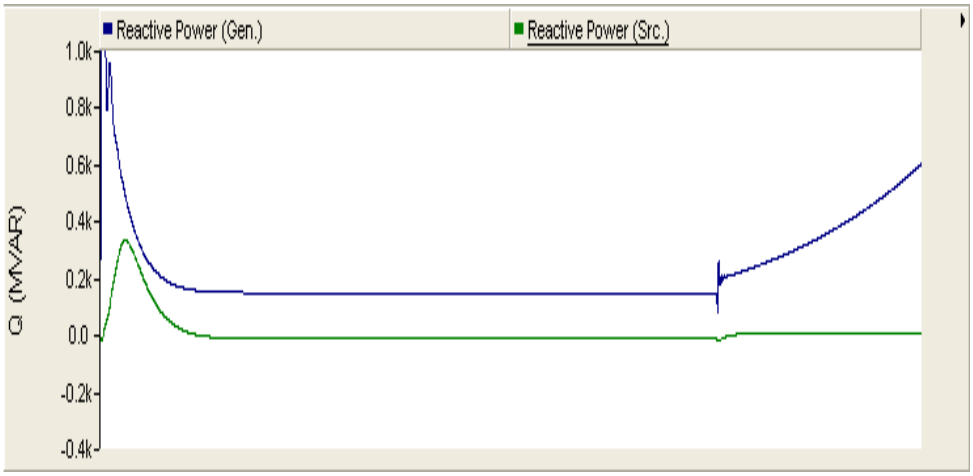


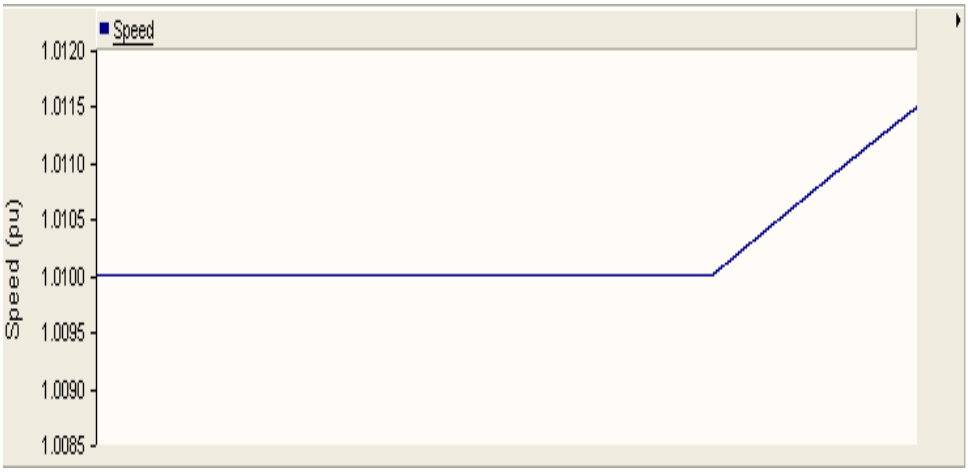
(شکل ۱۶.۱۸): تنظیم بلوک مبدل مدل و نوع

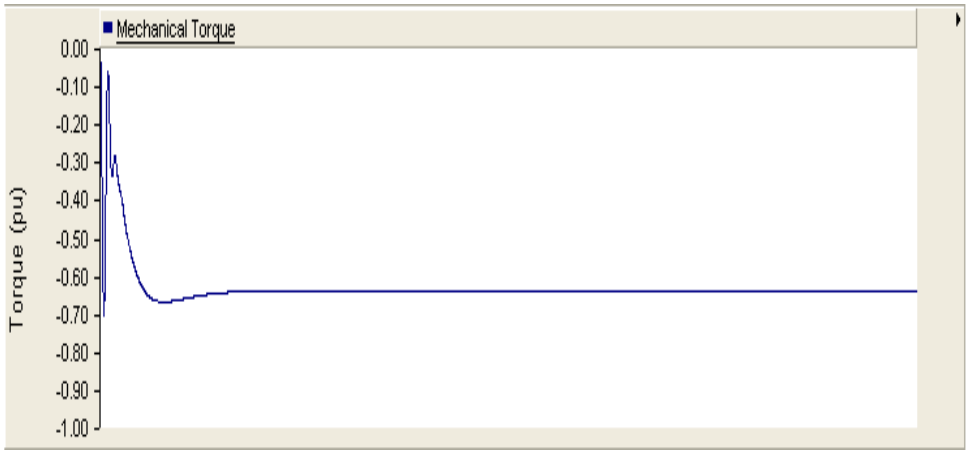
۱۸–۹– شبیه‌سازی



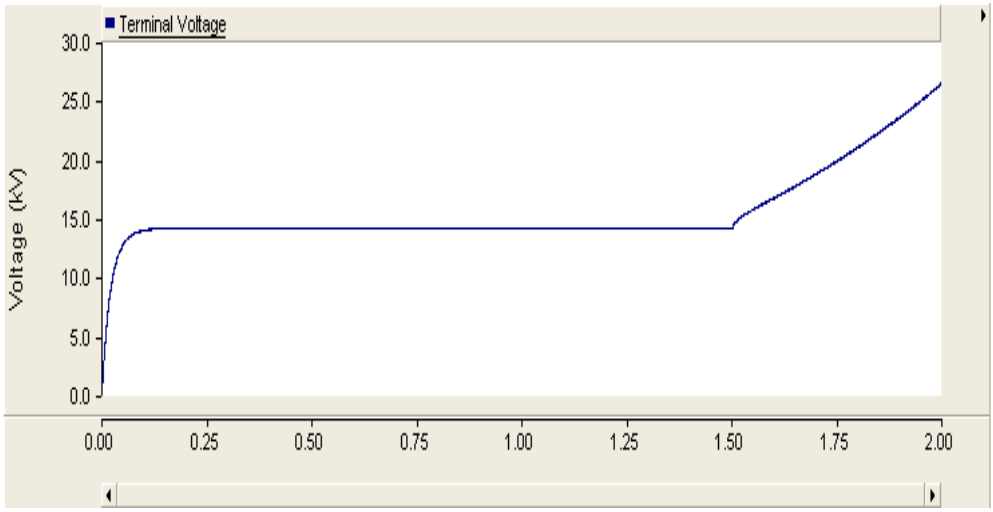
www.takbook.com







www.takbook.com



(شکل ۱۷.۱۸): شبیه‌سازی

نمودارهای بالا عملکرد موتور القایی را بر اساس نوع کارایی و مشخصه‌های آن نمایش می‌دهد. در زمان ۱,۵ ثانیه خطا به مدار اعمال می‌شود و عملکرد ماشین القایی را در حالت اعمال خطا نشان می‌دهد. برای تشریح عملکرد این ماشین به کتاب ماشین‌های الکتریکی رجوع شود.

