

پیشگفتار مولف

از آنجائیکه امروزه استفاده از کامپیوتر و نرم‌افزار در همه علوم بویژه علوم مهندسی اهمیت فوق العاده‌ای پیدا کرده است، آشنایی و کار با نرم‌افزار بین‌المللی موثر سیستم‌های قدرت نیز امری حیاتی و ضروری است.

نرم‌افزار PSCAD که بلوک‌های متنوعی برای سیستم‌های قدرت دارد و برای توسعه شاخه این تحلیل یعنی حفاظت سیستم‌ها نیز می‌تواند بکار گرفته شود، ابزار بسیار مناسبی برای دانشجویان رشته مهندسی برق بویژه گرایش قدرت و متخصصین صنعت برق در اختیار قرار می‌دهد.

در این کتاب که برای دانشجویان سال آخر دوره کارشناسی مهندسی برق، دانشجویان کارشناسی ارشد قدرت و متخصصین صنعت برق تهیه شده است، ضمن شرح قابلیت‌های نرم‌افزار، بلوک‌های مختلف آن جهت استفاده کاربران تشریح شده است. علاوه بر آن مثال‌هایی از کاربرد این نرم‌افزار برای تحلیل شبکه قدرت و همچنین حفاظت‌های مختلف نظیر هماهنگی رله‌های اضافه جریان، تنظیم Zone‌های یک رله دیستانس و شبیه‌سازی عملکرد یک رله دیفرانسیل آورده شده است.

بنابراین دانشجویانی که درس قدرت مانند بررسی سیستم‌های قدرت ۱ و ۲، رله و حفاظت، بهره‌برداری سیستم‌های قدرت، حفاظت پیشرفته و سایر دروس مرتبط با سیستم‌های قدرت را دارند یا مطالعه این کتاب می‌تواند مباحث مربوطه را به راحتی و با استفاده از نرم‌افزار PSCAD پیاده سازی و تحلیل نمایند.

موارد مطرح شده در کتاب به صورت زیر در فصل‌های مختلف آورده شده است:

فصل اول - تاریخچه و کاربردهای نرم‌افزار PSCAD

فصل دوم - تئوری حل EMTDC

فصل سوم - محیط نرم‌افزار PSCAD

فصل چهارم - جزئیات ساخت یک پروژه

فصل پنجم - جزئیات طراحی بلوک‌ها

فصل ششم - رله‌ها در نرم‌افزار PSCAD

فصل هفتم - مرجع کدهای PSCAD

فصل هشتم - عیب‌یابی و Debugging

بعد از مطالعه این کتاب، دانشجویان و متخصصین دورنمای موثر و خوبی از تحلیل شبکه‌های قدرت و همچنین کاربرد PSCAD در حفاظت سیستم‌های قدرت بدست می‌آورند.

در اینجا لازم می‌دانیم از ریاست دانشگاه تفرش و مسئولین محترم انتشارات آن دانشگاه بواسطه انتشار کتاب حاضر تقدیر و تشکر داشته باشیم.

دکتر حسین عسکریان ابیانه - مهندس بهزاد صداقت - مهندس فرزاد رضوی

فهرست

فهرست	۱
(۱) فصل اول	۹
تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD	۹
مقدمه	۹
(۱-۱) PSCAD چیست؟	۱۰
(۲-۱) زمینه های آموزشی، مطالعاتی و تحقیقاتی	۱۱
(۳-۱) چرا PSCAD برای حفاظت سیستم های قدرت؟	۱۲
(۲) فصل دوم	۱۳
تئوری حل EMTDC	۱۳
مقدمه	۱۳
(۱-۲) تئوری تحلیل بخشی از یک شبکه	۱۴
(۳) فصل سوم	۱۷
محیط نرم افزار PSCAD	۱۷
مقدمه	۱۷
(۱-۳) حداقل امکانات سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای نصب PSCAD	۱۷
(۲-۳) اصطلاحات و تعاریف	۱۸
(۱-۲-۳) بلوک ها (Components)	۱۸
(۱-۱-۲-۳) تعاریف (Definitions)	۱۸
(۲-۱-۲-۳) نمونه ها (Instances)	۱۸
(۲-۲-۳) مدل ها (Modules)	۱۸
(۳-۲-۳) پروژه ها (Projects)	۱۹
(۱-۳-۲-۳) پروژه های موردی (Case)	۱۹
(۲-۳-۲-۳) پروژه های گتابخانه ای (Library)	۱۹
(۳-۳) محیط PSCAD	۱۹
(۱-۳-۳) زبانه انتخاب (Tab)	۲۱

۲۱	معرفی نوار ابزارهای موجود در پنجره اصلی	۲-۳-۳
۲۱	نوار ابزار اصلی (Main Toolbar)	۱-۲-۳-۳
۲۲	نوار ابزار چرخش (Rotation Bar)	۲-۲-۳-۳
۲۳	نوار ابزار وضعیت (Status Bar)	۳-۲-۳-۳
۲۳	نوار ابزار تنظیم (Setting Bar)	۴-۲-۳-۳
۲۳	معرفی جعبه ابزارهای موجود در پنجره اصلی	۳-۳-۳
۲۳	پالت الکتریکی (Electrical Palette)	۱-۳-۳-۳
۲۴	پالت کنترل (Control Palette)	۲-۳-۳-۳
۲۵	نوارابزارها و پالت‌های موجود در بخش ویرایشگر طراحی (Design Editor)	۴-۳-۳
۲۵	پالت گرافیکی (Graphic Palette)	۱-۴-۳-۳
۲۶	نوارابزار پارامترها (Parameters Bar)	۲-۴-۳-۳
۲۷	نوارابزار کدنویسی (Script Bar)	۳-۴-۳-۳
۲۷	فضای کاری (The Workspace)	۴-۳
۲۸	درخت پروژه (Project Tree)	۱-۴-۳
۲۸	شاخه صفحه اصلی (Main Page Branch)	۱-۱-۴-۳
۲۹	شاخه تعاریف (Definition Branch)	۲-۱-۴-۳
۳۲	شاخه ثبت اطلاعات (Record Branch)	۳-۱-۴-۳
۳۳	رکوردها (Records)	۴-۱-۴-۳
۳۴	رابط‌های گرافیکی (Observers)	۵-۱-۴-۳
۳۴	کتابخانه اصلی (Master Library)	۵-۳
۳۵	پنجره خروجی (Output Window)	۶-۳
۳۵	خطاها و اخطارها (Errors and Warnings)	۱-۱-۶-۳
۳۶	زبانه‌ها (Tabs)	۲-۱-۶-۳
۳۶	پیدا کردن محل خطا	۷-۳
۳۷	فصل چهارم	۴
۳۷	جزئیات ساخت یک پروژه	۳۷
۳۷	مقدمه	۳۷
۳۷	ایجاد یک پروژه جدید	۱-۴
۳۷	بارگذاری یک پروژه	۲-۴
۳۸	ثبت یک پروژه	۳-۴
۳۹	چاپ کردن صفحه‌های یک پروژه	۴-۴

۳۹	۵-۴ فعال کردن یک پروژه
۳۹	۶-۴ خروج از یک پروژه
۴۰	۷-۴ خروج از نرم افزار PSCAD
۴۰	۸-۴ شبیه سازی
۴۰	۱-۸-۴ اجرای شبیه سازی
۴۰	۲-۸-۴ تغییر طول زمان شبیه سازی، تغییر طول پله های محاسباتی
۴۱	۹-۴ پاک کردن فایل های موقتی
۴۲	۱۰-۴ ثبت خروجی بروی فایل
۴۲	۱۱-۴ تغییر پارامترهای یک نمونه از یک بلوک
۴۳	۱۲-۴ تغییر در ساختار یک بلوک
۴۳	۱۳-۴ تغییر در ساختار یک مدل (Module)
۴۳	۱۴-۴ بازگشت به صفحه اصلی پروژه از داخل یک مدل
۴۴	۱۵-۴ تغییر در جزئیات یک مدل (Module)
۴۴	۱-۱۵-۴ انتخاب نمایش (Display Options)
۴۵	۲-۱۵-۴ تولید کد (Code Generation)
۴۵	۱۶-۴ تغییر در جزئیات نمایش صفحه ها
۴۶	۱۷-۴ چاپ یک بخش خاص از مدارات و طرح ها
۴۶	۱۸-۴ اضافه کردن یک بلوک موجود در کتابخانه به صفحه
۴۸	۱۹-۴ اتصال بلوک ها و مدل ها به یکدیگر
۴۸	۲۰-۴ تغییر اندازه و جهت سیم ها
۴۸	۲۱-۴ انواع گره ها (Nodes) در PSCAD
۴۹	۲۲-۴ نمایش خروجی ها
۴۹	۱-۲۲-۴ نمایش خروجی ها به شکل منحنی (Curve)
۵۱	۱-۲۲-۴ انواع نمودارها
۵۱	۲-۲۲-۴ تغییر بزرگنمایی
۵۲	۳-۲۲-۴ تنظیم جزئیات نمایش قاب ها
۵۲	۲-۲۲-۴ نمایش خروجی ها بروی اندازه گیرها (Meters)
۵۲	۲۳-۴ اضافه کردن کنترل های همزمان (Online Controls)
۵۳	۲۴-۴ ساخت و ایجاد بلوک های (مدل ها) جدید
۵۳	۱-۲۴-۴ استفاده از جادوگر بلوک ها (Component Wizard)
۵۴	۱-۲۴-۴ مرحله اول (Step 1)
۵۵	۲-۲۴-۴ مرحله دوم (Step 2)
۵۶	۳-۲۴-۴ مرحله سوم (Step 3)

۵۷	مرحله چهارم (Step 4) (۴-۱-۲۴-۴)
۵۸	فصل پنجم
۵۸	جزئیات طراحی بلوک‌ها
۵۸	مقدمه
۵۸	۱-۵ ویرایشگر طراحی (Design Editor)
۵۸	۱-۱-۵ ویرایشگر تعریف یک مدل یا بلوک:
۵۹	۲-۱-۵ بازگشت به نمای مداری
۵۹	۳-۱-۵ بارگذاری دوباره
۵۹	۲-۵ بخش گرافیکی
۶۰	۱-۲-۵ اشکال گرافیکی (Graphic Objects)
۶۰	۱-۱-۲-۵ ایجاد یک شکل گرافیکی
۶۱	۲-۱-۲-۵ تغییر در مشخصات اشکال گرافیکی
۶۱	۳-۱-۲-۵ تغییر در شکل کمان
۶۱	۲-۲-۵ برچسب‌های متنی (Text Label)
۶۲	۱-۲-۲-۵ تغییر در مشخصات برچسب‌های متنی
۶۲	۳-۲-۵ اتصالات (Connections)
۶۳	۱-۳-۲-۵ اضافه کردن یک اتصال
۶۳	۲-۳-۲-۵ تغییر در مشخصات اتصالات
۶۴	۳-۵ بخش پارامترها
۶۴	۱-۳-۵ رسته‌ها (Categories)
۶۴	۱-۱-۳-۵ ایجاد یک رسته جدید
۶۵	۲-۱-۳-۵ نمایش رسته‌ها
۶۶	۳-۱-۳-۵ تنظیم ترتیب رسته‌ها
۶۶	۴-۱-۳-۵ پیش نمایش رسته‌ها
۶۷	۵-۱-۳-۵ تغییر در مشخصات رسته‌ها
۶۷	۶-۱-۳-۵ حذف یک رسته
۶۷	۲-۳-۵ فیلد متنی (Text Field)
۶۷	۱-۲-۳-۵ اضافه کردن فیلدهای متنی
۶۸	۲-۲-۳-۵ تغییر در مشخصات فیلدهای متنی
۶۹	۳-۳-۵ فیلد ورودی (Input Field)
۶۹	۱-۳-۳-۵ اضافه کردن فیلدهای ورودی

۶۹	تغییر در مشخصات فیلدهای ورودی	(۲-۳-۳-۵)
۷۱	ورودی‌های جعبه انتخابی (Choice Box)	(۴-۳-۵)
۷۱	اضافه کردن ورودی‌های جعبه انتخابی	(۱-۴-۳-۵)
۷۱	تغییر در مشخصات یک جعبه انتخابی	(۲-۴-۳-۵)
۷۲	اضافه کردن گزینه به جعبه انتخاب‌ها	(۳-۴-۳-۵)
۷۳	بخش کد نویسی	(۴-۵)
۷۴	قسمت‌ها (Segments)	(۱-۴-۵)
۷۴	اضافه کردن یک قسمت	(۱-۱-۴-۵)
۷۵	نمایش قسمت‌ها	(۲-۱-۴-۵)
۷۵	پاک کردن یک قسمت	(۳-۱-۴-۵)
۷۵	انواع قسمت‌ها	(۲-۴-۵)
۷۵	Computation	(۱-۲-۴-۵)
۷۶	Branch	(۲-۲-۴-۵)
۷۸	Fortran	(۳-۲-۴-۵)
۷۹	DSDYN	(۴-۲-۴-۵)
۷۹	DSOUT	(۵-۲-۴-۵)
۸۰	Checks	(۶-۲-۴-۵)
۸۰	Help	(۷-۲-۴-۵)
۸۰	Comments	(۸-۲-۴-۵)
۸۰	FlyBy	(۹-۲-۴-۵)
۸۲	Transformer	(۱۰-۲-۴-۵)
۸۲	Model-Data	(۱۱-۲-۴-۵)
۸۲	T-Lines	(۱۲-۲-۴-۵)
۸۳	Matrix-Fill	(۱۳-۲-۴-۵)
۸۴	فصل ششم	(۶)
۸۴	رله‌ها در نرم‌افزار PSCAD	
۸۴	مقدمه	
۸۴	انواع رله‌ها	(۱-۶)
۸۴	رله اضافه جریان	(۱-۱-۶)
۸۶	عنصر جهت یاب	(۲-۱-۶)
۹۱	رله‌های دیستانس	(۳-۱-۶)

۹۱	رله مهو (۱-۳-۱-۶)
۹۲	رله چهارگوش (۲-۳-۱-۶)
۹۲	رله با مشخصه لنز (۳-۳-۱-۶)
۹۳	رله با مشخصه سیبی شکل (۴-۳-۱-۶)
۹۴	رله‌های تشخیص نوسان توان (Out of Step) (۴-۱-۶)
۹۴	فیلتر توالی (۵-۱-۶)
۹۵	عناصر محاسبه امپدانس (۶-۱-۶)
۹۵	اندازه گیری امپدانس زمین: (۱-۶-۱-۶)
۹۶	اندازه گیری امپدانس خط به خط (۲-۶-۱-۶)
۱۰۲	رله دیفرانسیل (۷-۱-۶)
۱۰۶	عناصر دیگر (۲-۶)
۱۰۶	Ct ها: (۱-۲-۶)
۱۰۶	ترانسفورماتور ولتاژ خازنی (CVT): (۲-۲-۶)
۱۰۷	فصل هفتم (۷)
۱۰۷	مرجع کدهای PSCAD
۱۰۷	مقدمه
۱۰۷	فرآیند پیشین (THE PRE-PROCESSOR) (۱-۷)
۱۰۷	عملگرها (Operators) (۲-۷)
۱۰۸	عملگر پیشوندی جایگزینی (\$) (Substitution Prefix Operator) (۱-۲-۷)
۱۰۸	آکولادهای عبارتی (Expression Braces) {} (۲-۲-۷)
۱۰۹	اندیکاتور توضیح (!) (Comment Indicator) (۳-۲-۷)
۱۱۰	دایرکتیوها (Directives) (۳-۷)
۱۱۰	#STORAGE (۱-۳-۷)
۱۱۰	#LOCAL (۲-۳-۷)
۱۱۱	#FUNCTION (۳-۳-۷)
۱۱۲	#SUBROUTINE (۴-۳-۷)
۱۱۲	#OUTPUT (۵-۳-۷)
۱۱۳	#TRANSFORMERS (۶-۳-۷)
۱۱۴	#WINDINGS (۷-۳-۷)
۱۱۵	دایرکتیوهای #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF (۸-۳-۷)
۱۱۷	عملگر ادامه دهنده خط ~ (۴-۷)

۱۱۸.....	۵-۷) دایرکتیو شرطی #CASE
۱۱۹.....	۶-۷) ارزیابی عبارات (مرجع کلیه عبارات ریاضی، حسابی، منطقی و سه گانه)
۱۱۹.....	۷-۶-۱) عبارات ریاضی
۱۲۰.....	۷-۶-۲) عملگرهای حسابی
۱۲۱.....	۷-۶-۳) عملگرهای منطقی
۱۲۲.....	۷-۷) عملگر سه گانه Ternary
۱۲۳.....	۸) فصل هشتم
۱۲۳.....	عیب یابی و DEBUGGING
۱۲۳.....	مقدمه
۱۲۳.....	۸-۱) پنجره اخطار کانالهای خروجی
۱۲۳.....	۸-۲) پیامهای معمول در پنجره خروجی
۱۲۶.....	۸-۳) رنگ سیمها
۱۲۷.....	مراجع و مآخذ:

فصل اول

تاریخچه و کاربردهای نرم افزار PSCAD

مقدمه

نرم افزار PSCAD^۱ برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ ارائه شد و سیر تکاملی خود را به عنوان یک ابزار برای تولید فایل های اطلاعاتی برای نرم افزار شبیه ساز EMTDC آغاز کرد. نسخه های اولیه^۲ آزمایشی بودند. با اینحال این نرم افزار یک حرکت بزرگ رو به جلو در زمینه سرعت و قابلیت را آغاز کرد، در این نسخه کاربران EMTDC^۳ به جای اینکه از فایل های متنی به عنوان ورودی استفاده کنند، می توانستند شبکه و سیستم های مورد تحلیل خود را طراحی کنند.