www.takbook.com

فصل نوزدهم

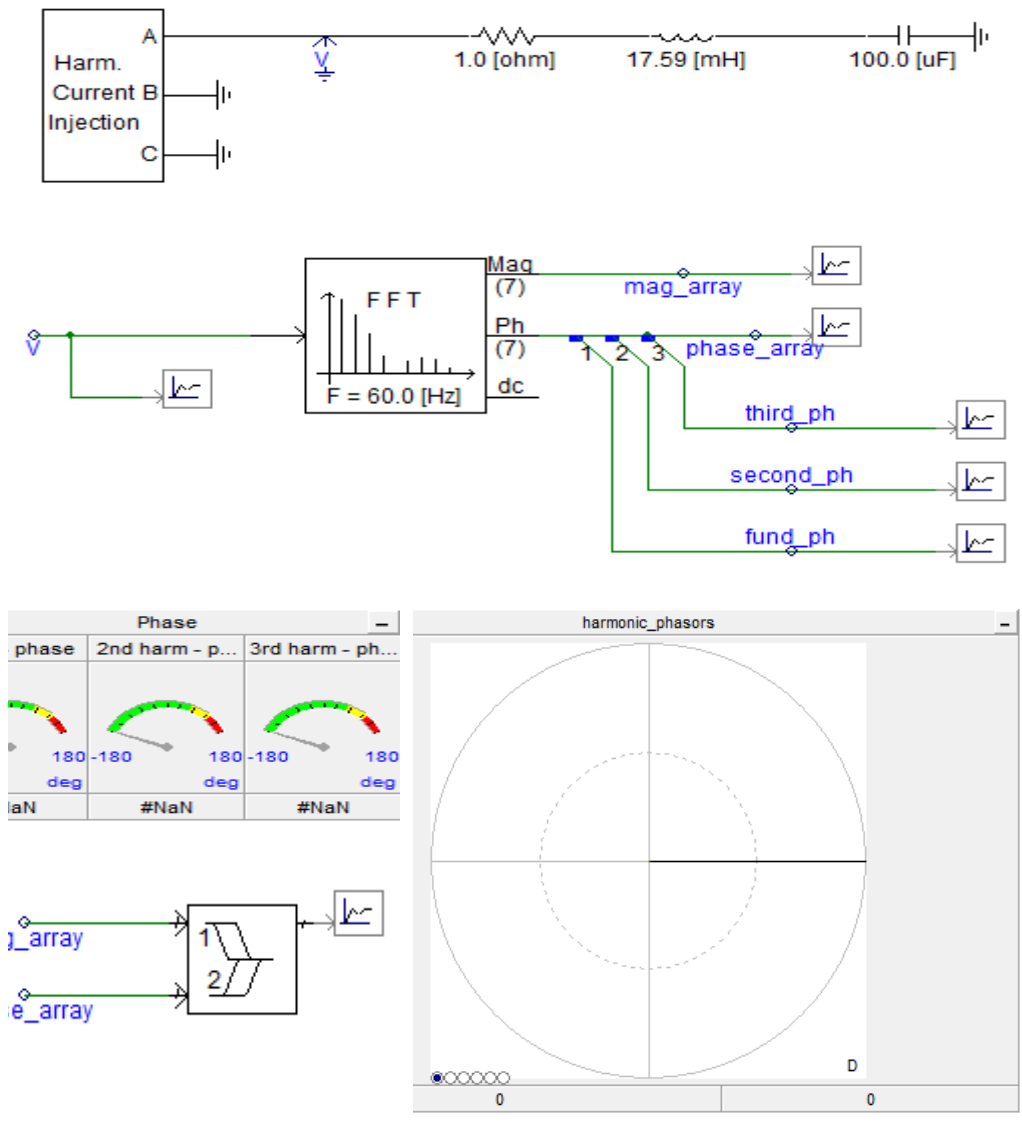
شبیه‌سازی مدار هارمونیک

۱۹– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی مدار هارمونیک با مبدل فوریه آموزش داده می‌شود و با نحوه عملکرد اسکنر فوریه و اثر جریان هارمونیک آشنا خواهید شد.

www.takbook.com

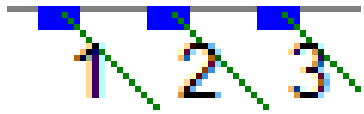
۱۹–۱– طرح مدار



(شکل ۱.۱۹): شمای کلی مدار

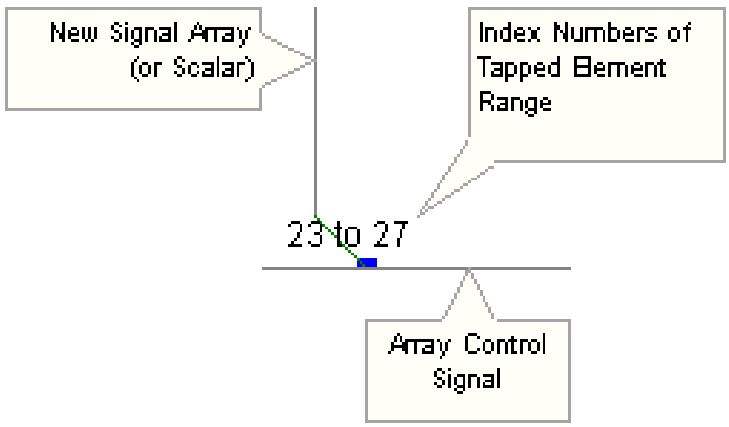
www.takbook.com

۱۹-۲- آرایه سیگنال داده



(شکل ۲.۱۹): بلوک آرایه سیگنال داده

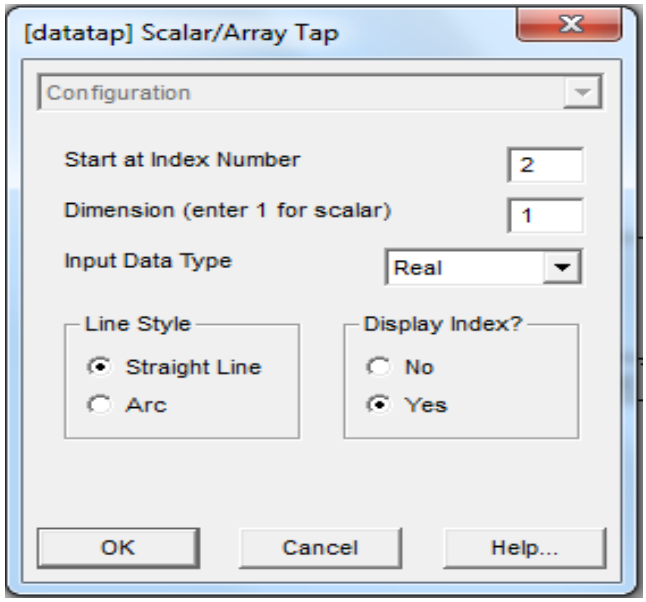
این قطعه رنج مشخصی از آرایه سیگنال داده‌ای که به آن وصل شده است را در خروجی ارائه می‌کند. قطعه آرایه سیگنال داده ممکن است در حالی که حامل یک آرایه می‌باشد به یک سیم متصل باشد که در شکل زیر این موضوع را مشاهده می‌کنیم.



(شکل ۳.۱۹): بلوک آرایه سیگنال داده

www.takbook.com

آرایه سیگنال داده‌ها می‌تواند به صورت دستی توسط قطعه ترکیب کننده داده ایجاد گردد.



(شکل ۴.۱۹): تنظیم بلوک آرایه سیگنال داده

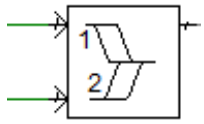
در پنجره تنظیمات بالا، در گزینه نخست تعداد فهرست شروع کننده آرایه را وارد می‌کنیم.

گزینه دوم دیمانسیون آرایه مورد نظر می‌باشد که اگر سیگنال ساده (اسکالر) مدنظر باشد عدد یک را وارد می‌کنیم.

در کادر Line Style حالت خط راست یا منحنی را بر می‌گزینیم.

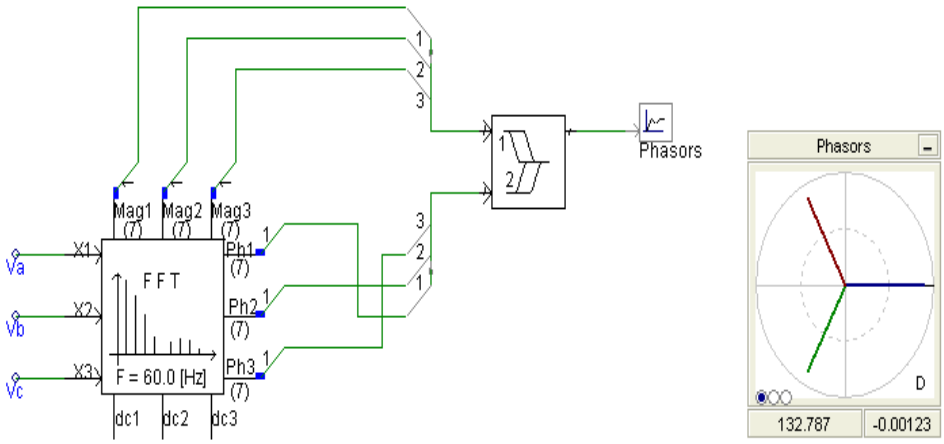
www.takbook.com

۱۹–۳– پیوند دهنده بردار



(شکل ۵.۱۹): پیوند دهنده بردار

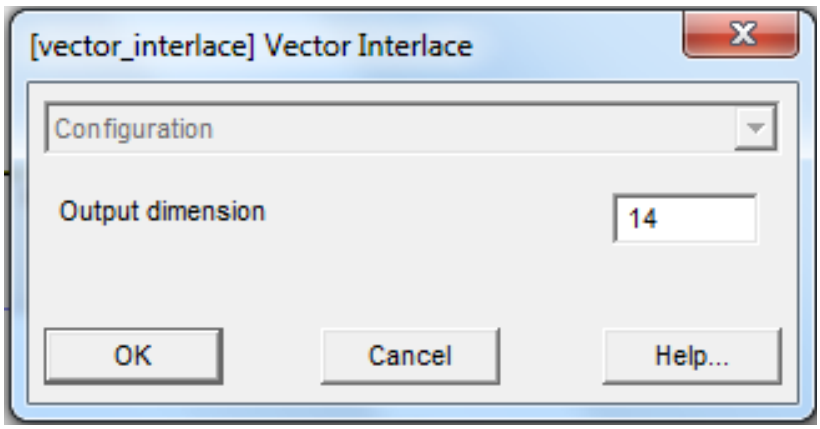
این قطعه دو بردار سیگنال یا آرایه را به صورت یک آرایه خروجی ترکیب شده به هم پیوند می‌دهد. این قطعه به طور خاص برای ترکیب یک آرایه با دامنه قطبی با یک آرایه با زاویه فاز قطبی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به این ترتیب این دو تغییر می‌کنند تا به عنوان یک ورودی فازور متر مورد استفاده قرار گیرند. مانند شکل زیر که خروجی یک FFT برای نمایش فازوری تشکیل یافته است.



(شکل ۶.۱۹): نحوه اتصال به بلوک پیوند دهنده بردار

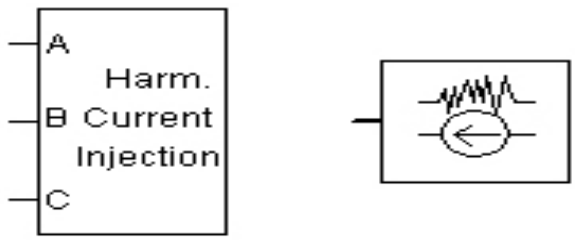
www.takbook.com

در پنجره تنظیمات این قطعه که در شکل زیر نشان داده شده است، دیمانسیون خروجی را معین می‌کنیم که این می‌تواند تا حداکثر ابعاد ورودی‌های ترکیب شده افزایش یابد.



(شکل ۷.۱۹): تنظیم بلوک پیوند دهنده بردار

۱۹-۴- تزریق جریان هارمونیک



(شکل ۸.۱۹): بلوک تزریق جریان هارمونیک

www.takbook.com

این قطعه جریان هارمونیک را با یک دامنه و فرکانس معین در یک سیستم سه‌فاز تزریق می‌کند. هدف اصلی این است که این قطعه به عنوان وسیله‌ای برای تولید امپدانس یا طرح‌های فرکانسی برای یک سیستم خطی ایفای نقش نماید. برای تولید یک طیف امپدانسی:

۱. قطعه تزریق کننده جریان هارمونیک را به یک سیستم سه‌فاز متصل کنید.
۲. ولتاژ نقاط مورد نظر را مورد بررسی و کنترل قرار دهید و سپس یک آنالیز فوریه را توسط قطعه اسکنر فرکانس انجام دهید یا اینکه خروجی را در یک فایل ذخیره کنید و یک آنالیز آفلاین فوریه را انجام دهید.

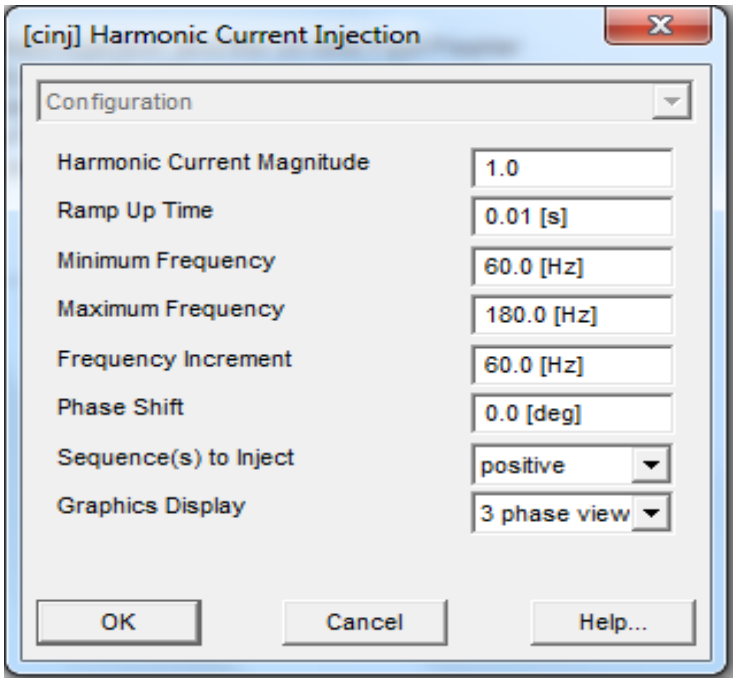
در شکل (۹.۱۹) که پنجره تنظیمات این قطعه می‌باشد، گزینه Ramp Up Time زمان لازم برای منبع می‌باشد تا به اندازه یک پریونیت به صورت شیب افزایش یابد. در میان سه دوره فرکانس مبنا (۰.۰۵s برای ۶۰ hz و۰.۰۶s برای ۵۰ hz) کمترین زمان افزایش با شیب را انتخاب کنید تا به این ترتیب حالت گذرای راه‌اندازی را کاهش دهید.

گزینه Frequency Increment : فرکانس‌های تزریق شده از کمترین مقدار راه‌اندازی می‌گردد و به مرور با افزایش فرکانس به مقدار حداکثر خود خواهند رسید.

گزینه Phase Shift : برای ورود نویز سفید یک مقدار غیرصفر را اینجا وارد کنید. مقدار صفر هنگامی که همه یا بیشتر هارمونیک‌ها در حالت پیک هستند یک حالت فوری خواهد داشت.

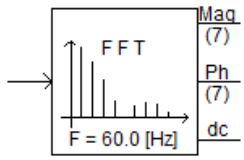
www.takbook.com

گزینه Sequecce(s) toinject توالی جریان تزریقی را نشان می‌دهد.