نسخه دوم^۴ PSCAD به عنوان یک نرم افزار تجاری در سال ۱۹۹۴ بروی ساختار یونیکس معرفی شد، طراحی مدارات، رسم نمودارها به شکل همزمان با اجرا، کنترل و رسم نمودار به صورت جدا از اجرا، از امکانات قابل توجه این نسخه بود.

وقتی نسخه بعدی^۵ برای ساختار ویندوز در سال ۱۹۹۹ ارائه شد، دیگر PSCAD به یک سیستم شبیه سازی با فرم مدولار تبدیل شده بود. اکنون سیستم این قابلیت را داشت که بلوک هایی در آن طراحی شوند که این بلوک ها دارای اینتر کانکشن های مختلفی با یکدیگر داشته باشند، در عین اینکه به طور مبلوکا کامپایل می شوند و هر کدام دارای فضای اطلاعاتی مخصوص به خود باشند. این سیستم باعث بالا رفتن دقت و صحت شبیه سازی شد.

در عین حال نسخه شماره ۳ می توانست به طور کامل مجموعه ای از طراحی ها و سیستم های در حال اجرا را بوجود آورد. این اجتماع، محیطی مشترک و قابل درک برای طراحی و شبیه سازی ارائه داد.

نسخه چهارم^۶ توانست آخرین دست آوردهای شبیه سازی نرم افزاری شبکه های قدرت را ارائه دهد.

-
- 1 Power Systems Computer Aided Design
 - 2 Version 1
 - 3 Electromagnetic Transients including DC
 - 4 Version 2
 - 5 Version 3
 - 6 Version 4

در حالی که موتور شبیه ساز در طی سال‌ها تقریباً به طور کامل رشد کرده بود، اکنون وقت آن رسیده بود که ابزار طراحی در این نرم‌افزار پیشرفت کند. هدف ساخت نرم‌افزاری بود که همزمان، قدرتمند و ساده برای استفاده باشد. نسخه شماره ۴ در حالیکه ساختارهای جدید تصویری پنجره‌ای و نموداری را بوجود آورد، مدل‌های شبیه سازی قدرتمند گذشته را نیز نگاه داشت. ارائه جدیدی از دیگرام تک خطی و کامپایلر جدید باعث بهبود دقت و قابلیت اطمینان شبیه سازی شد. ویرایشگر جدید امکان طراحی، نگهداری و ویرایش راحتتر را بوجود آورد. به همین دلیل PSCAD یکی از بهترین و قدرتمند ترین نرم‌افزارهای تحلیل گذرای سیستم‌های قدرت می‌باشد. به طور خلاصه کار با PSCAD یعنی اشاره، کلیک و اجرا ...

۱-۱) PSCAD چیست؟

نرم‌افزاریست گرافیکی برای تحلیل گذرای سیستم‌های قدرت به کمک موتور شبیه ساز EMTDC بر اساس تئوری EMT^۷ به زبان Fortran. در این نرم‌افزار می‌توان مدارات مورد تحلیل را به صورت شماتیکی طراحی، شبیه سازی، اجرا و پاسخ‌ها را مورد آنالیز قرار داد. ضمناً اطلاعات در محیطی کاملاً گرافیکی ارائه می‌شود و می‌توان به طور همزمان نمودارها را رسم و متغیرهای سیستم را اندازه گیری و کنترل نمود. این نرم‌افزار دارای یک کتابخانه از مدل‌های پیش برنامه ریزی و تست شده است که شامل المان‌های پسیو ساده، کنترلرها و مدل‌های پیچیده شامل ماشین‌های الکتریکی، دستگاه‌های FACTS، خطوط انتقال و کابل‌ها می‌باشد. ضمناً اگر مدل خاصی وجود نداشت می‌توان با استفاده از امکانی که PSCAD در اختیار قرار می‌دهد این مدل را ساخت. این مدل‌ها در دو نوع مختلف وجود دارند، مدل گرافیکی که شامل اسمبل کردن المان‌های موجود در کتابخانه است و نوع دیگر، مدل‌های قابل تعریف به زبان Fortran می‌باشد.

برخی از مدل‌های موجود در PSCAD در زیر آمده است:

- مقاومت‌ها، سلف‌ها و خازن‌ها
- سیم پیچ‌های القا متقابل، مانند ترانسفورماتورها
- خطوط انتقال وابسته فرکانس (دقیق ترین مدل موجود برای خطوط انتقال در حوزه زمان)
- منابع ولتاژ و جریان
- کلیدها و مدار شکن‌ها^۸
- دیودها، تریستورها، GTOها

7 Electromagnetic Transients Program

8 Breakers

- کنترلرهای آنالوگ و دیجیتال
 - ماشینهای AC و DC، محرک‌ها، گاورنرها، پایدارکننده‌ها^{۱۰}، مدل‌های اینرسی و ...
 - المان‌های اندازه‌گیری
 - کنترل‌های از نوع AC و DC
 - HVDC، SVC و ...
 - مدل‌هایی از باد، توربین و گاورنرهای بادی
- ضمناً موتور شبیه ساز EMTDC، ۳۰ سال پیشرفت را تجربه کرده است. EMTDC موتور شبیه سازی بر اساس نیاز کاربر می‌باشد. به همین دلیل PSCAD، تبدیل به یک نرم‌افزار محبوب و قدرتمند در زمینه سیستم‌های قدرت در سطح جهان شد.

(۲-۱) زمینه‌های آموزشی، مطالعاتی و تحقیقاتی

- مطالعات آماری و احتمالی در مورد شبکه‌های AC شامل ماشینها، محرک‌ها، گاورنرها، توربین‌ها، ترانسفورماتورها، خطوط انتقال، کابلها و بارها.
- هماهنگی رله‌ها
- تاثیرات اشباع ترانسفورماتورها
- هماهنگی عایقی ترانسفورماتورها، مدارشکن‌ها و برق گیرها
- موج ضربه ترانسفورماتورها
- رزونانس‌های زیر سنکرون
- ارزیابی فیلترها و آنالیزهارمونیک‌ها
- طراحی سیستم‌های کنترلی و هماهنگی عناصر FACTS و HVDC
- طراحی بهینه پارامترهای کنترلی
- تحقیق در باره مدارها و کنترلرهای جدید
- صاعقه، اتصال کوتاه و عملکرد مدارشکن‌ها
- مطالعات پیشانی سریع^{۱۱} و پیشانی شیب دار^{۱۲}
- تحقیق درباره تاثیرات پالس ماشینهای دیزلی و توربین‌های بادی بر شبکه
- مطالعات حالات گذرا و انرژی توربین‌های بادی

9 Exciters

10 Stabilizers

¹¹ Fast front

¹² Steep front

۱-۳) چرا PSCAD برای حفاظت سیستم‌های قدرت؟

در نسخه جدید این نرم‌افزار، فصل رله‌ها، موجود در کتابخانه اصلی تکمیل شده است. این فصل شامل برخی از انواع رله‌های اضافه جریان، دیستانس و دیفرانسیل می‌باشد.

مطابقت این رله‌ها با موضوع درس و آزمایشگاه حفاظت و رله‌ها، امکان دسترسی و کار راحت‌تر با PSCAD، امکانات خود نرم‌افزار در بخش تحلیل و مطالعه در مورد عملکرد رله‌ها در شبکه، امکان شبیه سازی عملکرد رله‌ها و هماهنگی آنها از دلایل اصلی انتخاب این نرم‌افزار به عنوان نرم‌افزار آموزشی، مطالعاتی درس و آزمایشگاه است.

می‌توان از پروژه‌هایی که تا کنون در دروس مربوط به حفاظت و رله‌ها ارائه شده اند و بوسیله این نرم‌افزار قابل تحلیل و شبیه سازی بوده اند، نام برد:

- طراحی حفاظت یک پست
- طراحی حفاظت بخشی از موتورهای یک کارخانه
- بلوک هماهنگ کننده رله‌های جریان زیاد در شبکه‌های شعاعی
- تستر رله‌های اضافه جریان
- راه انداز رله دیستانس
- و ...

فصل دوم

تئوری حل EMTDC

مقدمه

روش‌های حل موجود در کامپایلر نرم‌افزار PSCAD یا همان EMTDC solution engine، بر اساس تئوری حل EMTP و مشابه آن می‌باشد. در این بخش به طور خلاصه این روش معرفی می‌شود.

روش‌های استفاده شده در EMTP از نظر توسعه دهندگان آن بهترین و مناسب ترین روش‌ها برای کاربردهای جامع در تحلیل گذرا بوده است. برای کاربردها و تحلیل‌های خاص شاید روش‌های بهتری نیز وجود داشته باشد. به عنوان مثال تبدیل فوریه روش مناسبی برای مطالعات اعوجاج و میرایی موج در طول خط در محدوده زمانی کوتاه است.

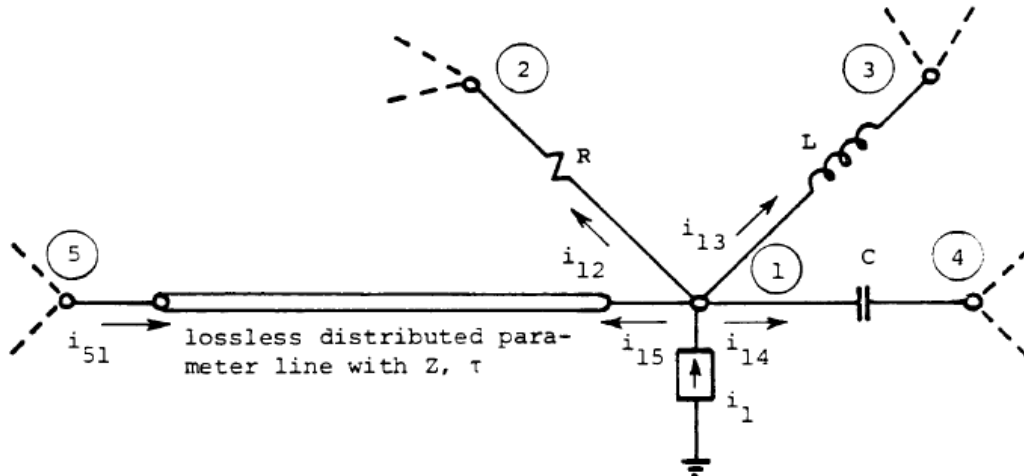
کاربرد روش‌های توسعه یافته موجود در EMTP به طور خاص مربوط به سیستم‌های قدرت می‌باشد، ولی بعضی از این روش‌ها می‌تواند در حوزه آنالیزهای الکترونیک نیز کاربرد داشته باشد. کامپیوترهای دیجیتال توانایی شبیه سازی پیوسته حالات گذرا را ندارند اما در فاصله زمانی گسسته (Δt) کامپیوترهای دیجیتال توانایی حل به روش‌های عددی را دارند. باید توجه داشت که همیشه امکان آن وجود دارد که خطا در هر پله زمانی با خطا در پله قبل جمع شود که این باعث واگرایی در پاسخ می‌شود. اکثر روش‌های موجود در EMTP و EMTDC از لحاظ عددی پایدار می‌باشند و از تجمع خطا جلوگیری می‌کنند.

در این بخش به طور خلاصه روش حل یک سیستم تک فاز مورد بحث قرار می‌گیرد و در صورت نیاز، خواننده می‌تواند به مراجع معرفی شده در انتهای فصل مراجعه کند.

همانطور که میدانیم روش تبدیل لاپلاس تکنیکی مناسب برای حل به روش دستی است. ولی برای سیستم‌های بزرگ به دلیل پیچیدگی کاربرد ندارد. روش‌های عددی به دلیل استفاده از کامپیوتر به عنوان محاسبه گر و توانایی در محاسبات با حجم بالا جایگزین روش آنالیز معادلات دیفرانسیل می‌شود.

۱-۲) تئوری تحلیل بخشی از یک شبکه

شکل زیر محدوده اطراف گره ۱ را نشان می‌دهد. فرض کنید که ولتاژها و جریان‌ها در زمان‌های $0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, t - \Delta t$ معلوم باشد. اکنون روش حل بایدولتاژها و جریان‌ها را در لحظه t محاسبه کند. در طول زمان همیشه مجموع جریان‌های خروجی برابر با جریان تزریقی به گره ۱ می‌باشد:



$$i_{12}(t) + i_{13}(t) + i_{14}(t) + i_{15}(t) = i_1(t) \quad \text{رابطه ۱-۲}$$

متغیرهای حالت در EMTP ولتاژهای گره‌ها می‌باشد. برای جریان‌ها لازم است رابطه‌ای بر اساس ولتاژ گره‌ها نوشته شود:
برای مقاومت،

$$i_{12} = \frac{1}{R} \{v_1(t) - v_2(t)\} \quad \text{رابطه ۲-۲}$$

برای القاگر با جایگزینی معادله دیفرانسیل به جای معادله دیفرانسیل، رابطه‌ای شبیه به رابطه مقاومت بدست می‌آید:

$$v = L \frac{di}{dt}$$

$$\frac{v(t) + v(t - \Delta t)}{2} = L \frac{i(t) - i(t - \Delta t)}{\Delta t} \quad \text{رابطه ۳-۲}$$

$$i_{13}(t) = \frac{\Delta t}{2L} \{v_1(t) - v_2(t)\} + hist_{13}(t - \Delta t)$$

در حالیکه تاریخچه یا همان hist در هر پله زمانی برابر است با:

$$hist_{13}(t - \Delta t) = i_{13}(t - \Delta t) + \frac{\Delta t}{2L} \{v_1(t - \Delta t) - v_3(t - \Delta t)\} \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

این بدان معناست که برای محاسبه جریان در هر لحظه نیاز به مقادیر عددی ولتاژهای گره‌ها در همان لحظه و جریان‌ها و ولتاژهای گره‌ها در لحظه قبل می‌باشد.
روابط مشابهی نیز برای خازن وجود دارد:

$$i_{14}(t) = \frac{2C}{\Delta t} \{v_1(t) - v_4(t)\} + hist_{14}(t - \Delta t) \quad \text{رابطه ۵-۲}$$

$$hist_{14}(t - \Delta t) = i_{14}(t - \Delta t) + \frac{2C}{\Delta t} \{v_1(t - \Delta t) - v_4(t - \Delta t)\} \quad \text{رابطه ۶-۲}$$

به همین ترتیب برای المان‌های دیگر نیز روابطی بدست می‌آید.
در نهایت برای کل سیستم را بطه ای نوشته می‌شود، درجه این ماتریس‌ها برابر با تعداد گره‌های موجود در کل شبکه می‌باشد:

$$[G][v(t)] = [i(t)] - [hist] \quad \text{رابطه ۷-۲}$$

که:

$[G]$ = ماتریس متقارن از اندوکتانس گره‌ها

$[V(t)]$ = بردار ولتاژ کل گره‌ها

$[i(t)]$ = بردار جریان کل گره‌ها
 $[hist]$ = بردار تاریخچه معلوم کل گره‌ها

معمولا بعضی از گره‌ها به دلیل اتصال منابع ولتاژ به آنها یا به دلیل اتصال به زمین دارای ولتاژهای معلومند. به همین دلیل رابطه ۷-۲ به دو بخش معلوم و مجهول تقسیم می‌شود. ولتاژهای مجهول بوسیله حل رابطه (۱,۵b) برای $[VA(t)]$ محاسبه می‌شود:

$$[G_{AA}][v_A(t)] = [i_A(t)] - [hist_A] - [G_{AB}][v_B(t)] \quad \text{رابطه ۸-۲}$$

در واقع اتفاقی که می‌افتد تا سیستم به پاسخ مناسب برسد به این شکل دنبال می‌شود: ابتدا ماتریس‌های $[GAA]$ و $[GAB]$ ساخته می‌شوند، سپس $[GAA]$ مثلثی می‌شود. در هر پله زمانی، بردارهای سمت راست رابطه ۸-۲ بر اساس مقادیر معلوم $hist$ و منابع ولتاژ و جریان معلوم ساخته می‌شود. سپس دستگاه معادلات خطی برای $[VA(t)]$ با استفاده از ماتریس مثلثی شده کندوکتانس حل می‌شود. قبل از ورود به پله بعدی محتوای بخش $hist$ رابطه ۶-۲ و رابطه ۴-۲ و... به روز رسانی می‌شوند تا در محاسبات بعدی مورد استفاده قرار بگیرند. به طور کلی برای محاسبه ولتاژ در هر گره در هر پله زمانی اطلاعات پله قبلی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در EMTDC و EMTD مقادیر اولیه در شروع پروسه شبیه سازی صفر فرض می‌شوند. در این حالت ابتدا مقادیر ماتریس‌ها صفر می‌شود. ولی بلافاصله مقادیر به مقادیر اولیه که باید شبیه سازی از آنجا آغاز شود، تغییر می‌کند.