(شکل ۹.۱۹): تنظیم بلوک تزریق جریان هارمونیک

۱۹–۵– اسکنر فرکانس آنلاین



(شکل ۱۰.۱۹): بلوک اسکنر فرکانس آنلاین

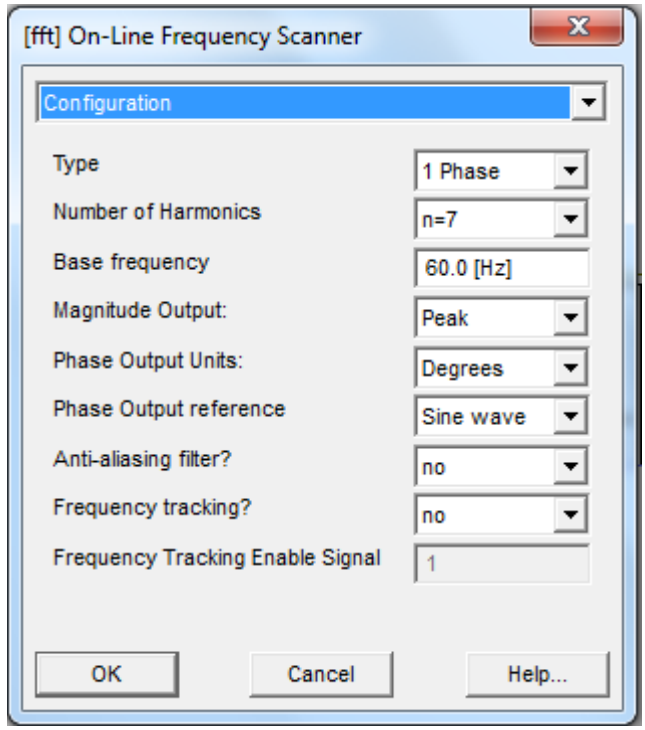
www.takbook.com

این قطعه برای یک تغییر شکل فوریه سریع می‌باشد که می‌تواند دامنه و فاز هارمونیک سیگنال ورودی را به صورت تابعی از زمان تعیین کند. سیگنال‌های ورودی پیش از اینکه به هارمونیک‌های سازندشان تجزیه گردند نمونه‌گیری می‌شوند. امکاناتی برای استفاده از یک، دو یا سه ورودی فراهم شده است. در حالت سه ورودی، قطعه می‌تواند خروجی را فراهم نماید. کاربر ممکن است یکی از سه نوع بلوک FFT را برگزیند:

۱. یک فاز: این یک FFT تک فاز استاندارد می‌باشد. ورودی پردازش می‌گردد تا دامنه (mag) و زاویه فاز (ph) فرکانس مبنا و هارمونیک‌های آن و قسمت DC را فراهم نماید.
۲. دو فاز: این مورد چیزی بیش از دو FFT یک فاز در یک بلوک نیست. که برای قابل تشخیص و فشرده نگه داشتن اجزاء در کنار هم مورد استفاده قرار می‌گیرد.
۳. سه فاز: مطابق بالا به طور تقریبی سه FFT یک فاز می‌باشد که در یک بلوک ترکیب شده است.

توالی ۰/-/+ : این یک ورودی سه‌فاز به صورت XA، XB، XC را تعریف می‌کند و خروجی مقدماتی و ابتدایی FFT را توسط یک ترتیب دهنده محاسبه می‌نماید که دامنه و فاز توالی صفر، مثبت و منفی را برای سیگنال مبنا و همه هارمونیک‌ها در خروجی حاصل می‌کند. همچنین قسمت DC هر فاز نیز در خروجی موجود می‌باشد.

www.takbook.com



(شکل ۱۱.۱۹): تنظیم بلوک اسکنر فرکانس آنلاین

در پنجره تنظیمات قطعه در بالا در گزینه دوم، تعداد فرکانس را وارد می‌کنیم که اعداد ۷، ۱۵، ۳۱، ۶۳، ۱۲۷، ۲۵۵ (تعداد نمونه‌گیری در هر سیکل) می‌باشد.

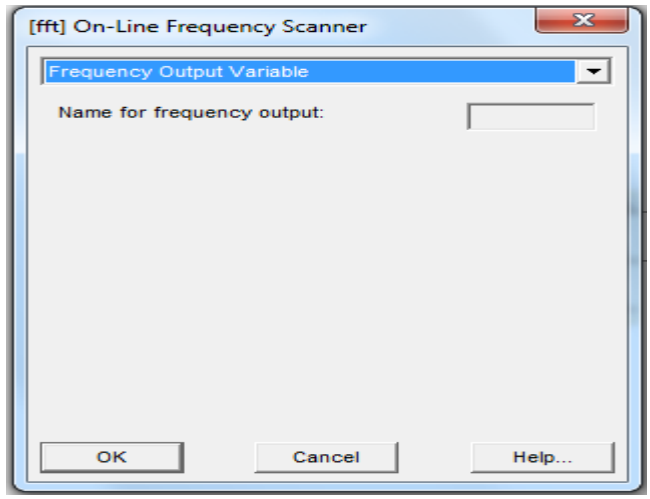
گزینه Magnitude Output : برای دامنه خروجی مقدار peak یا rms را انتخاب می‌کنیم.

گزینه Phase Output reference : می‌توان سینوسی یا کسینوسی را برگزید. این مورد تعیین می‌کند که آیا خروجی بر اساس مرجع شکل موج سینوسی است یا کسینوسی.

www.takbook.com

گزینه Frequency tracking? : وقتی که این گزینه فعال باشد، مرجع زاویه فاز ممکن است تغییر کند. اگر این حالت رخ دهد، زاویه فاز خروجی نباید برای مقایسه با زاویه فاز خروجی‌های سایر اجزاء مورد استفاده قرار گیرد.

زاویه فاز نسبی هارمونیک‌ها که به وسیله همان اسکنر فرکانس آنلاین اندازه‌گیری می‌شود دقت خود را به هر حال حفظ خواهد کرد.