فصل سوم

محیط نرم افزار PSCAD

مقدمه

نخستین نمایی که از نرم افزار PSCAD برای کاربر نمایان می شود، محیط این نرم افزار است. در این محیط پنجره های متفاوتی برای تسهیل در انجام شبیه سازی وجود دارد. این پنجره ها شامل فضای کاری، نوار ابزارها، جعبه ابزارها و پنجره خروجی می باشد.

در این بخش پس از ارائه حداقل امکانات سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای نصب PSCAD، تعاریف مهم در نرم افزار PSCAD، جزئیات پنجره ها و طریقه استفاده از آنها شرح داده می شود. برخی از این جزئیات تنها مربوط به نسخه شماره ۴ می باشد و در نسخه های دیگر موجود نیست.

پس از آشنایی اجمالی با محیط نرم افزار مثال هایی به شکل فیلم از ابتدایی ترین مسائل سیستم قدرت تا مدارات پیچیده تر ارائه می شود.

۳-۱) حداقل امکانات سخت افزاری و نرم افزاری مورد نیاز برای نصب PSCAD

امکانات مورد نیاز

رسته

پروسسور	حداقل 500 MHz - بهتر است از سرعت های بالاتر استفاده شود.
سیستم عامل	Windows 98, NT 4.0, ME, 2000 or XP
نرم افزارهای اضافه	نرم افزار کامپایلر رایگان فرترن - GNU Fortran می توان از 6 , 5 Visual Fortran نیز استفاده کرد.
حافظه (RAM)	64 MB - بهتر است بیشتر از 128 MB باشد.
فضای خالی بروی Hard disk	حداقل 100 MB - وقتی از نرم افزار استفاده می شود فضای بیشتر برای پروژه ها نیاز است.
صفحه نمایش	SVGA - حداقل رزولوشن 800x600
امکانات مورد نیاز دیگر	ماوس و CD-ROM

جزئیات نصب نرم افزار PSCAD به صورت فیلم در پوشه Film با نام Instalation.avi موجود می باشد.

۳-۲) اصطلاحات و تعاریف

۳-۲-۱) بلوک ها (Components)

یک بلوک (در اصطلاح دیگر یک بلوک) اساسا یک تمثیل گرافیکی از مدل یک دستگاه یا المان و مجموعه ای از مدارهایی است که PSCAD آنرا می سازد. معمولا بلوک ها برای انجام دادن یک تابع خاص طراحی می شوند که در انواع الکتریکی، کنترلی، متنی و تزیینی وجود دارند. این بلوک ها می توانند دارای ورودی و خروجی های متعددی باشند و همراه با بلوک ها دیگر تشکیل یک سیستم بزرگ دهند. مقادیر ثابت و متغیرهای داخلی آنها می تواند به طور دستی از بیرون بلوک نیز تنظیم شود.

۳-۲-۱-۱) تعاریف (Definitions)

تعاریف اساسا زیر مجموعه ای از بلوک ها هستند. که از طریق ویرایشگر طراحی قابل دسترسی می باشند. تعاریف شامل نمای گرافیکی، گره های اتصال، پنجره های محاوره ای و کد مدل می باشند. تعاریف بلوک ها در کتابخانه پروژه نگهداری می شوند. این تعاریف برای ساخت نمونه ای از یک بلوک برای استفاده در سیستم های طراحی شده استفاده می شود.

۳-۲-۱-۲) نمونه ها (Instances)

نمونه یک بلوک در حقیقت یک نسخه کپی از تعاریف همان بلوک است که در پروژه ها استفاده می شود. می توان از یک تعریف چند نمونه ساخت و هر کدام از آنها می توانند دارای مقادیر پارامتری خاص خود و حتی شکل و شمایل متفاوت باشند. ولی هر تغییری در تعریف آن بلوک موجب تغییر در کل نمونه ها می شود.

۳-۲-۲) مدل ها (Modules)

مدل ها نوع خاصی از یک بلوک می باشند که تابع اصلی آنها به جای کد برنامه نویسی بر اساس ترکیب بلوک ها دیگری که قبلا ساخته شده اند، می باشد. این مدل ها می توانند متشکل از مدل های دیگر باشند و یک ارتباط سلسله مراتبی را بوجود آورند. نام دیگر این مدل ها Sub Pages و یا Page Components می باشد. نکته قابل توجه اینست که تنها یک نمونه از یک مدل را می توان در پروژه استفاده کرد و مقادیر پارامترهای داخلی آنها را نمی توان به طور دستی از بیرون وارد کرد.

۳-۲-۳) پروژه‌ها (Projects)

کاربران PSCAD می‌توانند تمامی متعلقات یک شبیه سازی به بلوک خروجی‌های آنها را در یک فایل به نام Project نگه داری کنند. این فایل‌ها می‌توانند شامل تعاریف بلوک‌ها، منحنی‌های همزمان با اجرا، کنترل کننده‌ها و البته طرح و ساختار گرافیکی سیستم باشند. در این نرم‌افزار دو نوع پروژه وجود دارد:

۱-۳-۲-۳) پروژه‌های موردی (Case)

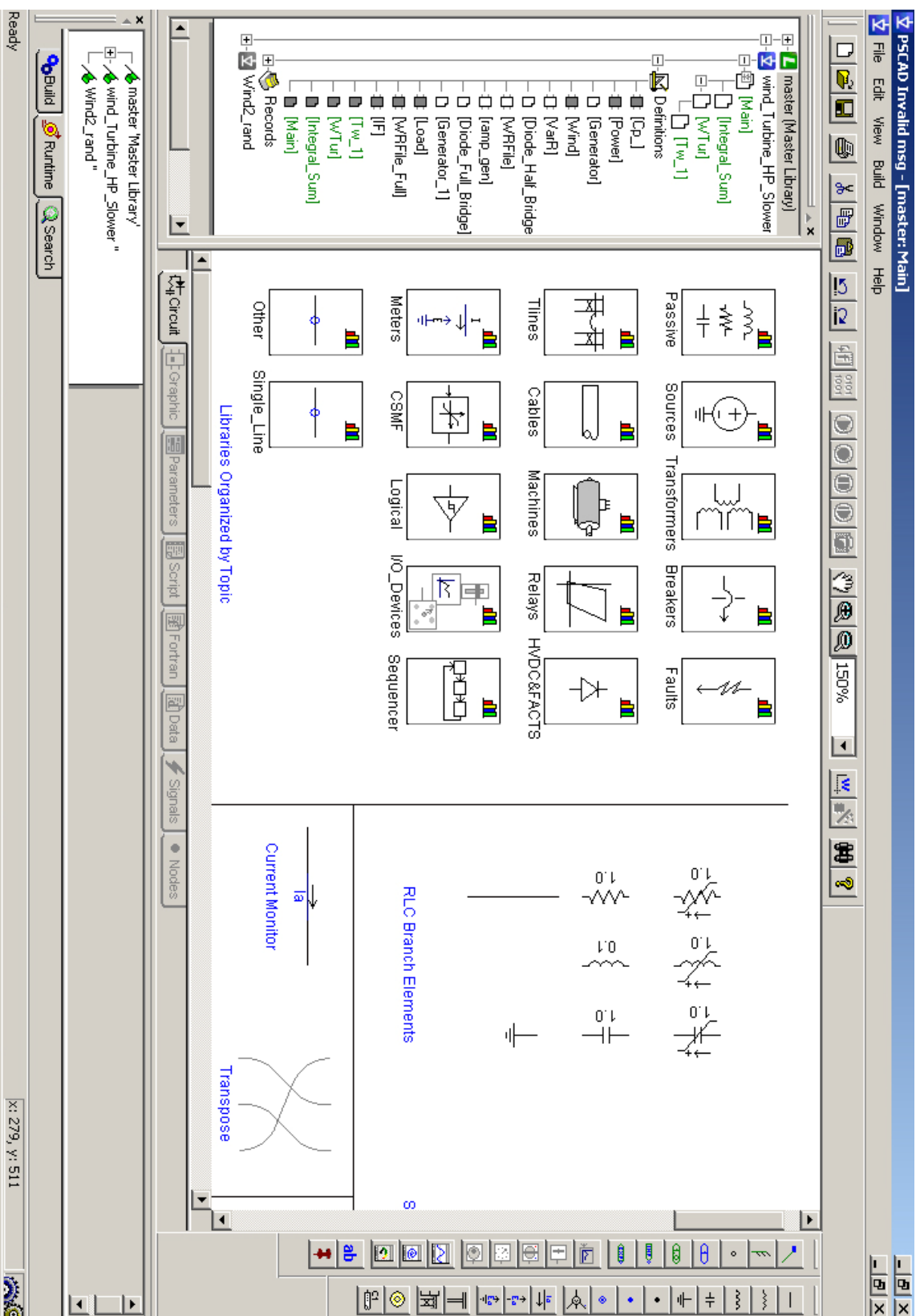
این پروژه‌ها در حقیقت محلی هستند که اکثر کارها در PSCAD در آنها انجام می‌شود. این پروژه‌ها می‌توانند کامپایل، ساخته و اجرا شوند. نتایج شبیه سازی می‌تواند به طور مستقیم درون این پروژه‌ها بوسیله اندازه گیرها و منحنی‌ها به نمایش در آیند. پسوند این فایل‌ها *.psc می‌باشد.

۲-۳-۲-۳) پروژه‌های کتابخانه‌ای (Library)

پروژه‌های کتابخانه‌ای شامل تعاریف بلوک‌ها و نمونه‌های قابل مشاهده بلوک‌ها می‌باشند. این تعاریف می‌توانند در تمامی پروژه‌های موردی قابل استفاده باشند، به شرطی که ابتدا پروژه کتابخانه‌ای و سپس پروژه موردی بارگذاری شود. این پروژه‌ها برخلاف پروژه‌های موردی خروجی ندارند و نمی‌توانند کامپایل یا اجرا شوند و تنها به عنوان یک کتابخانه مورد استفاده قرار می‌گیرند. پسوند این فایل‌ها *.psi می‌باشد.

۳-۳) محیط PSCAD

محیط نرم‌افزار در حقیقت همان پنجره ایست که کاربر با نرم‌افزار PSCAD ارتباط برقرار می‌کند. در بخش‌های بعدی هر یک از بلوک‌ها موجود در پنجره نرم‌افزار معرفی و سپس به وسیله مثال‌هایی کاربرد آنها مشخص می‌شوند.



۳-۳-۱) زبانه انتخاب (Tab)



- Circuit: صفحه طراحی مدارها
- Graphic: صفحه طراحی گرافیکی بلوک‌ها
- Parameters: صفحه تنظیم پارامترهای ورودی
- Fortran: کد فرتن نهایی پروژه
- Data: صفحه اصلی اطلاعات
- Signals: صفحه نمایشگر متغیرهای کنترلی
- Nodes: صفحه نمایشگر گره‌ها




۳-۳-۲) معرفی نوار ابزارهای موجود در پنجره اصلی


۳-۳-۲-۱) نوار ابزار اصلی (Main Toolbar)

دکمه	توضیح	توضیح
	ساخت یک پروژه جدید	Creates a new case project (*.psc file)
	فراخوانی یک پروژه موجود	Loads a case project (*.psc file)
	ثبت تغییرات در یک پروژه فعال	Saves changes to the active project (*.psc file)
	چاپ	Print current page
	بریدن بخش انتخاب شده	Cuts the current selection to the Windows clipboard
	کپی بخش انتخاب شده	Copies the current selection to the Windows clipboard
	چسباندن بخش کپی یا بریده شده	Pastes from the Windows clipboard
	برگشت به عقب	Undo
	دوباره انجام دادن	Redo
	کامپایل کردن	Compile (build) all modules (active project only)

Make project (active project only)	ساخت فایل پروژه	
Run simulation (active project only)	اجرای شبیه سازی	
Stop simulation (active project only)	قطع شبیه سازی	
Pause simulation (active project only)	توقف شبیه سازی	
Advances run by one time step (while pause is invoked)	اجرای پله پله شبیه سازی هنگامیکه دکمه توقف فعال باشد	
Take a snapshot	گرفتن یک تصویر	
Pan (dynamic scroll)	جابجایی صفحه با کمک حرکت ماوس	
Zoom in one step	بزرگ کردن	
Zoom out one step	کوچک کردن	
Zoom control list box	تنظیم بزرگ نمایی	
Invoke wire mode	اتصال سیم	
Create new component	ساخت یک بلوک جدید	
Launches Find feature	جستجو	
About PSCAD version	درباره PSCAD	

نوار ابزار چرخش (Rotation Bar) (۲-۲-۳-۳)




دکمه	توضیح	توضیح
	چرخاندن بخش انتخاب شده در جهت عکس عقربه‌های ساعت	Rotate selection counter-clockwise
	چرخاندن بخش انتخاب شده در جهت عقربه‌های ساعت	Rotate selection clockwise
	جابجایی بخش انتخاب شده به شکل آینه‌ای	Mirror selection

Flip selection	جابجایی بخش انتخاب شده به شکل از بالا به پایین	
----------------	--	---

نوار ابزار وضعیت (Status Bar) (۳-۲-۳-۳)




دکمه	توضیح	توضیح
	نشان دادن محل ماوس بر اساس X Y	Displays the mouse pointer X and Y coordinates while in either the Circuit, or the Graphic windows of the Design Editor (whichever is currently displayed).
	نشانگر اجرا و کامپایل پروژه	Indicates project is being compiled and built.
	نشانگر انجام شبیه سازی	Moving gears: Indicates that the simulation is running (Runtime).









نوار ابزار تنظیم (Setting Bar) (۴-۲-۳-۳)

دکمه	توضیح	توضیح
	تغییر در طول پله‌های زمانی منحنی‌های PSCAD	Change PSCAD plot step
	دکمه فهرست تنظیم‌ها	Control settings menu button
	لیست الگوهای تنظیم‌ها	Control settings template list






معرفی جعبه ابزارهای موجود در پنجره اصلی (۳-۳-۳)

پالت الکتریکی (Electrical Palette) (۱-۳-۳-۳)

دکمه	توضیح	توضیح
	افزودن سیم	Add wire
	افزودن مقاومت	Add resistor
	افزودن سلف	Add inductor

Add capacitor	افزودن خازن	
Add ground	افزودن زمین	
Add pin	افزودن PIN	
Add node label	افزودن گره	
Add external node (Xnode)	افزودن گره خارجی	
Add breakout	تبدیل دیاگرام تک خطی به سه فاز و بلعکس	
Add current meter	آمپر متر	
Add voltmeter	ولت متر	
Add voltmeter with ground	ولت متر نسبت به زمین	
Add a t-line configuration	افزودن تنظیمات خط انتقال	
Add a t-line interface	افزودن خط انتقال	
Add a cable configuration	افزودن تنظیمات کابل	
Add a cable interface	افزودن کابل	





پالت کنترل (Control Palette) (۲-۳-۳-۳)

دکمه	توضیح	توضیح
	افزودن انتخابگر اطلاعاتی	Add data tap
	افزودن ادغام گر اطلاعاتی	Add data merge
	افزودن برچسب اطلاعاتی	Add data label
	افزودن عدد صحیح ثابت	Add integer constant
	افزودن عدد حقیقی ثابت	Add real constant

Add import	افزودن ورودی اطلاعات	
Add export	افزودن خروجی اطلاعات	
Add output channel	افزودن کانال خروجی	
Add slider	افزودن لغزنده	
Add switch	افزودن کلید	
Add dial	افزودن صفحه شماره گیر	
Add pushbutton	افزودن دکمه فشاری	
Add graph frame	افزودن قاب منحنیها (رابطهای نموداری)	
Add XY plot	افزودن قاب منحنیهای دو متغیره	
Add control panel	افزودن صفحه کنترلی (رابطهای کنترلی و اندازه گیری)	
Add annotation box	افزودن متن	
Add sticky note	افزودن برگ یادداشت	

۴-۳-۳) نوار ابزارها و پالت‌های موجود در بخش ویرایشگر طراحی (Design Editor)

۱-۴-۳-۳) پالت گرافیکی (Graphic Palette)

دکمه	توضیح	توضیح
	بارگزاری دوباره از ثبت قبلی	Reload changes from last save
	بازگشت به صفحه اصلی	Return to circuit view
	ساخت لایه‌ها	Set layers
	مرئی و نامرئی کردن لایه‌ها	Show/Hide all layers

Add line	افزودن خط	
Add rectangle	افزودن چهارگوش	
Add ellipse	افزودن بیضی	
Add arc (90°)	افزودن کمان ۹۰ درجه	
Add arc (180°)	افزودن کمان ۱۸۰ درجه	
Add text label	افزودن متن	
Add connection node	افزودن اتصالات	
Default line colour	رنگ پیش فرض خطها	
Default line weight	کلفتی پیش فرض خطها	
Default line style	مدل پیش فرض خطها	
Default fill style	مدل پیش فرض رنگ محتوا	

نوار ابزار پارامترها (Parameters Bar) (۲-۴-۳-۳)

توضیح	توضیح	دکمه
Reload changes from last save	بارگزاری دوباره از ثبت قبلی	
Return to circuit view	بازگشت به صفحه اصلی	
Set layers	ساخت لایه‌ها	
Search for symbol names	جستجو	
Add new text field	افزودن فیلد متن	
Add new input field	افزودن فیلد ورودی	
Add new radio button choice group	افزودن دکمه رادیویی	

Add new drop list	افزودن فهرست پایین رونده	
Navigate category pages	انتخاب رسته‌ها	
Add new category	افزودن یک رسته	
View category properties	مشخصات رسته	
Delete category	پاک کردن رسته	
Move category up one level	انتقال یک رسته یک پله به بالا	
Move category down one level	انتقال یک رسته یک پله به پایین	
Move category to top	انتقال یک رسته به بالاترین محل	
Move category to bottom	انتقال یک رسته به پایین ترین محل	

نوار ابزار کدنویسی (Script Bar) (۳-۴-۳)

دکمه	توضیح	توضیح
	بارگزاری دوباره از ثبت قبلی	Reload changes from last save
	بازگشت به صفحه اصلی	Return to circuit view
	جستجو	Search for text
	جستجو و جایگزینی	Search for and replace text
	انتخاب صفحه کد	Navigate segments
	افزودن یک صفحه کد	Add new segment
	پاک کردن صفحه کد	Delete segment




۳-۴) فضای کاری (The Workspace)

در حقیقت همان درخت پروژه می‌باشد. فضای کاری شامل لیستی از تمام پروژه‌های موردی، مدل‌ها، تعاریف بلوک‌ها و پروژه‌های کتابخانه‌ای که بارگذاری شده اند می‌باشد. در PSCAD این

امکان وجود دارد که بیش از یک پروژه بارگذاری شود ولی تنها یک پروژه موردی می‌تواند فعال باشد. پروژه فعال پروژه ایست که شبیه سازی و اجرا می‌شود.

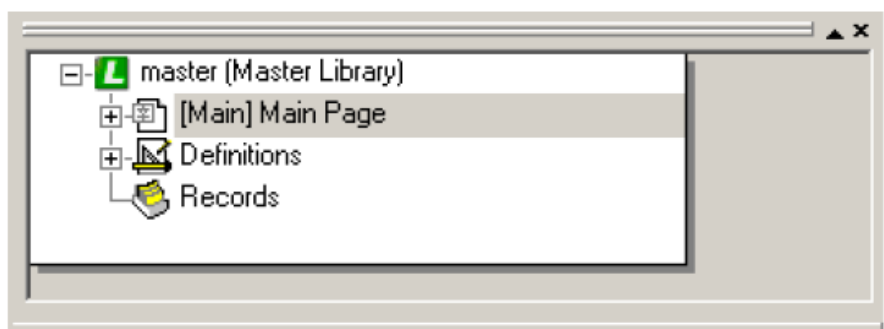


کتابخانه اصلی Main Library همیشه اولین پروژه ایست که بارگذاری می‌شود. درخت پروژه امکان دسترسی مستقیم به بلوک‌ها، تعاریف و مدل‌ها را ایجاد می‌کند. در صورتیکه بروی هر کدام از مدل‌ها دو بار کلیک شود مستقیماً وارد نمای مداری آن می‌شوید. از آیکون‌های متفاوتی برای نشان دادن پروژه‌های کتابخانه‌ای، پروژه‌های موردی فعال و غیر فعال استفاده می‌شود:

-  پروژه ی کتابخانه
-  پروژه ی غیر فعال موردی (خاکستری رنگ)
-  پروژه ی فعال موردی (آبی رنگ)

۳-۴-۱) درخت پروژه (Project Tree)

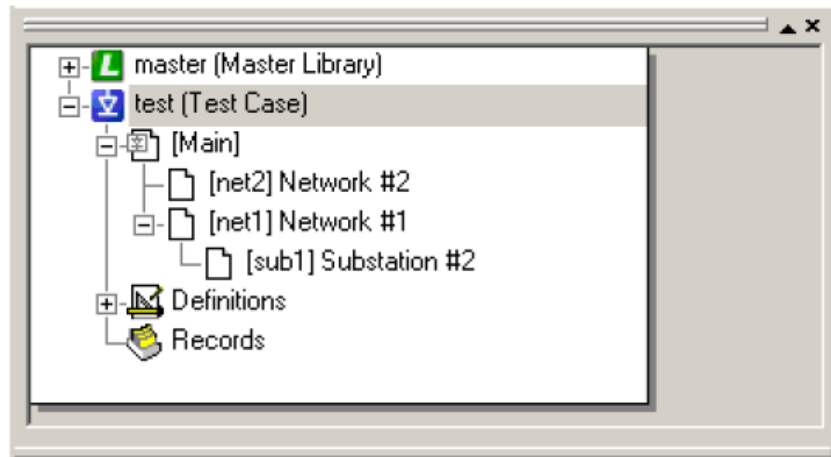
هر پروژه‌ای که در فضای کاری وجود دارد، دارای اطلاعات تعاریف موجود در پروژه، اطلاعات ثبت شده و سلسه مراتب مدل‌ها می‌باشد که در ساختارهای درختی مرتب شده‌اند.



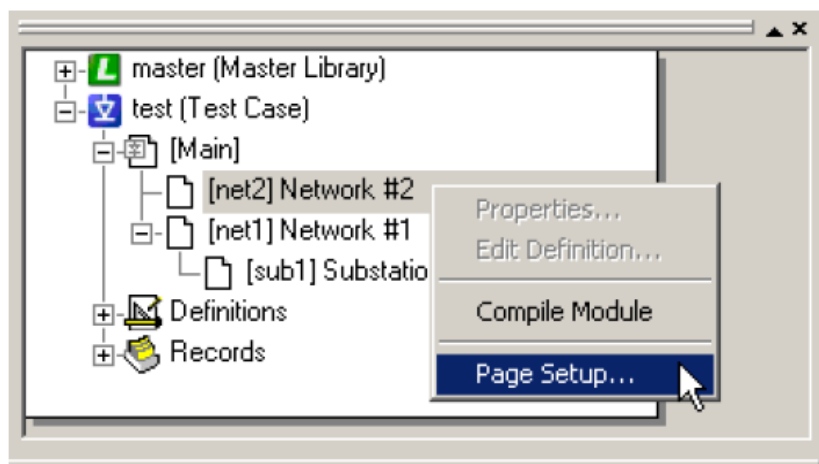
برای باز کردن هر زیر شاخه بروی علامت [+] و برای بستن آن بروی علامت [-] کلیک کنید.

۳-۴-۱-۱) شاخه صفحه اصلی (Main Page Branch)



در این شاخه کلیه مدل‌هایی که در یک پروژه تعریف شده اند و مربوط به صفحه اصلی می‌باشند به شکل سلسله مراتبی وجود دارند.



با دو بار کلیک کردن بروی هر کدام از مدل‌ها مستقیماً وارد نمای مداری مدل واقع در ویرایشگر طراحی می‌شویم. با کلیک راست بروی آن می‌توانیم مدل‌ها را کامپایل کرده و یا مشخصات صفحه آنرا تغییر دهیم.



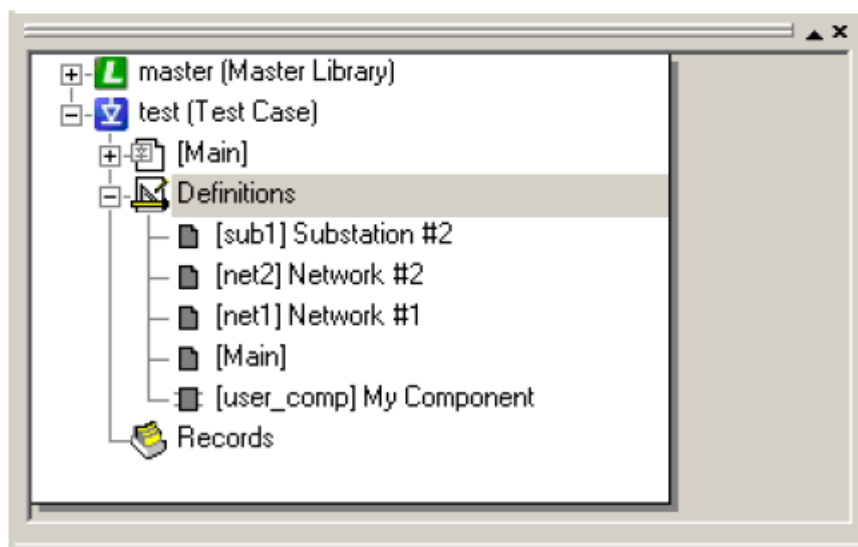
از آیکون‌های متفاوتی برای نشان دادن صفحه اصلی و مدل‌ها استفاده می‌شود:

-  صفحه اصلی (Main Page)
-  مدل (Module)

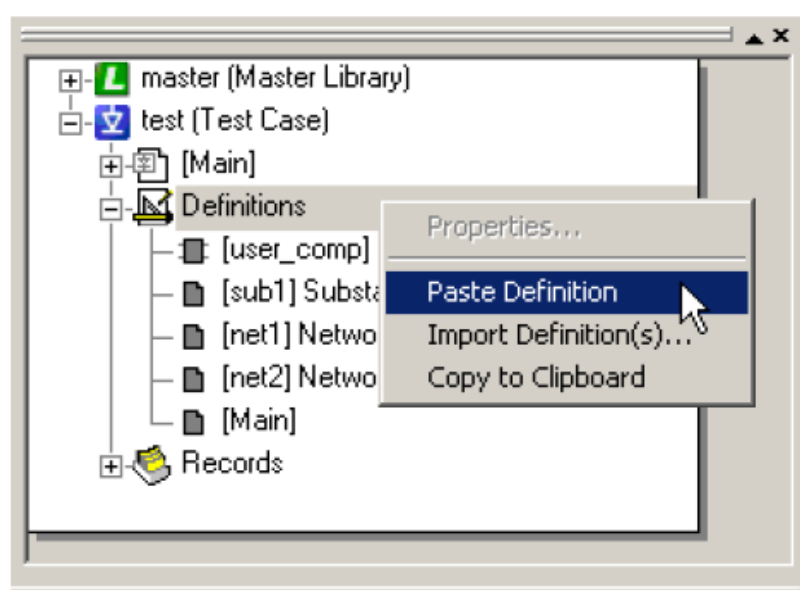
۳-۴-۲) شاخه تعاریف (Definition Branch)

این شاخه شامل لیست کلیه تعاریف بلوک‌ها می‌باشد که تنها در پروژه مورد نظر تعریف شده اند. به طور مثال نمونه‌های موجود در کتابخانه اصلی در این بخش وجود ندارند.

بخش داخل کروشه نشان دهنده نام فایل (ID) هر تعریف و بخش مقابل آن توضیحی درباره همان تعریف می‌باشد. با دو بار کلیک کردن بروی تعریف بلوک‌ها به طور مستقیم وارد پنجره گرافیکی از ویرایشگر طراحی می‌شویم.

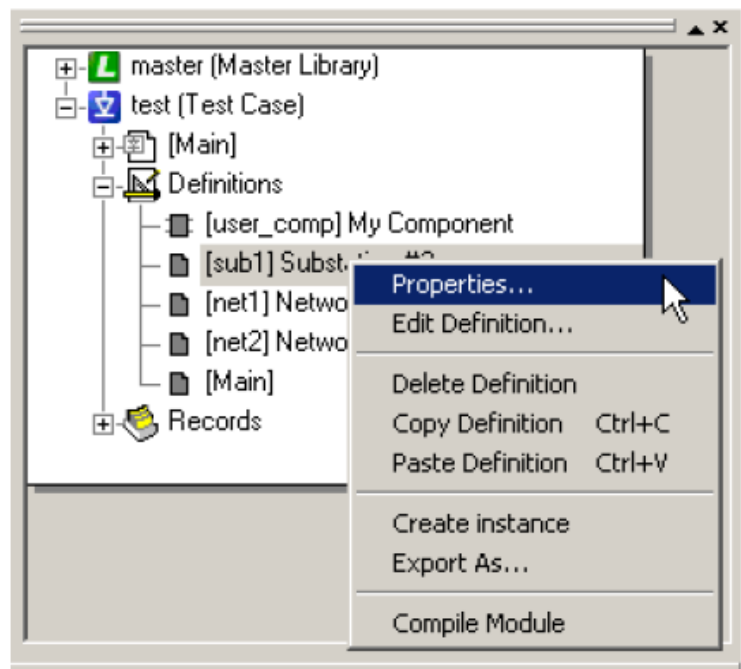


اگر بروی شاخه اصلی تعریف کلیک راست شود، فهرست زیر نمایان می‌شود:






- هریک از این گزینه‌ها کاربرد مخصوص به خود دارند که در زیر آمده است:
- **Paste Definitions:** برای چسباندن یک تعریف است که قبلاً از پروژه‌ای دیگر که بار گذاری شده است، کپی شده باشد.
- **Import Definitions:** برای وارد کردن یک تعریف که قبلاً با نام *.cmp ثبت شده باشد.

اگر بروی هر يك از تعاریف بلوك‌ها کلیک راست شود فهرست زیر نمایان می‌شود:



- هریک از این گزینه‌ها کاربرد مخصوص به خود دارند که در زیر آمده است:
- **Properties:** برای ویرایش نام فایل (ID) و تعریف آن می‌باشد.
- **Edit Definition:** برای ویرایش تعریف بلوک موردنظر استفاده می‌شود.
- **Delete Definition:** برای حذف کردن یک تعریف استفاده می‌شود.
- **Paste Definition:** برای چسبانیدن یک تعریف به درخت موجود می‌باشد.
- **Creat Instance:** برای ساخت یک نمونه از تعریف یک بلوک برای استفاده در صفحه اصلی از این گزینه استفاده می‌شود. به این منظور نمونه ساخت شده باید به صفحه اصلی چسبانده شود.
- **Export As...:** برای ثبت یک تعریف به شکل یک فایل با پسوند *.cmp* استفاده می‌شود.
- **Compile Module:** برای کامپایل یک تعریف به طور جداگانه از بقیه پروژه استفاده می‌شود. فایل‌های ساخته شده در بخش ویرایشگر طراحی قابل رویت هستند. ضمناً آیکون‌هایی با طراحی متفاوت نمایشگر بلوک‌ها و مدل‌ها می‌باشند:

-  تعریف یک بلوک (بدون نمونه)
-  تعریف یک بلوک (دارای یک یا بیشتر نمونه)
-  تعریف یک مدل (بدون نمونه)

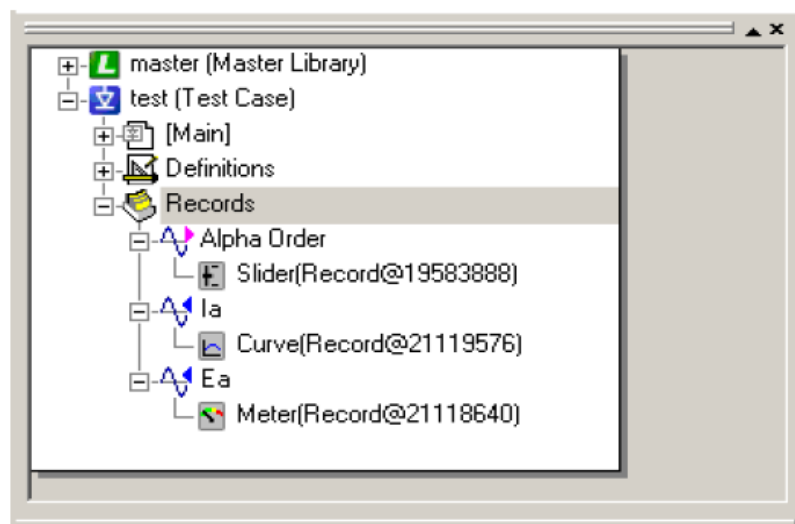
• تعریف یک مدل (دارای یک یا بیشتر نمونه)

۳-۴-۳ شاخه ثبت اطلاعات (Record Branch)

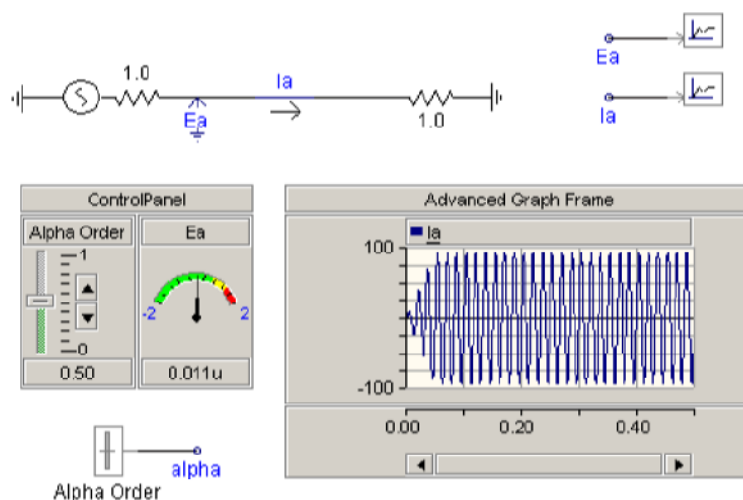
این شاخه شامل کلیه رکوردهای اطلاعاتی موجود در یک پروژه خاص می‌باشد. هر بار که کانال‌های خروجی و کنترل‌های همزمان به پروژه اضافه شوند، رکورد متناظر با آنها نیز به این شاخه اضافه و هر بار که حذف شوند رکورد آنها نیز حذف می‌شود.

کلیه کانال‌های خروجی و کنترل‌های همزمان، می‌توانند در پروژه وجود داشته باشند، حتی اگر رابط‌های نموداری، اندازه‌گیری و کنترلی وجود نداشته باشند.