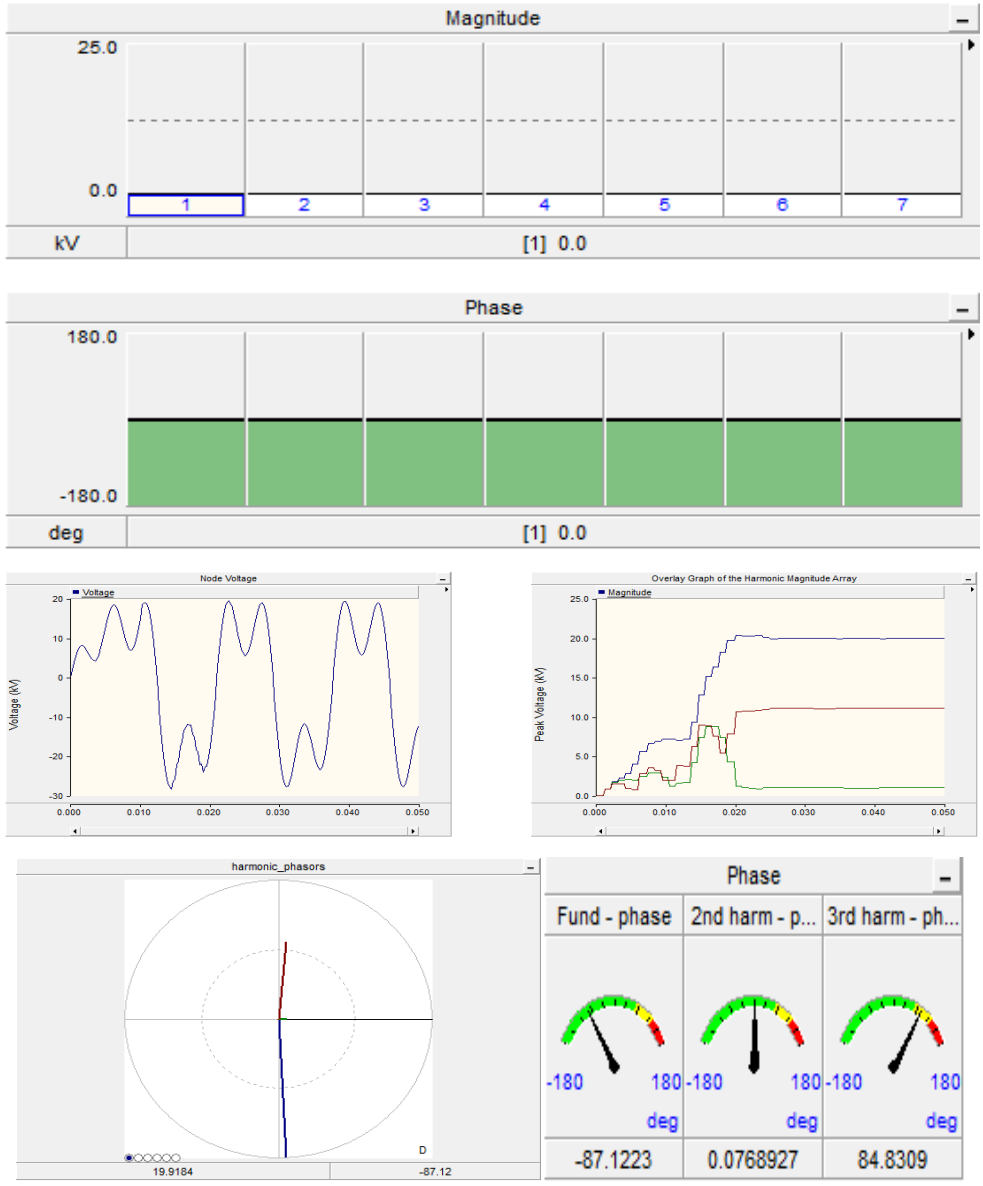


(شکل ۱۲.۱۹): تنظیم بلوک اسکنر فرکانس آنلاین

در پنجره زبانه بالا در صورتی که گزینه Frequency tracking? فعال باشد، فرکانس تعقیب می‌تواند با این متغیر مشاهده و کنترل گردد.

www.takbook.com

۱۹–۶– شبیه‌سازی



(شکل ۱۳.۱۹): شبیه‌سازی

www.takbook.com

رفتار یک مدار هارمونیک با مبدل فوریه در این مثال شبیه‌سازی شده است. تغییرات مقادیر پیک ولتاژ و فازورهای هارمونیک به عنوان خروجی‌های این شبیه‌سازی مشاهده می‌شود. برای تشریح مدار هارمونیک به کتاب‌های الکترونیک قدرت اشاره شده در قسمت مراجع کتاب مراجعه شود.

www.takbook.com

www.takbook.com

فصل بیستم

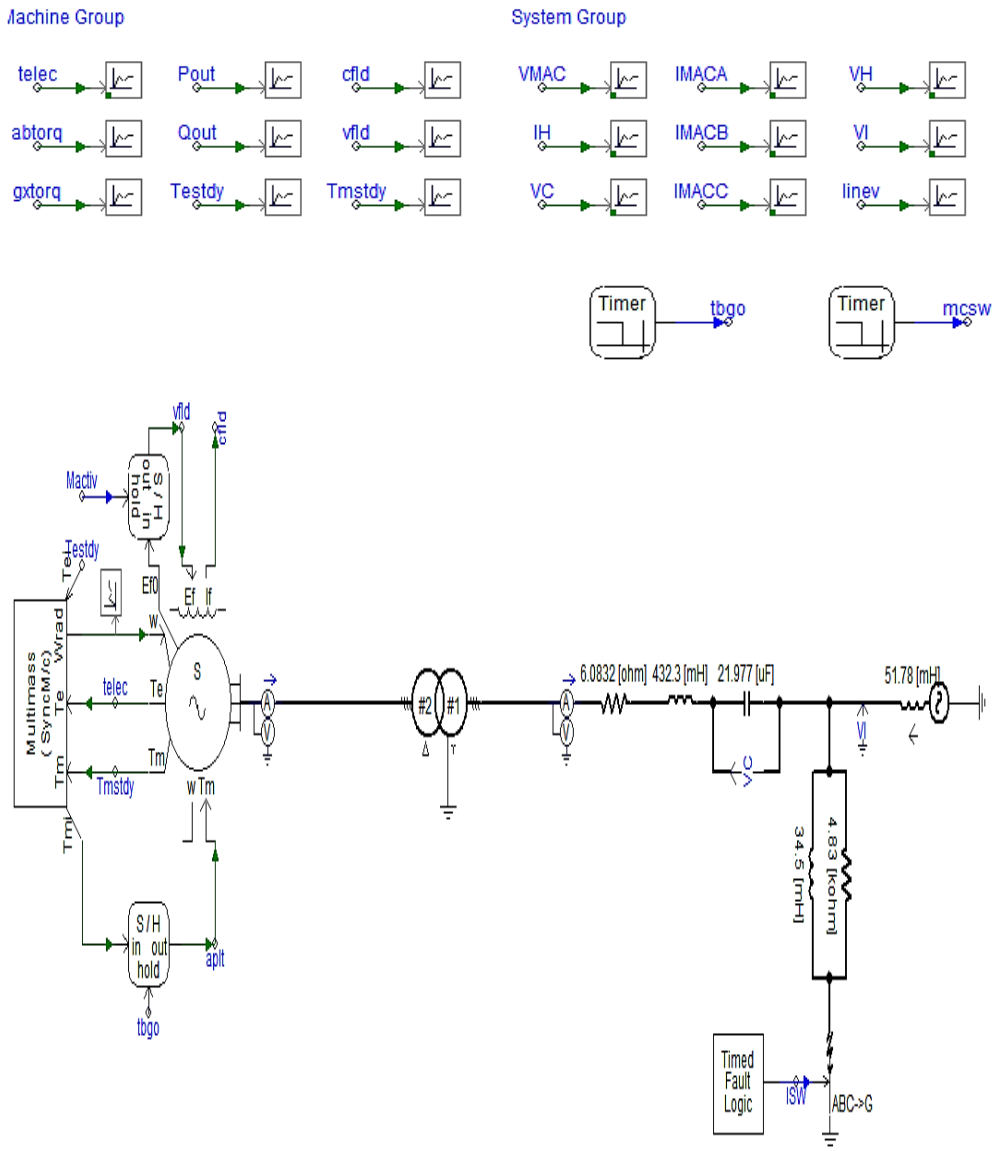
شبیه‌سازی رزونانس زیرسنکرون برای یک موتور سنکرون

۲۰– مقدمه

در این فصل شبیه‌سازی رزونانس زیرسنکرون برای یک موتور سنکرون مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

www.takbook.com

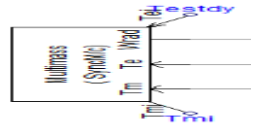
۲۰-۱- طرح مدار



(شکل ۱.۲۰): طرح مدار

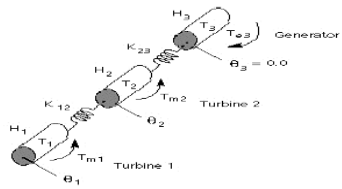
www.takbook.com

۲۰-۲- مدل شفت گردان چند مقداره



(شکل ۲.۲۰): مدل شفت گردان چند مقداره

زمانی که ماشین‌های سنکرون بزرگ در تقابل و کنش و واکنش با یک شبکه سیستم قدرت قرار گیرند اتفاق جالبی خواهد افتاد. حاصل می‌تواند یک رزونانس زیر سنکرون باشد (SSR) که می‌تواند شفت ماشین را به تکه‌هایی تقسیم کند. علت این عمل کنش و واکنش بین گشتاور مکانیکی روی توربین‌ها و گشتاور مقاوم الکتریکی تولید شده توسط سیستم قدرت می‌باشد. فشار گردشی حاصل، روی اتصال مکانیکی شفت که ترکیب شده با بسیاری از جرم‌هایی که در حال نوسان به عقب و جلو می‌باشند می‌تواند بسیار مخرب باشد. یک مدل با جزئیات زیاد از توربین و ژنراتور شفت مکانیکی که سیستم‌های مکانیکی و الکتریکی را به هم وصل می‌کند برای این پدیده مورد نیاز می‌باشد. دینامیک شفت و همچنین قسمت‌های گردان در شکل زیر نشان داده شده است.