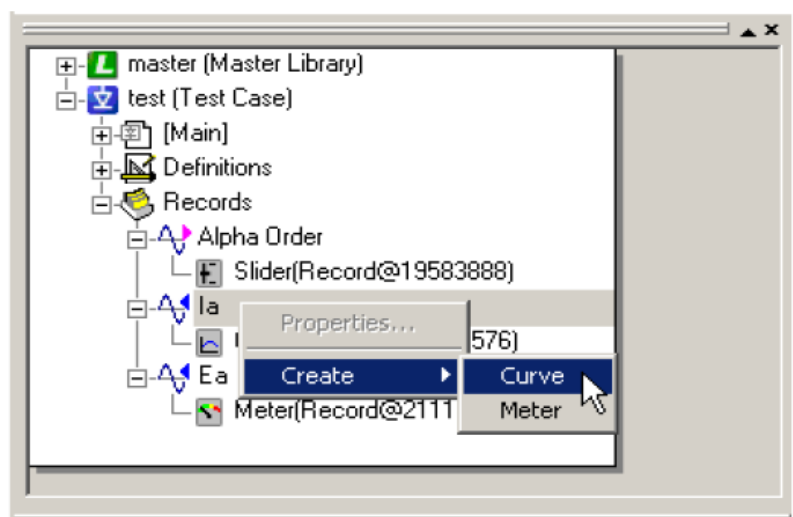
شکل زیر نشان دهنده شاخه رکورد برای پروژه تست می‌باشد که در اینجا یک کنترل همزمان به نام Alpha Order و دو کانال خروجی به نام‌های Ea و Ia وجود دارند. زیر شاخه هرکدام از اینها نشان دهنده نوع کنترل یا خروجی‌ها می‌باشد. مثلاً Alpha Order یک لغزنده، Ia یک منحنی و Ea یک اندازه‌گیر (Meter) می‌باشد.



شاخه فوق مربوط به یک مدار مطابق شکل زیر می‌باشد:








اگر بروی هر یک از زیر شاخه کلیک راست شود فهرستی مطابق شکل زیر نمایان می‌شود. می‌توان هر کدام از گزینه‌ها را انتخاب و بروی صفحه اصلی چسباند.



شکل آیکون‌ها طوری طراحی شده اند که قابل تشخیص باشند:

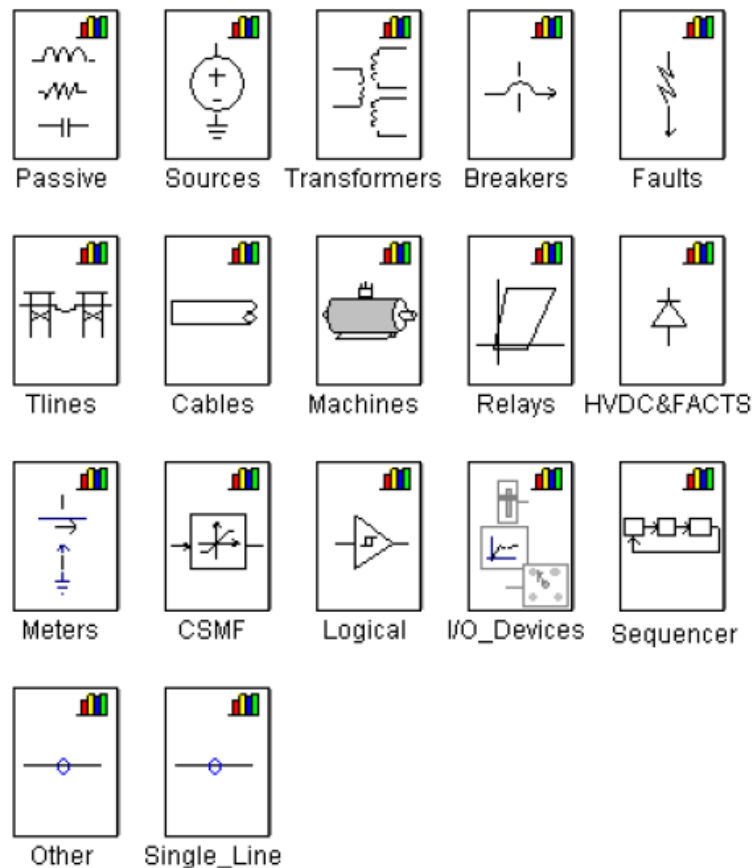
۴-۱-۴-۳ رگوردها (Records)

- رگورد منحنی
- رگورد کنترل

-  منحنی
-  اندازه گیر
-  کنترل بوسیله لغزنده
-  کنترل بوسیله صفحه شماره گیر
-  کنترل بوسیله کلید یا دکمه فشاری

۳-۵) کتابخانه اصلی (Master Library)

همیشه اولین پروژه موجود در لیست درختی، کتابخانه اصلی می باشد. این کتابخانه شامل کلیه المان هایست که برای ساخت اکثر مدارات و سیستم ها استفاده می شود. برای باز کردن فهرست اصلی بروی سر شاخه آن دو بار کلیک کنید. فهرست اصلی کتابخانه بروی پنجره اصلی PSCAD نمایان می شود:

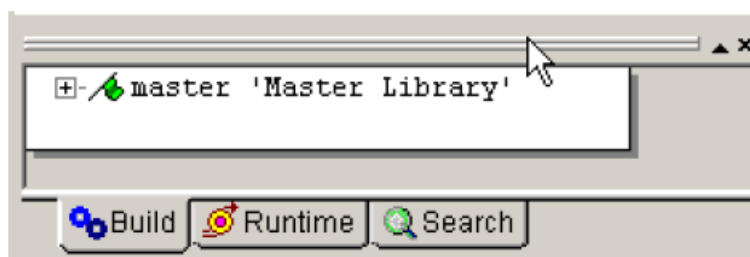


می‌توان با دو بار کلیک بر روی هر یک از آیکون‌ها وارد شاخه مورد نظر شد. ضمناً در همان صفحه اول در کنار فهرست، اکثر المان‌های کتابخانه موجود است. به طور کلی کلیه مدل‌ها و المان‌ها در کتابخانه مرتب شده‌اند. برای استفاده از عناصر موجود دو راه وجود دارد:

۱. کپی هر عنصر و چسباندن آن بروی صفحه، ۲. استفاده از زیر شاخه‌های موجود در درخت اصلی کتابخانه، ساخت یک نمونه و چسباندن آن به صفحه طراحی مدارات.

۳-۶) پنجره خروجی (Output Window)

نام دیگر آن درخت پیام است. پنجره خروجی محلی برای دسترسی ساده به رابط‌هایی است که نشان دهنده خطاها و پس خورها می‌باشد. کلیه پیام‌های خطا و اخطار که توسط بلوک‌ها، PSCAD و یا EMTDC تولید شده باشند در دو بخش پیام‌های ساخت (Build) و پیام‌های زمان اجرا (RunTime) نشان داده و تقسیم بندی می‌شوند.



زبان سوم نیز برای جستجو و نمایش نتایج آن می‌باشد.

۳-۶-۱) خطاها و اخطارها (Errors and Warnings)

تفاوت در رنگ پیام‌های موجود در پنجره خروجی نشان دهنده نوع آنها می‌باشد:

- صحیح 
- اخطار 
- خطا 

پیام‌های اخطار، ساخت و اجرای شبیه سازی را دچار اختلال نمی‌کنند، یعنی شبیه سازی بدون توجه به این اخطارها انجام می‌شود. اما این اخطارها می‌توانند نتایج شبیه سازی را دچار اشکال کنند.

در صورتیکه خطایی در زمان ساخت و اجرا وجود داشته باشد، ساخت و اجرای شبیه سازی بلافاصله قطع می‌شود. کاربر باید ابتدا محل خطا را مشخص و سپس آنرا عیب یابی کند، پس از آن دوباره شبیه سازی را آغاز کند. (برای توضیحات بیشتر به فصل نهم مراجعه کنید)

- Build: محل نمایش کلیه پیام‌های خطا و اخطار ناشی از ساخت فایل‌های Fortran.
- Data و Map هر پروژه می‌باشد.
- این پیام‌ها می‌توانند مربوط به بلوک‌ها یا خود PSCAD باشند.
- Runtime: محل نمایش کلیه پیام‌های خطا و اخطار زمان اجرای شبیه سازی که توسط EMTDC انجام می‌شود. این نوع پیام‌ها در حالت کلی به خاطر ساختار آنها و توانایی آنها در ایجاد ناپایدار عددی مهم تر هستند.
- Search: در صورتیکه مشکلی در سیستم وجود داشته باشد. می‌توان بوسیله امکان جستجو محل آنرا پیدا کرد.

۳-۷) پیدا کردن محل خطا

یک روش ساده برای پیدا کردن محل خطا وجود دارد به این ترتیب که در پنجره خروجی بروی پیام خطا دو بار کلیک می‌کنیم. PSCAD به طور اتوماتیک محل خطا را پیدا کرده و بوسیله یک فلش آنرا نشان می‌دهد.



فصل چهارم

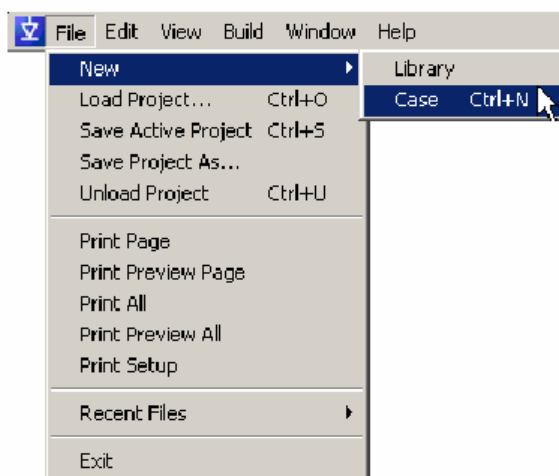
جزئیات ساخت یک پروژه

مقدمه

در این بخش جزئیات اساسی که برای شبیه سازی پروژه‌ها در مراحل اولیه کاربرد دارد، نظیر ایجاد، بارگذاری، نمودار خروجی، تغییر مشخصات و ... پروژه ارائه می‌شود.

۴-۱) ایجاد یک پروژه جدید

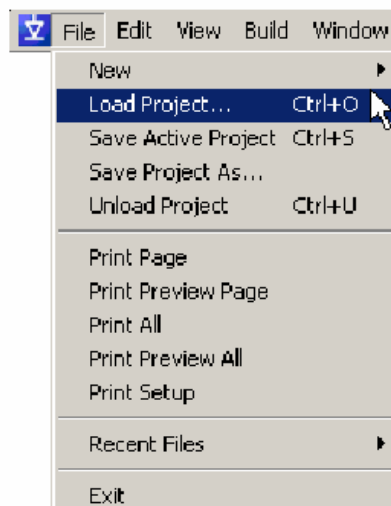
ایجاد یک پروژه جدید از نوع کتابخانه‌ای یا موردی از مسیر زیر انجام می‌شود.



۴-۲) بارگذاری یک پروژه

بارگذاری پروژه‌هایی که قبلاً ثبت شده اند، چه موردی و چه کتابخانه‌ای، از مسیر File|Load Project انجام می‌شود.

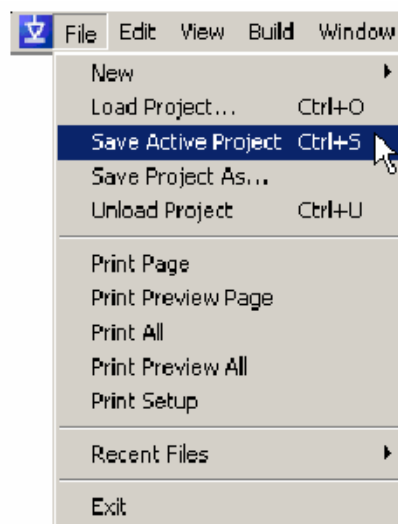
پروژه‌هایی که قبلاً بارگذاری شده اند چه باز باشند و چه بسته شده باشند در لیست File|Recent Files وجود دارند.



۴-۳) ثبت یک پروژه

برای ثبت یک پروژه دو راه وجود دارد،

- پروژه مورد نظر را از فضای کاری انتخاب کرده، بروی آیکون آن کلیک راست کنید و گزینه Save را انتخاب کنید.
- از مسیر File|Save Active Project آنرا ثبت کنید. دقت داشته باشید در این حالت فقط پروژه فعال ثبت می‌شود.



برای ثبت یک پروژه با نام دیگر دو راه وجود دارد،

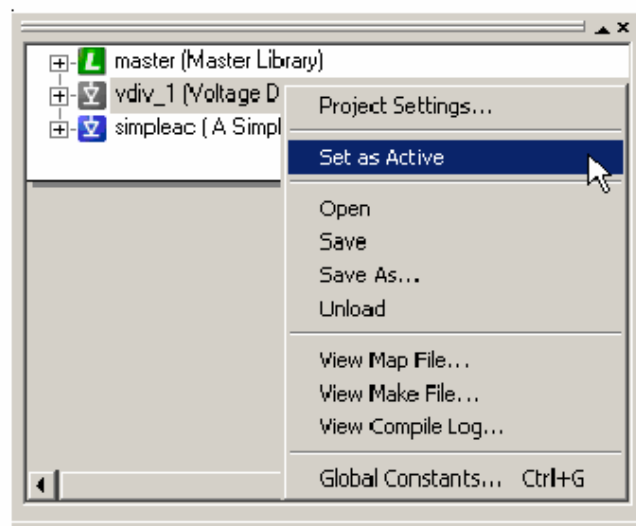
- پروژه مورد نظر را از فضای کاری انتخاب کرده، بروی آیکون آن کلیک راست کنید و گزینه Save As را انتخاب کنید.
- از مسیر File|Save Active Project As آنرا ثبت کنید. دقت داشته باشید در این حالت فقط پروژه فعال ثبت می‌شود.

۴-۴) چاپ کردن صفحه‌های یک پروژه

چاپ کلیه مدارات و صفحات یک پروژه، از مسیر File|Print All انجام می‌شود.
چاپ مدارات صفحه‌ای از یک پروژه که باز شده است، از مسیر File|Print Page انجام می‌شود.
مشاهده نمونه چاپی کلیه مدارات و صفحات یک پروژه، از مسیر File|Print Preview All انجام می‌شود.
مشاهده نمونه چاپی مدارات صفحه‌ای از یک پروژه که باز شده است، از مسیر Preview Page File|Print انجام می‌شود.

۴-۵) فعال کردن یک پروژه

در حالتی که چند پروژه در لیست فضای کاری وجود داشته باشد (به جای یک پروژه)، برای فعال کردن پروژه مورد نظر، بروی آیکن اصلی پروژه کلیک راست کرده و گزینه Set As Active را انتخاب کنید.



۴-۶) خروج از یک پروژه


- برای خارج کردن یک پروژه از فهرست فضای کاری دو راه وجود دارد:
- پروژه مورد نظر را با دو بار کلیک بروی آن انتخاب کرده، از مسیر File|Unload Project آنرا ببندید.
 - بروی آیکن اصلی پروژه مورد نظر کلیک راست کرده و گزینه Unload را انتخاب کنید.

۴-۷) خروج از نرم افزار PSCAD


خروج از نرم افزار از مسیر File|Exit انجام می شود.

۴-۸) شبیه سازی

۴-۸-۱) اجرای شبیه سازی

پس از بارگذاری پروژه مورد نظر بروی آیکون اصلی آن که با علامت پروژه فعال مشخص شده دو بار کلیک کنید. پس از باز شدن پنجره اصلی پروژه، کلید  فعال می شود. برای اجرای شبیه سازی بروی آن کلیک کنید.

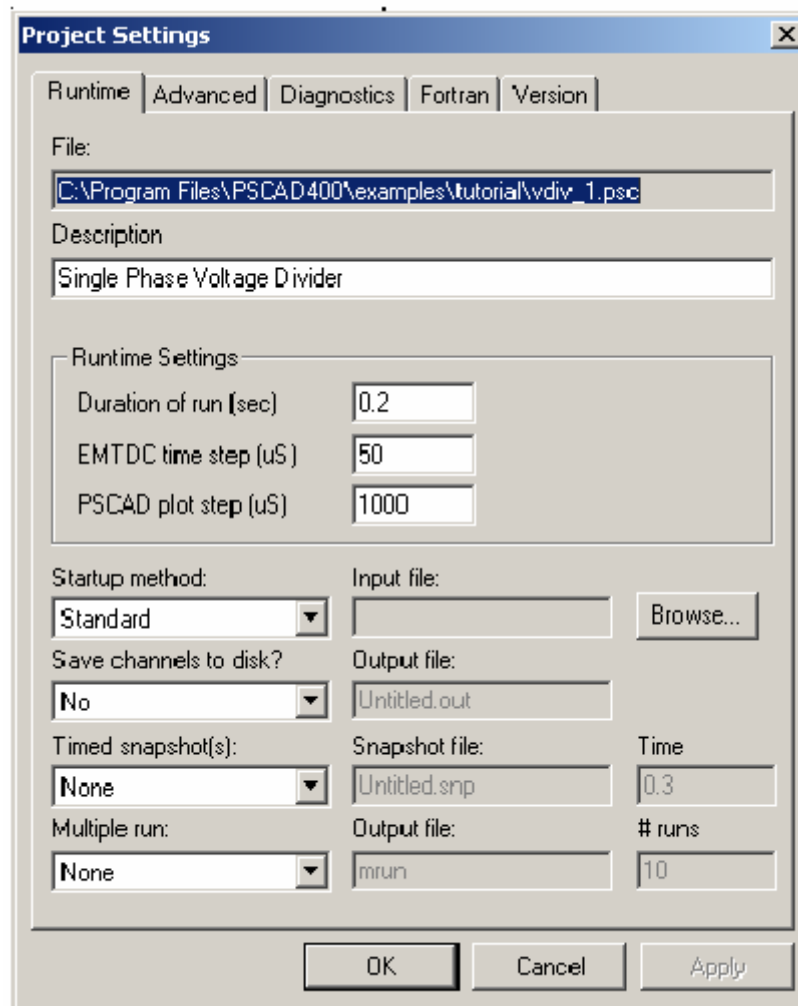
با باز شدن یک پنجره، شبیه سازی آغاز می شود، توجه کنید پنجره خود بخود بسته می شود و نباید آنرا ببندید.

هنگام شبیه سازی می توانید با کلیک بر دکمه  آنرا متوقف کنید و با دکمه  آنرا قطع کنید.

جزئیات ساخت و شبیه سازی در پنجره خروجی نمایان می شود.

۴-۸-۲) تغییر طول زمان شبیه سازی، تغییر طول پله های محاسباتی

بروی آیکون اصلی پروژه کلیک راست کنید، از داخل فهرست Project Settings را انتخاب کنید. روش دیگر اینست که ابتدا صفحه اصلی هر پروژه را با دو بار کلیک بروی آیکون اصلی آن باز کرده و بروی صفحه اصلی کلیک راست کنید، سپس گزینه Project Settings را انتخاب کنید.

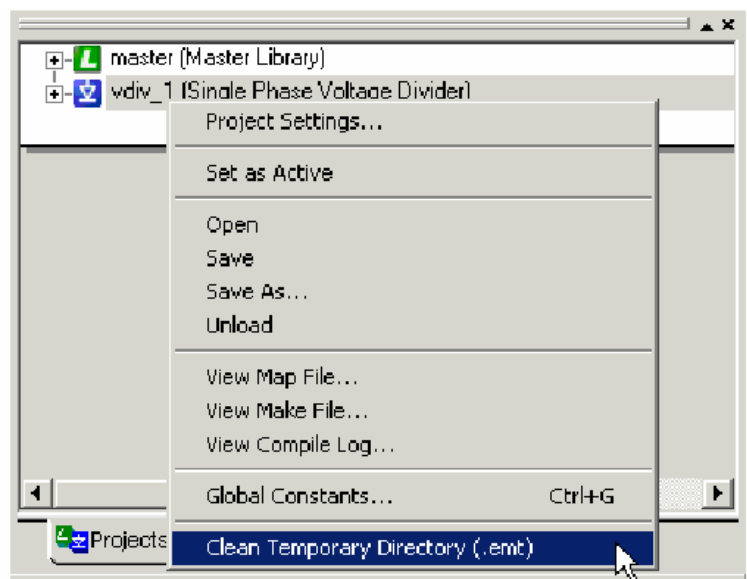


زبان اول، زمان اجرا، را انتخاب کنید.

- Duration of run: مشخص کننده طول زمان شبیه سازی در واحد ثانیه می باشد.
- EMTDC time step: مشخص کننده فاصله زمانی بین پله های محاسباتی است که EMTDC معادلات را حل می کند.
- PSCAD plot step: مشخصه فاصله زمانی بین پله هایی که قرار است در منحنی های خروجی به نمایش درآیند.

۴-۹) پاک کردن فایل های موقتی

این فایل ها هنگام شبیه سازی یک پروژه درون پوشه ای هم نام پروژه با پسوند *.emt نگهداری می شوند. برای پاک کردن آنها بروی آیکون اصلی پروژه کلیک راست کرده و گزینه Cleaning Temporary Directort (.emt) را انتخاب کنید.



۴-۱۰ ثبت خروجی بروی فایل

با استفاده از پنجره Project Settings|Save channels to disk? را با انتخاب Yes از فهرست آن فعال، سپس نام و پسوند فایل خروجی را معین کنید.

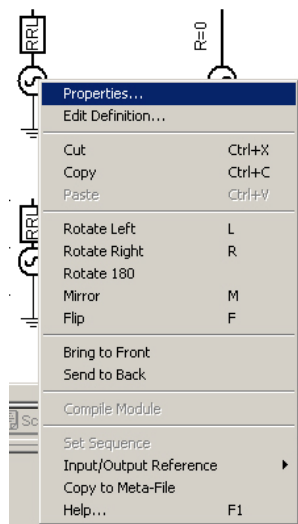


باید توجه داشت محل نگهداری این فایل‌ها همان پوشه موقتی هر پروژه با پسوند *.emt می‌باشد.

۴-۱۱ تغییر پارامترهای یک نمونه از یک بلوک

برای این کار دو راه وجود دارد،

- دوبار بروی آن کلیک کنید.
- بروی آن کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.

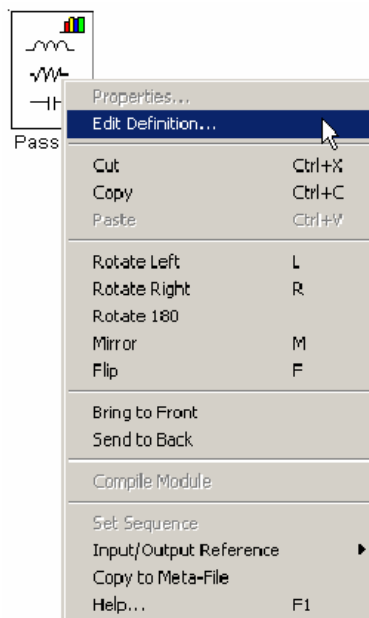


۴-۱۲) تغییر در ساختار یک بلوک

برای انجام این کار بروی مدل کلیک راست کرده و گزینه Edit Definition... را انتخاب کنید.

۴-۱۳) تغییر در ساختار یک مدل (Module)

برای انجام این کار بروی مدل دو بار کلیک کرده و یا با راست کلیک بروی آن گزینه Edit Definition... را انتخاب کنید.



۴-۱۴) بازگشت به صفحه اصلی پروژه از داخل یک مدل

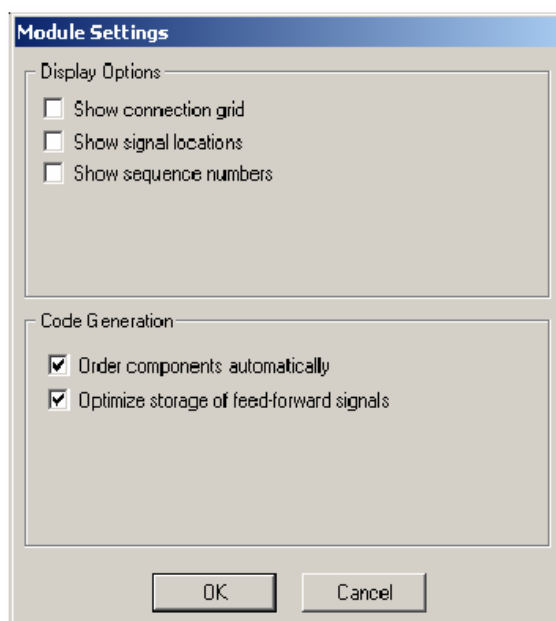
برای انجام این کار دو راه وجود دارد،

- بروی آیکن اصلی پروژه موجود در لیست فضای کاری دو بار کلیک کنید.

- برو صفحه مدل کلیک راست کرده و گزینه Up one Module را انتخاب کنید. این گزینه برای بازگرداندن به صفحه اصلی استفاده می‌شود علاوه بر آن می‌تواند یک مرحله در سلسله مراتب مدل‌ها به بالا حرکت کند.




۴-۱۵) تغییر در جزئیات یک مدل (Module)

- اگر بروی هر کدام از صفحات پروژه کلیک راست کرده و گزینه Module Settings را انتخاب کنید پنجره زیر نمایان می‌شود.



۴-۱۵-۱) انتخاب نمایش (Display Options)

- Show Connection grid: مشخص کننده نقاطی بروی صفحه که می‌توان اتصالات را برقرار کرد و گره‌ها را در آنجا قرار داد.
- Show Signal locations: مشخص کننده محل سیگنال‌ها (متغیرهای کنترلی) است. وقتی این گزینه انتخاب شود، آیکون‌هایی بروی صفحه نمایان می‌شوند.

-  سیگنال‌های پیش خور (Feedforward)
-  سیگنال‌های پس خور (Feedback)
-  سیگنال‌های همزمان نظیر لغزنده‌ها، کلیدها و... (Online Signals)

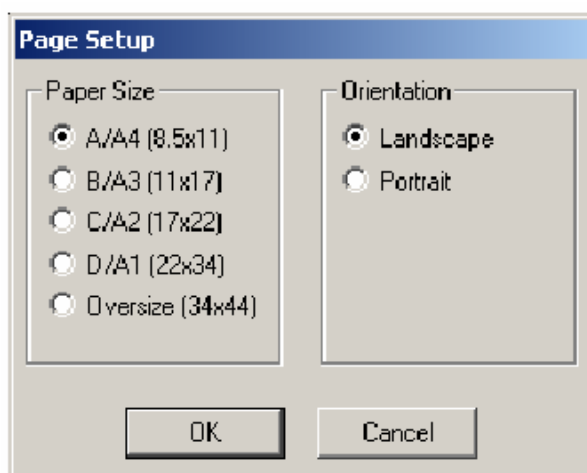
- Show sequence numbers: مشخص کننده شماره توالی‌ها است، این توالی‌ها نشان دهنده محل‌های بلوک‌ها و مدل‌ها در فایل Fortran پروژه می‌باشند.

۴-۱۵) تولید کد (Code Generation)

- Order Components Automatically: انتخاب این گزینه باعث می‌شود که نرم‌افزار PSCAD به طور اتوماتیک توالی سیستم‌های کنترلی که در داینامیک‌های سیستم EMTDC وجود می‌آیند را تعیین کند.
- این گزینه باید انتخاب شده باشد مگر اینکه کاربر حرفه‌ای در نظر داشته باشد که توالی را به طور دستی تنظیم کند.
- Optimize storage of feed-forward signals: وقتی یک پروژه کامپایل می‌شود، در هر پله زمانی کلیه متغیرهای پیش‌خور آن در یک حافظه داخلی ذخیره می‌شود تا بخشی از آنها برای پله‌های بعدی استفاده شود. این موضوع باعث می‌شود سرعت پایین بیاید.
- اگر این گزینه انتخاب شود، تنها اطلاعاتی ذخیره می‌شود که PSCAD برای پله‌های زمانی بعدی به آن نیازمند است. بقیه اطلاعات در هر پله به دور ریخته می‌شود.

۴-۱۶) تغییر در جزئیات نمایش صفحه‌ها

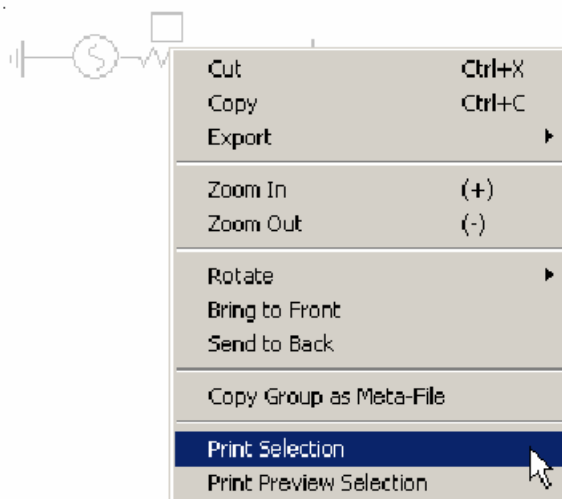
- برای ایجاد این تغییرات دو راه وجود دارد،
- بروی صفحه راست کلیک کرده و گزینه Page Setup را انتخاب کنید.
- بروی صفحه مورد نظر در درخت پروژه کلیک راست کرده و گزینه Page Setup را انتخاب کنید.



- Paper Size: تغییر در اندازه صفحه
- Orientation: تغییر در جهت صفحه

۴-۱۷) چاپ یک بخش خاص از مدارات و طرح‌ها

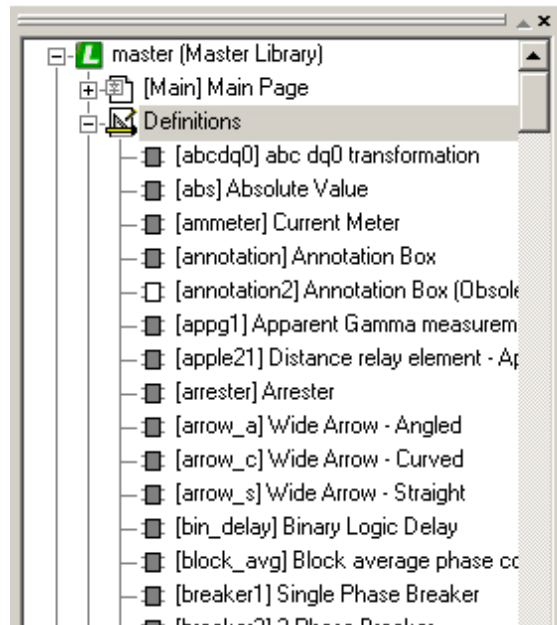
بخش مورد نظر را با نگه داشتن دکمه سمت چپ ماوس انتخاب کرده و کلیک راست کنید. سپس برای چاپ، گزینه Print Selection و برای دیدن نمونه چاپی گزینه Print preview Selection را انتخاب کنید.



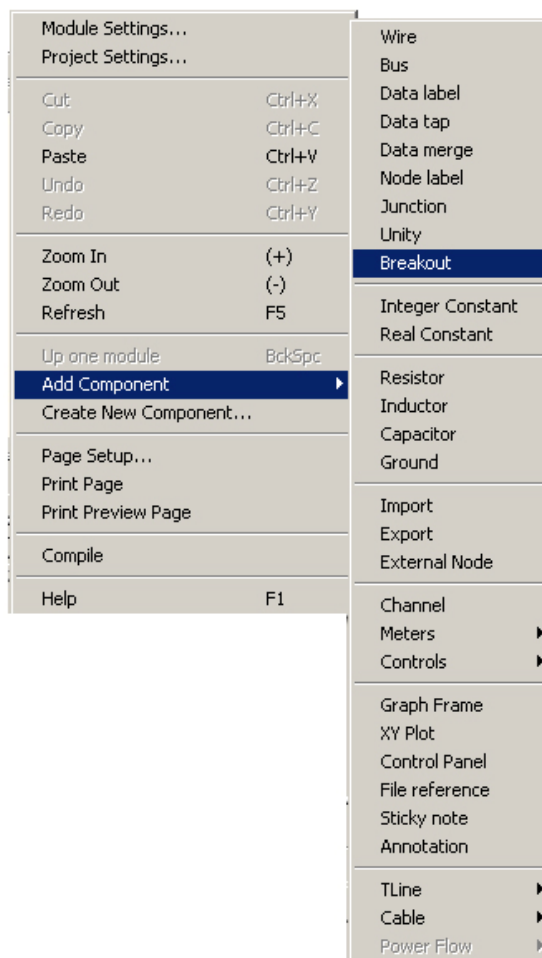
۴-۱۸) اضافه کردن یک بلوک موجود در کتابخانه به صفحه

برای این کار سه راه وجود دارد،

- به داخل کتابخانه رفته، عنصر مورد نظر را انتخاب کرده سپس بوسیله کلیک راست آنرا کپی کنید و سپس بروی صفحه مورد نظر بچسبانید.
- بروی علامت [+] پروژه کتابخانه کلیک کنید. پس از انتخاب شاخه مورد نظر، از روی المان مورد نظر یک نمونه بسازید و آنرا روی صفحه بچسبانید.





- بروی صفحه کلیک راست کرده و بروی گزینه Add Components رفته، از فهرست نمایان شده المان مورد نظر را انتخاب کنید.



۴-۱۹) اتصال بلوک‌ها و مدل‌ها به یکدیگر

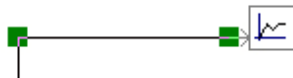
در نرم‌افزار PSCAD تنها یک نوع سیم وجود دارد که برای کلیه اتصالات سیگنال‌ها، دیاگرام تک خطی و اتصالات الکتریکی استفاده می‌شود. نرم‌افزار به طور اتوماتیک نوع اتصال را تشخیص می‌دهد. برای برقراری اتصالات دو راه وجود دارد،

- دکمه  موجود در پنجره اصلی را انتخاب کنید. توجه کنید که نشانگر ماوس تبدیل به یک قلم شده است. بروی اولین نقطه مورد نظر برای برقراری اتصال کلیک کنید. سپس بروی نقطه بعدی کلیک کرده و ادامه دهید. به این ترتیب اتصال بین نقاط برقرار می‌شود. در آخرین نقطه برای خارج شدن از حالت سیم کشی کلید ESC موجود در صفحه کلید فشار دهید.
- با استفاده از نوار ابزار الکتریکی دکمه  را انتخاب کرده و قطعه سیم را بروی صفحه قرار دهید.