(شکل ۳.۲۰): مدل شفت گردان چند مقداره

www.takbook.com

در شکل فوق داریم:

H : ثابت اینرسی

K : ثابت جهش و جابجایی شفت

Tm : گشتاور مکانیکی روی توربین‌ها

Te : گشتاور الکتریکی روی ژنراتورها

θ : زاویه قطعه (مرجع روی ژنراتور)

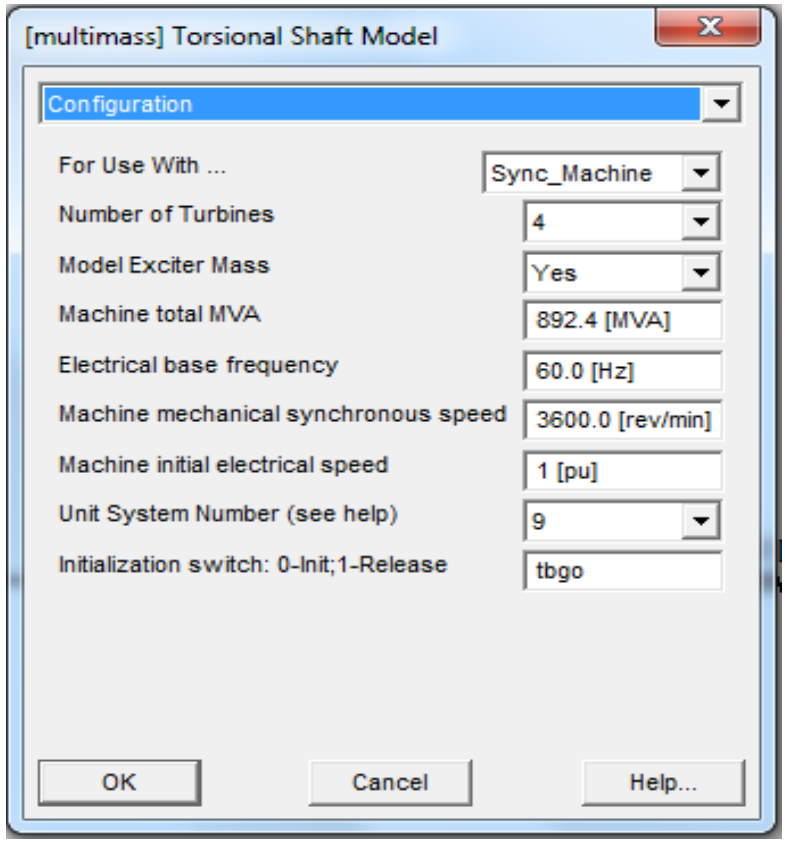
توجه داشته باشیم که خروجی مولتی‌مس، زمانی که رتور ماشین قفل می‌باشد لحاظ نمی‌گردد. همچنین مدل توربین مولتی‌مس ممکن است هنگامی که به طور آزاد تغییر حالت داده و شروع به کار می‌نماید همراه با ماشین آغاز به کار کند. در پنجره تنظیمات در زبانه Configuration در گزینه اول نوع ماشین را انتخاب می‌کنیم که به صورت سنکرون، القایی و DC می‌باشد. در دومین گزینه تنها نکته قابل توجه این است که اگر تعداد توربین‌ها را حداکثر یعنی ۵ مورد انتخاب نماییم قسمت تحریک کننده نمی‌تواند مدل گردد چرا که به این ترتیب این هفتمین قطعه خواهد بود.

گزینه Unit System Number : با توجه به جدول زیر اعداد یک تا ۱۰ را بر می‌گزینیم:

www.takbook.com

Unit System	Inertia Constant J_i or H_i	Mutual Damping MD_{ij}	Spring Constant K_{ij}	Torque Share TF_i	Self Damping SD_i
1	lb•ft•ft	-	lbf•ft/rad	p.u.	-
2	$in•lbf•s^2$	-	lbf•in/rad	p.u.	-
3	lb•in•in	-	lbf•in/rad	p.u.	-
4	H [s]	-	p.u.	p.u.	-
5	kg•m•m	-	N•m/rad	p.u.	-
6	lb•ft•ft	lbf•ft•s/rad	lbf•ft/rad	p.u.	lbf•ft•s/rad
7	$in•lbf•s^2$	lbf•in•s/rad	lbf•in/rad	p.u.	lbf•in•s/rad
8	lb•in•in	lbf•in•s/rad	lbf•in/rad	p.u.	lbf•in•s/rad
9	H [s]	p.u.	p.u.	p.u.	p.u.
10	kg•m•m	N•m•s/rad	N•m/rad	p.u.	N•m•s/rad

(شکل ۳.۲۰): Unit System Number

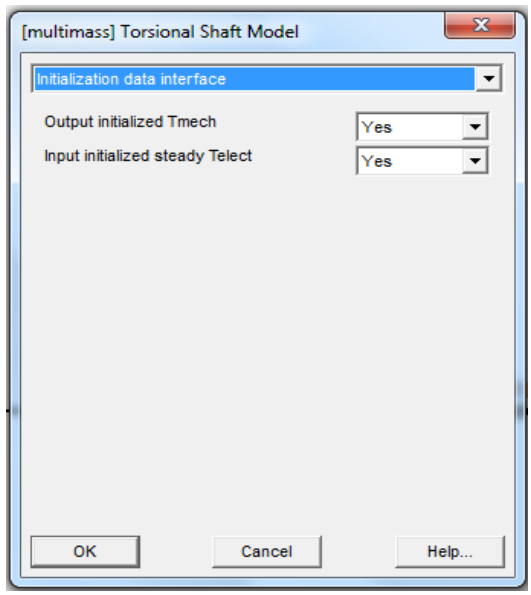


(شکل ۴.۲۰): تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

www.takbook.com

در زبانه initialization data interface در گزینه نخست می‌توانیم yes یا no را انتخاب نماییم. این ورودی برای آغاز به کار گاورنر توربین به کار می‌رود و فقط در صورتی قابل استفاده خواهد بود که در زبانه Configuration در گزینه نخست ماشین سنکرون انتخاب گردد.

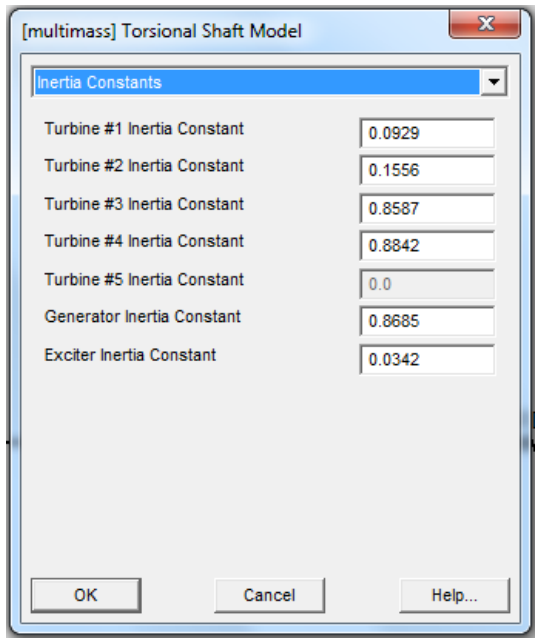
گزینه input initialized steady Telect : اگر گشتاور الکتریکی حالت ماندگار در دسترس باشد این مورد می‌تواند برای آغاز به کار مولتی‌مس مورد استفاده قرار گیرد و فقط هنگامی در دسترس می‌باشد که مانند مورد قبلی در زبانه Configuration در گزینه نخست ماشین سنکرون انتخاب گردد.



(شکل ۵.۲۰): تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

www.takbook.com

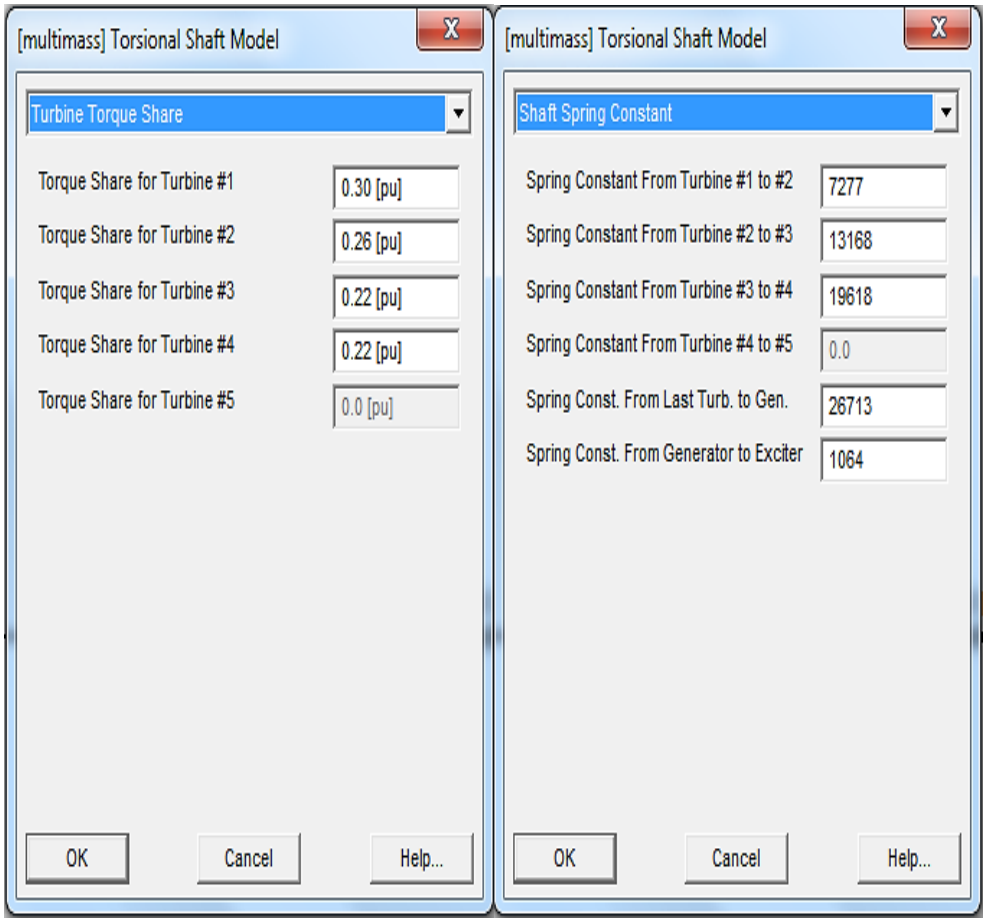
در پنجره زبانه زیر ثابت‌های لختی را برای موارد خواسته شده وارد می‌کنیم.



(شکل ۶.۲۰): تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

در پنجره زبانه Shaft spring constant ثابت گردشی شفت‌ها را برای موارد خواسته شده وارد می‌کنیم. البته در این مورد و مورد قبلی باید توجه نمود که مقادیر وارد شده باید دارای واحدهای مشخص شده در پارامتر ورودی باشد که در پنجره Configuration در گزینه Unit System Number داشتیم.

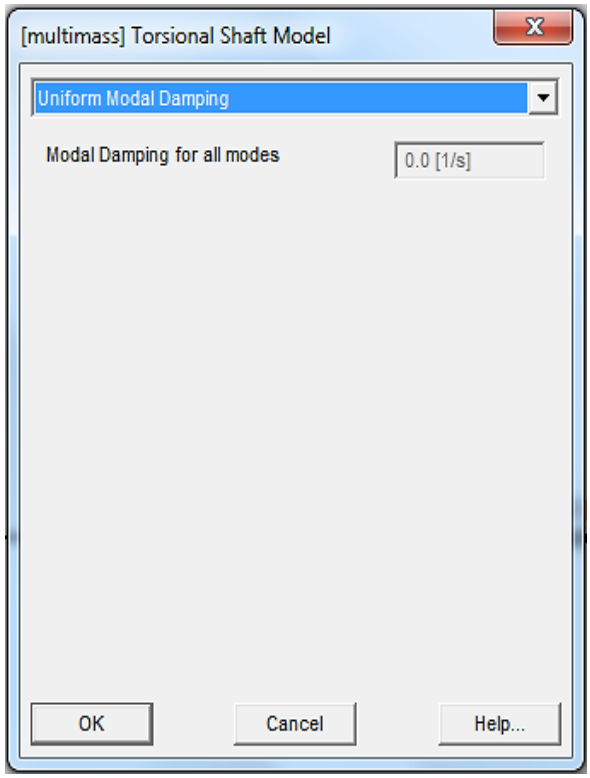
www.takbook.com



(شکل ۷.۲۰): تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

در پنجره Turbin Torque Share، کل گشتاور مکانیکی مورد استفاده برای سیستم مولتی‌مس ممکن است بین قطعات توربین توزیع گردد. هر توربین، سهمی از گشتاور مکانیکی کل را دریافت می‌نماید و این مفهوم تقسیم گشتاور می‌باشد. جمع این گشتاورهای تقسیم شده برای مجموع توربین‌ها باید به عدد ۱pu برسد.

www.takbook.com



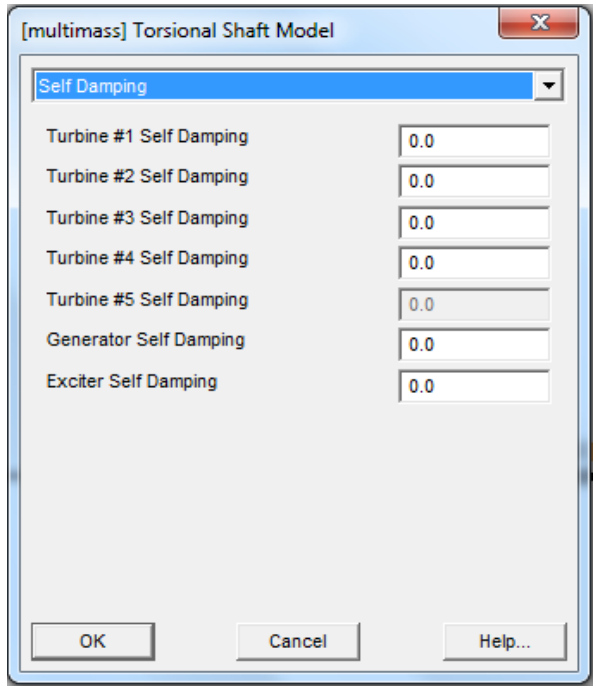
(شکل ۸.۲۰): : تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

در پنجره بالا یک فاکتور میراکننده یکسان را برای تمام حالت‌ها داریم. این ورودی تنها زمانی که گزینهUnit System Number در زبانه Configuration بین ۵-۱ باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. ثابت زمانی برای تمام این نوسانات مدل‌ها، معکوس این می‌باشد (۱/sec).

در زبانه Self Damping ضریب میراکننده خودی روی قطعه مناسب تولید گشتاور می‌کند که متناسب با سرعت قطعه می‌باشد. این برای تولید سایش و اصطکاک قطعه به

www.takbook.com

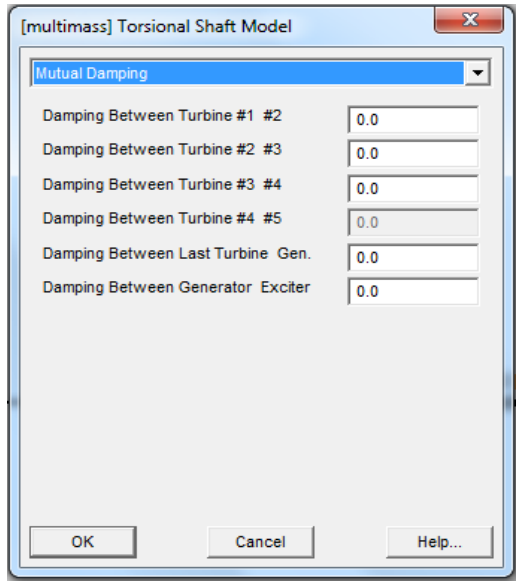
کار می‌رود. برای هر مورد این ضریب را وارد می‌کنیم. در ضمن باید توجه داشت که این ضریب باید در واحدهای مشخص شده در Unit System Number باشد.