در PSCAD هنگامی که دو سر سیم‌ها و بلوک‌ها به یکدیگر برسند، اتصال برقرار می‌شود و نباید روی یکدیگر قرار بگیرند. نکته قابل توجه دیگر اینست که نمی‌توان گره‌های الکتریکی و اطلاعاتی را به یکدیگر متصل کرد.

۴-۲۰) تغییر اندازه و جهت سیم‌ها

هنگامیکه بروی سیم کلیک کنید، دو انتهای آن فعال می‌شود (دو انتها با دو مربع سبز رنگ مشخص می‌شود). می‌توانید با نگه داشتن دکمه ماوس بروی آنها طول سیم را تغییر دهید یا آنرا در جهت‌ها مختلف بچرخانید.



۴-۲۱) انواع گره‌ها (Nodes) در PSCAD

- Data Lable: گرهی از نوع اطلاعاتی است. گرهی است که برای جدا کردن اتصال اطلاعاتی در نقطه‌ای و برقراری آن اتصال در نقطه‌ای دیگر بدون استفاده سیم کاربرد دارد (اتصال به شکل Remote).

SignalName

- Pin: محل اتصال چند سیم به یکدیگر



- Node Label: گرهی از نوع الکتریکی است. گرهی است که برای جدا کردن اتصال الکتریکی در نقطه‌ای و برقراری آن اتصال در نقطه‌ای دیگر بدون استفاده از سیم کاربرد دارد (اتصال به شکل Remote).

NodeName

- XNode: گرهی از نوع الکتریکی است. که برای برقراری ارتباط الکتریکی از داخل مدل به خارج از آن بکار می‌رود.



- Import: گرهی از نوع اطلاعاتی برای برقراری ارتباط سیگنال اطلاعاتی ورودی به داخل مدل می‌باشد.



- Export: گرهی از نوع اطلاعاتی برای برقراری ارتباط سیگنال اطلاعاتی خروجی به خارج از مدل می‌باشد.




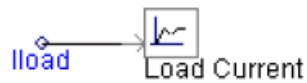
۴-۲۲) نمایش خروجی‌ها

برای تحلیل و نتیجه‌گیری از یک شبیه‌سازی باید خروجی‌ها به شکل معنا داری نمایش داده شوند. نمایش خروجی‌ها در نرم‌افزار PSCAD به چند طریق انجام می‌شود که در این بخش به آنها می‌پردازیم.

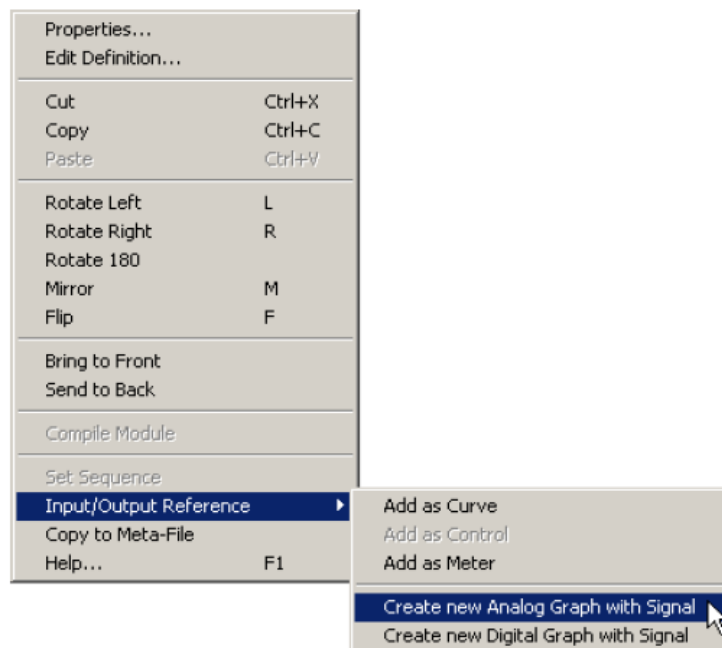
۴-۲۲-۱) نمایش خروجی‌ها به شکل منحنی (Curve)


برای نمایش خروجی‌ها در یک نمودار باید ابتدا قاب نمودار ساخته شود و سپس اطلاعات در آن به نمایش درآیند.

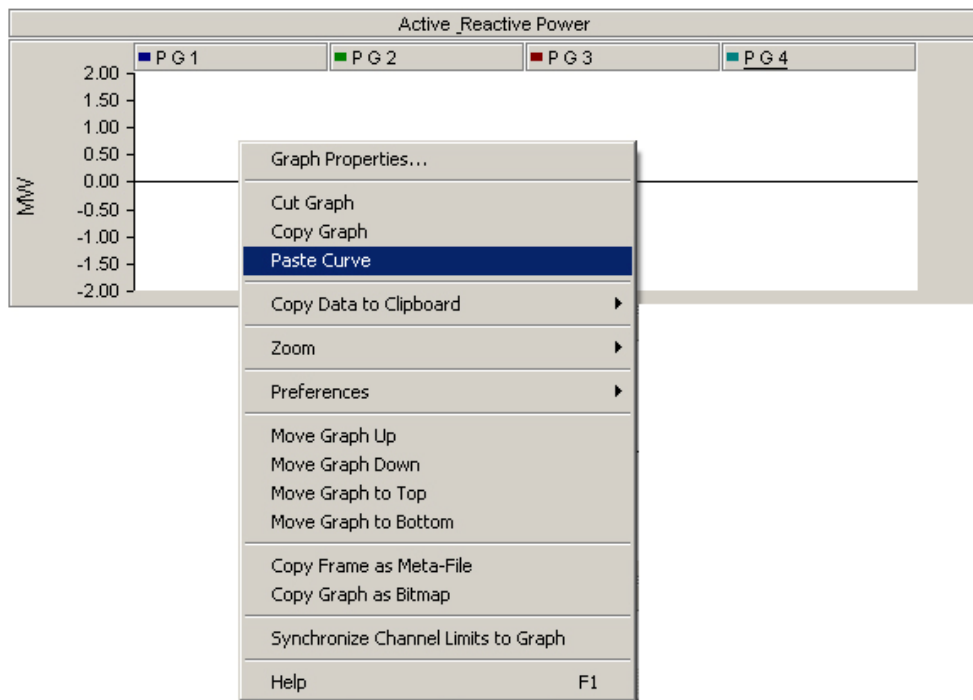
ابتدا کانال خروجی  را از جعبه ابزار کنترل انتخاب کرده و به سیگنال مورد نظر متصل کنید.



سپس بر روی آیکون کانال خروجی کلیک راست کرده و از مسیری که در شکل نمایان است نوع نمودار خروجی را انتخاب کنید.



روش دیگر اینست که از داخل جعبه ابزار کنترل قاب منحنی  را انتخاب کرده و بروی صفحه قرار دهید. سپس بروی آن راست کلیک کرده و گزینه Add Analog (digital) Graph را انتخاب کنید. پس از آن بروی آیکون کانال خروجی کلیک راست کرده و از مسیر Input/Output Reference|Add as Curve را انتخاب کنید. در نهایت با کلیک بروی بخش نموداری قاب موجود روی صفحه گزینه Paste Curve را انتخاب کنید.




اکنون با آغاز شبیه سازی پاسخها بروی نمودار به نمایش در می آید.

۴-۲۲-۱) انواع نمودارها

سه نوع نمودار در PSCAD وجود دارد:

- نمودارهای Analog تک متغیره: برای نمایش خروجیهای آنالوگ استفاده می شود، متغیر دیگر زمان است. (مانند امواج ولتاژ و جریان)
- نمودارهای Digital تک متغیره: برای نمایش خروجیهای دیجیتال استفاده می شود، متغیر دیگر زمان است. (مانند عملکرد رله ها)
- نمودارهای Analog دو متغیره: برای نمایش منحنیهای ناشی از دو متغیر استفاده می شود.

برای نمایش به شکل دو نمودار اول، از روش ارائه شده در بخش قبل استفاده کنید. برای نوع سوم XYPlot  را از جعبه ابزار کنترل انتخاب کنید و روی صفحه قرار دهید. سپس کانال خروجی متصل به متغیر (سیگنال) اول را به روش قبل انتخاب کنید. پس از راست کلیک بروی XYPlot محور موردنظر را انتخاب کرده و گزینه Paste Curve to X(or Y)-Axis را انتخاب کنید. برای متغیر دوم نیز همین روند را تکرار کنید و محور دیگر را انتخاب کنید.

۴-۲۲-۲) تغییر بزرگنمایی

برای تنظیم بزرگنمایی به طور اتوماتیک کلید R بروی صفحه کلید فشار دهید. برای بزرگ کردن منحنی کلید + و برای کوچک کردن آن کلید - را بروی صفحه کلید فشار دهید.


برای بزرگ کردن بخش خاصی از منحنی کافیتست دکمه چپ ماوس را نگه داشته و قسمت مورد نظر انتخاب کنید و دکمه ماوس را رها کنید.

۴-۲۲-۳) تنظیم جزئیات نمایش قاب‌ها

تا اینجا توضیحات ارائه شده برای استفاده از نمودارها تا سطح ابتدایی و متوسط کافی می‌باشد. برای اطلاعات بیشتر به Help نرم‌افزار PSCAD مراجعه کنید.

۴-۲۲-۲) نمایش خروجی‌ها بروی اندازه گیرها (Meters)

در PSCAD می‌توان سیگنال‌های خروجی را در اندازه گیرها نیز به نمایش درآورد. در اینجا هم از آیکون کانال خروجی استفاده کرده و آنرا به سیگنال مورد نظر متصل می‌کنیم. سپس با کلیک راست بروی کانال خروجی از مسیر `Input/Output Reference|Add as Meter` را انتخاب کنید.


حال به جای قاب نمودار،  Control Panel را انتخاب کنید و بروی صفحه قرار دهید. سپس بر روی آن کلیک راست کرده و گزینه Paste انتخاب کنید.

۴-۲۳) اضافه کردن کنترل‌های همزمان (Online Controls)

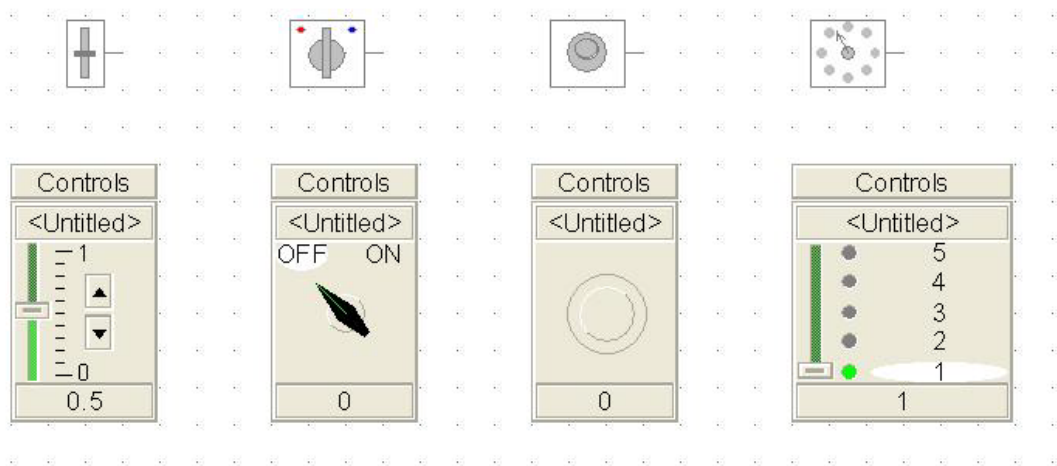
در نرم‌افزار PSCAD امکان کنترل برخی سیگنال‌های ورودی به طور همزمان با شبیه سازی وجود دارد.

برای اینکار ابتدا از جعبه ابزار کنترل نوع کنترل را انتخاب کنید.



سپس آنرا روی صفحه قرار داده و به سیگنال مورد نظر متصل کنید. بروی آیکون آن کلیک راست کرده و از مسیر `Input/Output Reference|Add as Control` را انتخاب کنید. پس از آن از جعبه کنترل  Control Panel را انتخاب کرده و بروی صفحه قرار دهید. سپس بر روی آن کلیک راست کرده و گزینه Paste انتخاب کنید.

انواع کنترل‌ها و پنجره نمایشی آنها در شکل آمده است:



اکنون در حین شبیه سازی می توانید مقادیر سیگنال های موردنظر را تغییر دهید.
برای اطلاعات بیشتر از جزئیات کنترل های همزمان به Help نرم افزار PSCAD مراجعه کنید.

۴-۲۴ ساخت و ایجاد بلوک های (مدل ها) جدید

برای ساخت یک بلوک Component و یا یک مدل، از جادوگر بلوک ها استفاده می کنیم. این جادوگر یک ابزار گرافیکی برای ساخت پوسته یک تعریف است، که کاربر می خواهد از آن به عنوان یک بلوک یا مدل استفاده کند.

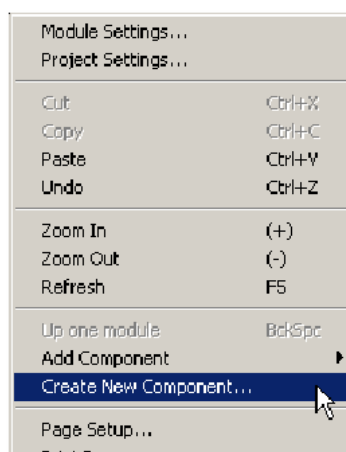
در این بخش روش استفاده از این ابزار برای ایجاد یک بلوک یا مدل مورد بررسی قرار می گیرد.

۴-۲۴-۱) استفاده از جادوگر بلوک ها (Component Wizard)

قبل از آغاز، اطمینان حاصل کنید که پروژه مورد نظر بارگذاری شده و در نمای مداری آن قرار دارید. برای ساخت یک بلوک دو روش وجود دارد،



- استفاده از نوار ابزار اصلی و فشردن دکمه New Component
- کلیک راست بروی صفحه خالی و انتخاب گزینه Creat new Component



پنجره آغازین جادوگر بلوک‌ها شبیه به شکل زیر نمایان می‌شود،

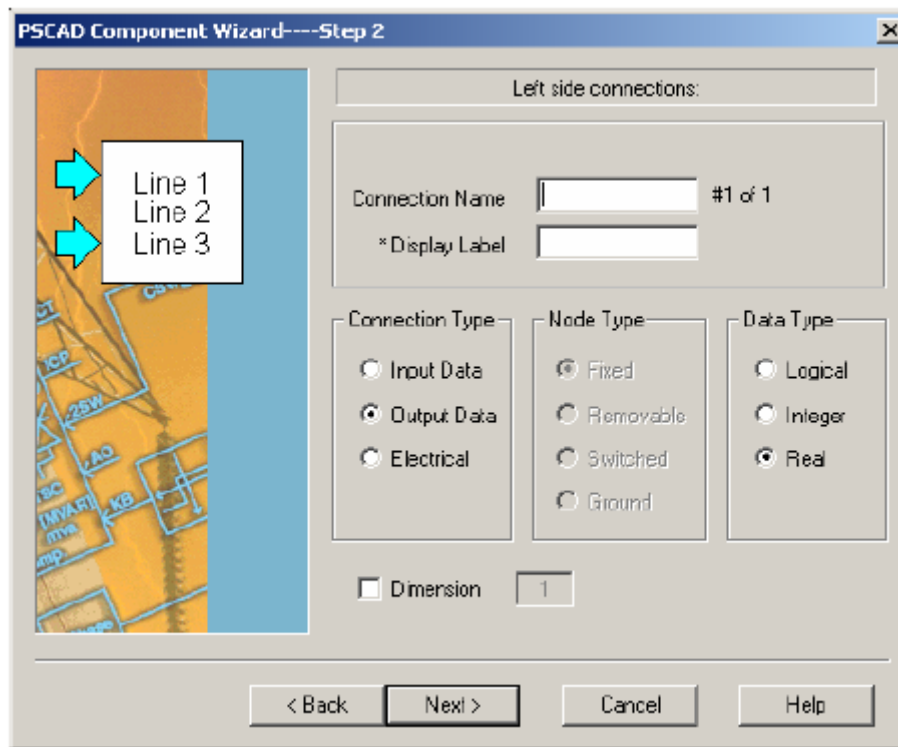
۴-۲۴-۱) مرحله اول (Step 1)

مرحله اول از ساخت یک بلوک جدید با تکمیل ورودی‌های زیر انجام می‌شود:

- **Name:** نام یا همان ID بلوک مورد نظر که باید با استاندارد کامپایلر فرترن مطابق باشد. (این اسم نمی‌تواند با عدد یا فضای خالی آغاز شود).
- **Title (Optional):** (انتخابی) اگر متنی داخل این سه خط نوشته شود، این متن به شکل گرافیکی درون بلوک ساخته شده نوشته و دیده می‌شود.
- **Connections:** اگر مایل هستید که اتصالات به طور اتوماتیک در بالا، پایین، چپ و راست بلوک در حال ساخت اضافه شوند، تعداد آنها را در این بخش مشخص کنید. به طور مثال اگر در سمت چپ عدد ۲ نوشته شود، یعنی دو اتصال در سمت چپ بلوک اضافه شود. (این اتصالات به شکل گرافیکی نیز اضافه و دیده می‌شوند).
- **Page Module:** هنگامی که می‌خواهید یک مدل بسازید، این گزینه را انتخاب کنید. (نام دیگر آن Sub Pages و یا Page Components می‌باشد).
- ورودی‌های مورد نظر را تکمیل کرده و برای رفتن به بخش بعد دکمه **Next >** را انتخاب کنید.