(شکل ۹.۲۰): : تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

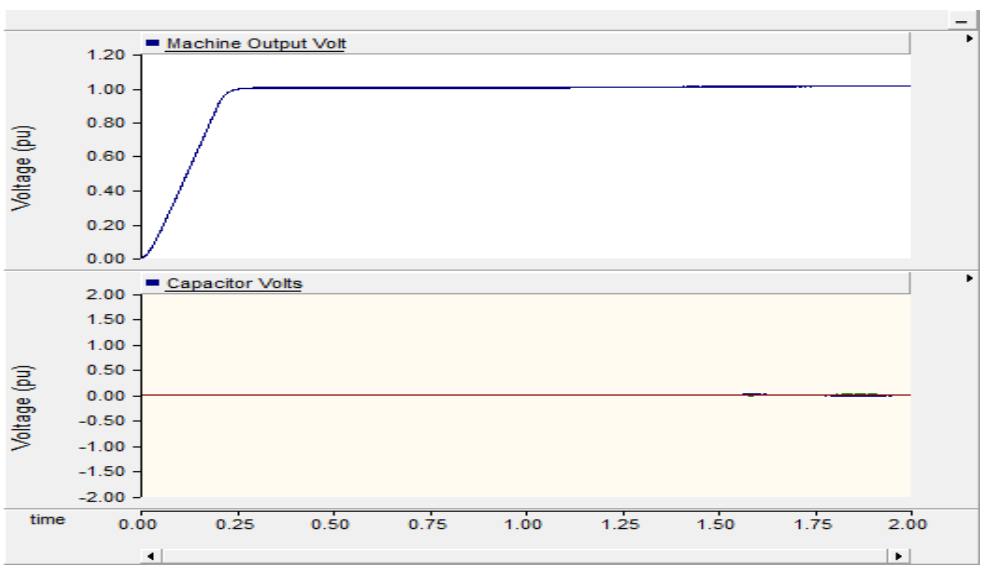
پنجره تنظیمات زبانه Mutual Damping : ضریب میرایی متقابل تولید یک گشتاور می‌کند که با اختلاف سرعت یک قطعه و قطعه بعدی متناسب است. به این ترتیب این نوع گشتاور در حالت ماندگار قابل استفاده نیست ولی نوسانات بین قطعات را میرا خواهد نمود. برای هر مورد می‌توان این ضریب را وارد نمود. همچنین باید توجه شود که این ضریب باید در واحدهای مشخص شده در Unit System Number باشد.

www.takbook.com

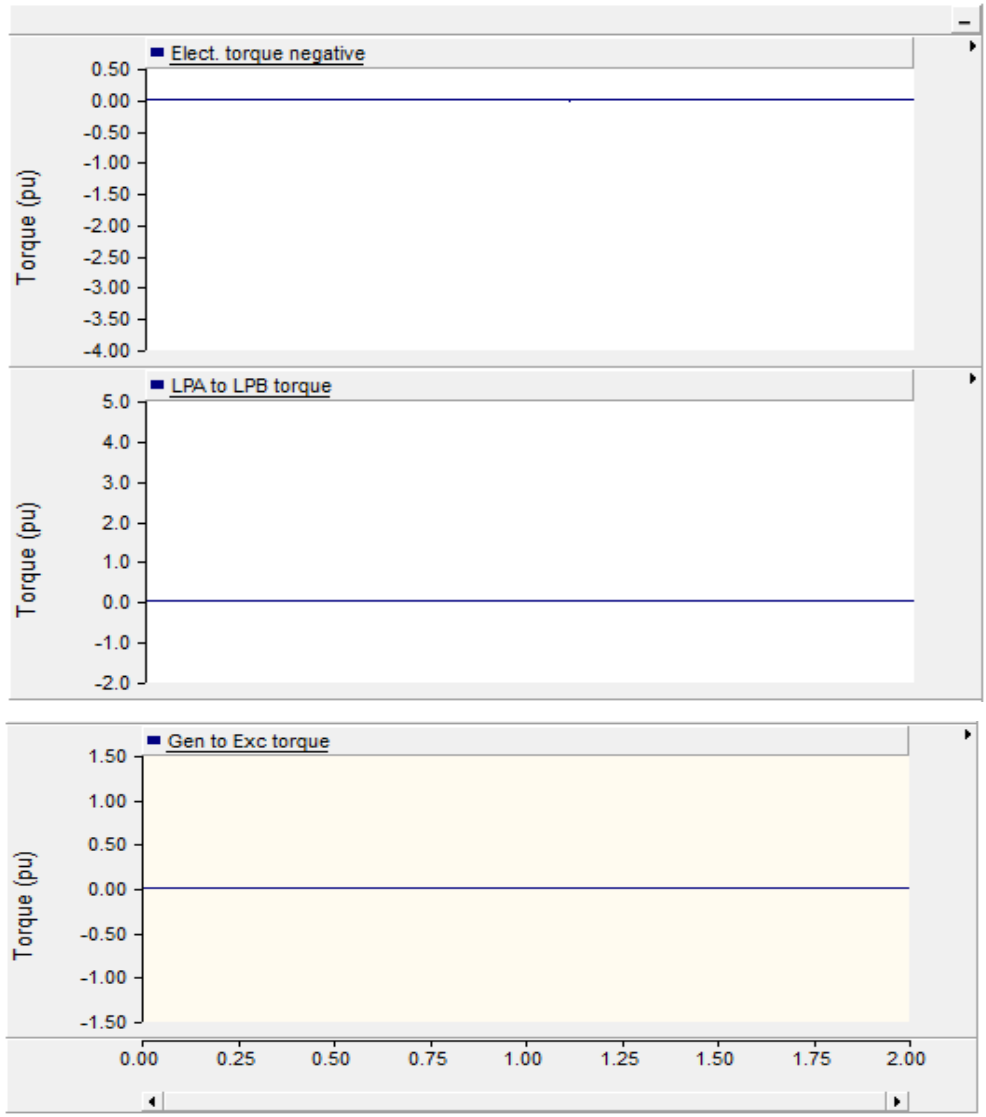


(شکل ۱۰.۲۰): : تنظیم مدل شفت گردان چند مقداره

۲۰-۳- شبیه‌سازی



www.takbook.com



(شکل ۱۱.۲۰): نتایج شبیه‌سازی

شبیه‌سازی رزونانس زیرسنکرون برای یک موتور سنکرون مورد بررسی قرار گرفت.

برای اطلاعات بیشتر از عملکرد مدار می‌توانید به کتاب‌های الکترونیک قدرت رجوع کنید.

www.takbook.com

۱- الکترونیک قدرت – دکتر رشید

۲- الکترونیک قدرت – دکتر اریکسون

۳- الکترونیک قدرت – دکتر هارت

۴- الکترونیک قدرت – دکتر موهان

۵- ماشین‌های الکتریکی – دکتر پی س سن

۶- ماشین‌های الکتریکی – دکتر بیم‌بهارا

۷- ماشین‌های الکتریکی – دکتر چاپمن

۸- ماشین‌های الکتریکی با کاربردهایی از الکترونیک قدرت – دکتر هاواری

۹- مبانی الکترونیک جلد ۱ و ۲ – دکتر میرعشقی

۱۰- مدارهای الکترونیک – دکتر گری‌می

www.takbook.com