۴-۲۴-۱) مرحله دوم (Step 2)

پنجره بعدی برای تنظیم و تعریف ورودی‌ها یا خروجی‌هایی که در پنجره قبلی انتخاب شده‌اند استفاده می‌شود. در تصویر گرافیکی سمت چپ پنجره، فلش‌های سبز نشان دهنده جهت اتصالات مورد نظر است. جعبه بالایی نشان می‌دهد که کدام اتصال در حال تعریف است. مرحله دوم از ساخت یک بلوک جدید با تکمیل ورودی‌های زیر انجام می‌شود:



- **Connection Name:** نام اتصال، این نام باید بر اساس استانداردهای موجود در کامپایلر Fortran باشد. این نامیست (متغیر) که داخل کد فرترن از این اتصال شناخته می‌شود.
- **Display Label:** (انتخابی) در صورتیکه در این جا متنی نوشته شود، این متن به شکل گرافیکی در کنار اتصال در حال تعریف نوشته می‌شود.
- **Connection Type:** نوع اتصال را مشخص می‌کند. این اتصالات می‌تواند از نوع ورودی اطلاعات، خروجی اطلاعات و اتصال الکتریکی باشد.
- **Node Type:** در صورتیکه در ورودی قبل اتصال الکتریکی انتخاب شده باشد، این گزینه نوع گره الکتریکی را مشخص می‌کند.
- **Data Type:** در صورتیکه در ورودی قبل ورودی یا خروجی اطلاعات انتخاب شده باشد، این گزینه نوع اطلاعات را مشخص می‌کند.

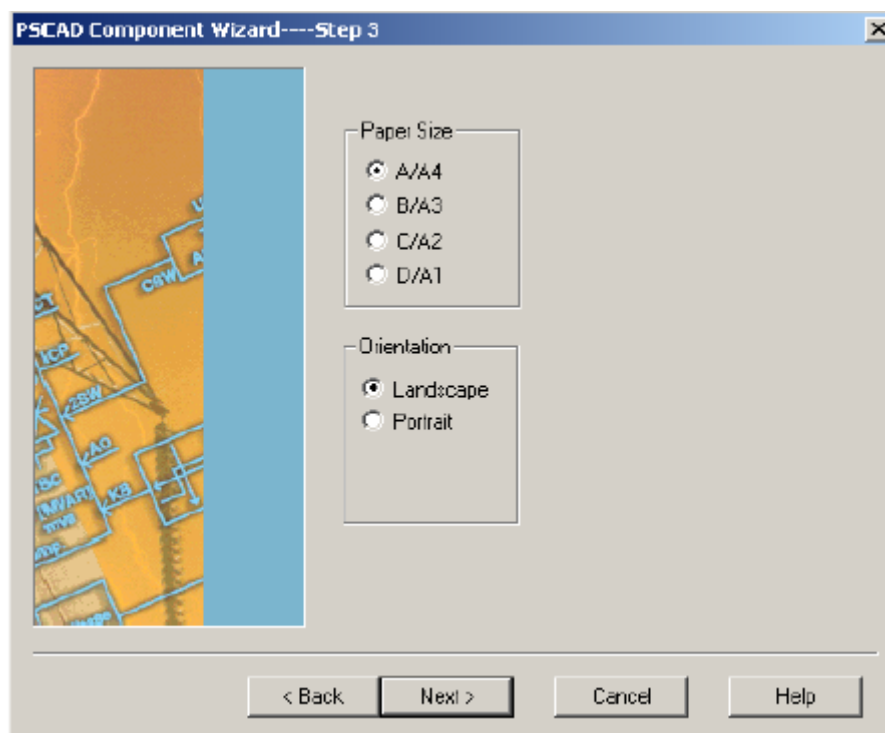
- **Dimension**: این گزینه ابعاد این اتصال را مشخص می‌کند. اگر انتخاب نشود به طور پیش فرض اتصال تک بعدی در نظر گرفته می‌شود. این گزینه هنگامی استفاده می‌شود که اتصال یک سیگنال استاندارد از دید Fortran باشد.

هنگامی که تمام پارامترهای مورد نیاز خود را در این صفحه وارد کردید، دکمه **Next >** را انتخاب کنید. این صفحه به طور اتوماتیک برای هر یک از اتصالات مشخص شده در صفحه اول تکرار می‌شود.

در صورتیکه **Page Module** در مرحله اول انتخاب نشده باشد، پس از اتمام اتصالات، جادوگر به مرحله ۴ می‌رود.

مرحله سوم (Step 3) (۳-۱-۲۴-۴)

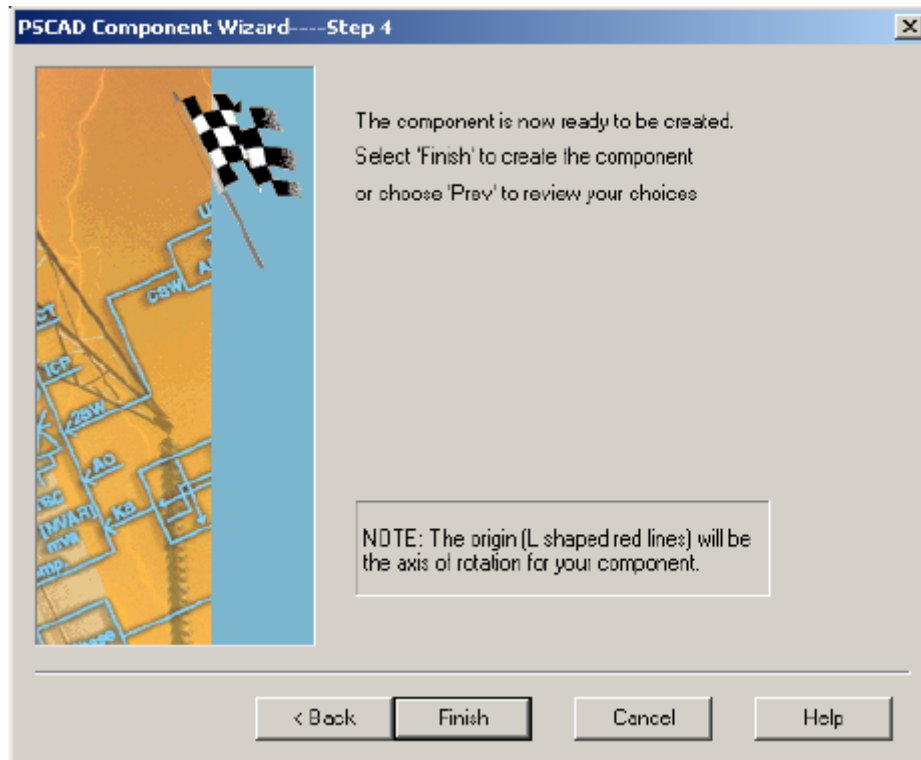
این مرحله هنگامی انجام می‌شود که در مرحله اول گزینه **Page Module** انتخاب شده باشد. مرحله سوم از ساخت یک بلوک جدید با تکمیل ورودی‌های زیر انجام می‌شود:



- **Paper Size**: اندازه صفحه مدل در حال تعریف بر اساس استانداردهای موجود انتخاب کنید.
- **Orientation**: جهت صفحه مورد نظر را انتخاب کنید.

مرحله چهارم (Step 4) (۴-۱-۲۴-۴)

این مرحله تنها به منظور تایید تمام اطلاعات وارد شده است. پس از اطمینان از درستی اطلاعات دکمه Finish را انتخاب کنید. در غیر این صورت گزینه Back < را برای تغییر در اطلاعات ورودی انتخاب کنید.



فصل پنجم

جزئیات طراحی بلوک‌ها

مقدمه

یکی از مشخصات نرم‌افزار PSCAD که آنرا از دیگر نرم‌افزارها متمایز می‌کند، امکان ساخت و استفاده از مدل‌های طراحی شده توسط کاربر است. کاربران می‌توانند از مدل‌های بسیار ساده تا انواع پیچیده را ساخته و توسعه دهند.

برای استفاده از مدل‌های طراحی شده در نرم‌افزار PSCAD، ابتدا باید آنها به صورت یک بلوک به نرم‌افزار اضافه شوند. بلوک‌ها این امکان را بوجود می‌آورند که کاربر بتواند پارامترهای داخلی را از محیط خارج بلوک کنترل کند، محاسبات ابتدایی را در ورودی‌های آن انجام دهد و نمای بلوک را تغییر دهد.

این بخش به بررسی و آموزش طراحی و تغییر در مشخصات بلوک‌ها پرداخته می‌شود. این بخش ارتباط تنگاتنگی با بخش هفتم به نام مرجع کدهای PSCAD دارد.

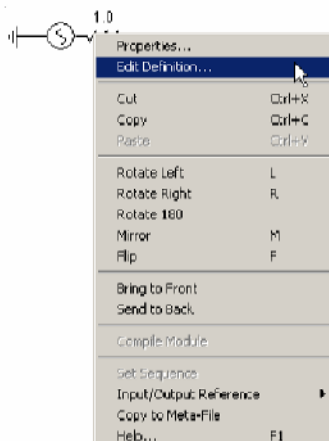
۵-۱) ویرایشگر طراحی (Design Editor)

این بخش شامل زیر مجموعه‌هایی برای ویرایش بلوک‌ها است. دارای سه بخش اصلی است که به صورت زبانه‌هایی در زیر صفحه ویرایشگر طراحی موجود هستند.


- Graphic
- Parameters
- Script

۵-۱-۱) ویرایشگر تعریف یک مدل یا بلوک:


برای رفتن به بخش ویرایش بلوک‌ها یا مدل‌ها بروی بلوک موردنظر کلیک راست کرده و گزینه Edit Definition را انتخاب کنید.

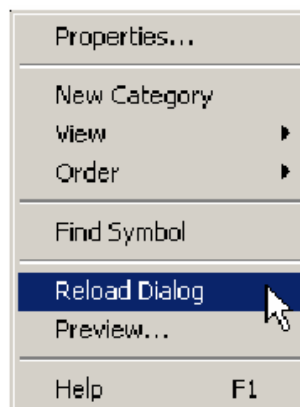


۵-۱-۲ بازگشت به نمای مداری

- برای بازگشت از بخش تعریف بلوک‌ها به نمای مداری دو راه وجود دارد،
- دوبار کلیک بروی آیکون اصلی پروژه در فضای کاری
- استفاده از دکمه  موجود در پالت گرافیکی
- در صورتیکه قادر به مشاهده پالت گرافیکی نیستید، از مسیر View|Graphic palette آنرا فعال کنید.

۵-۱-۳ بارگذاری دوباره

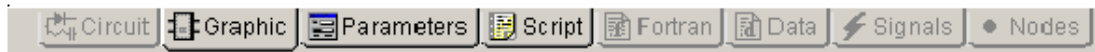
- برای بارگذاری دوباره اطلاعات تغییر داده شده، دو راه وجود دارد،
- استفاده از دکمه  موجود در پالت گرافیکی
- کلیک راست بروی صفحه خالی و انتخاب گزینه Reload Dialog



۵-۲ بخش گرافیکی

گرافیک بلوک‌ها در حقیقت اصلی ترین رابط بین شما، مدل و PSCAD است. در این بخش می‌توانید گره‌های اتصال برای ارتباط بین بلوک‌ها، متن و جزئیات گرافیکی دیگر را اضافه کنید.

برای فعال کردن بخش گرافیکی زبانه آنرا انتخاب کنید.



۵-۲-۱) اشکال گرافیکی (Graphic Objects)

اشکال مختلفی برای طراحی ساختار گرافیکی یک بلوک وجود دارند.



- خط
- بیضی
- چهار گوش
- کمان

مشخصات این اشکال نظیر رنگ، اندازه و رنگ خط‌های آنها قابل تغییر است. یک طراحی گرافیکی خوب می‌تواند هدف اصلی و تابع اصلی فعالیت بلوک موردنظر را به کاربران مختلف نمایان سازد.

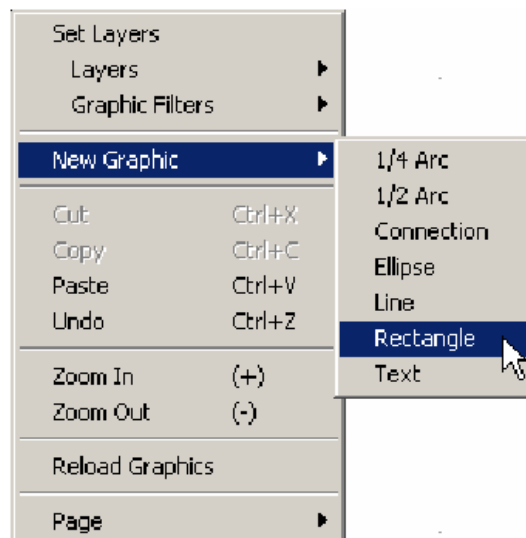
۵-۲-۱) ایجاد یک شکل گرافیکی

برای ایجاد یک شکل گرافیکی دو راه وجود دارد،

- استفاده از پالت گرافیکی برای طراحی این اشکال



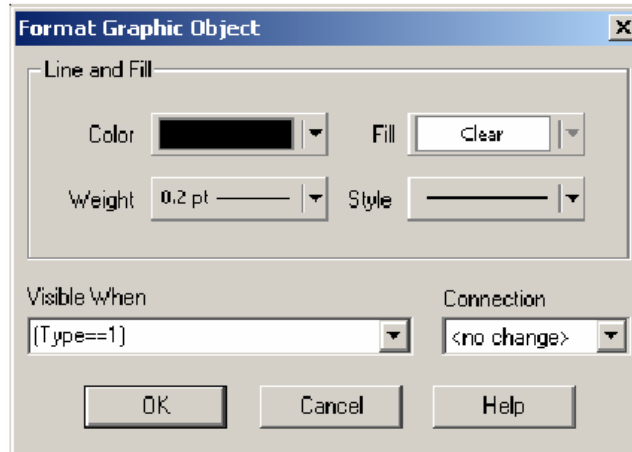
- راست کلیک بروی صفحه ویرایشگر طراحی و انتخاب گزینه New Graphic



۲-۱-۲-۵ تغییر در مشخصات اشکال گرافیکی

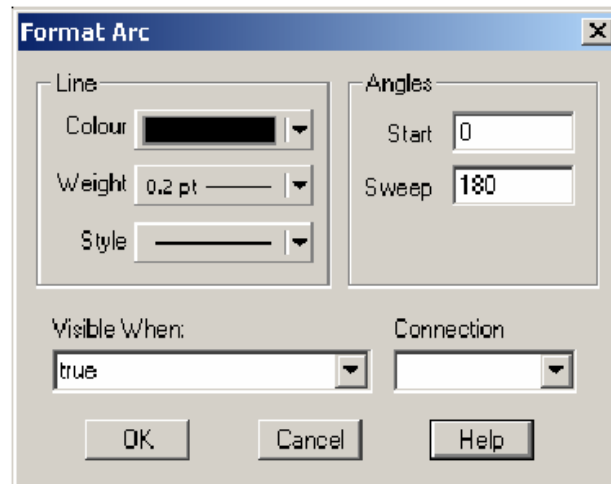
می‌توان مشخصات این اشکال (به بلوک کمان) را در پنجره محاوره‌ای Format Graphic Object تغییر داد.

برای ورود به پنجره مورد نظر بروی شکل ایجاد شده دو بار کلیک کرده و یا بدون انتخاب شکل بروی آن کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



۳-۱-۲-۵ تغییر در شکل کمان

می‌توان مشخصات این کمان را در پنجره محاوره‌ای Format Arc تغییر داد. برای ورود به پنجره مورد نظر بروی شکل ایجاد شده دو بار کلیک کرده و یا بدون انتخاب شکل بروی آن کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



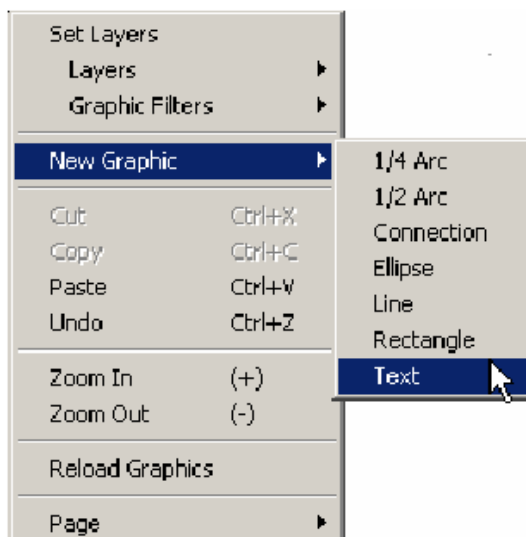
۲-۲-۵ برچسب‌های متنی (Text Lable)

برچسب‌های متنی برای تکمیل طرح یک بلوک می‌توانند استفاده شوند، برای ایجاد آنها دو را وجود دارد،

- استفاده از پالت گرافیکی برای طراحی این اشکال

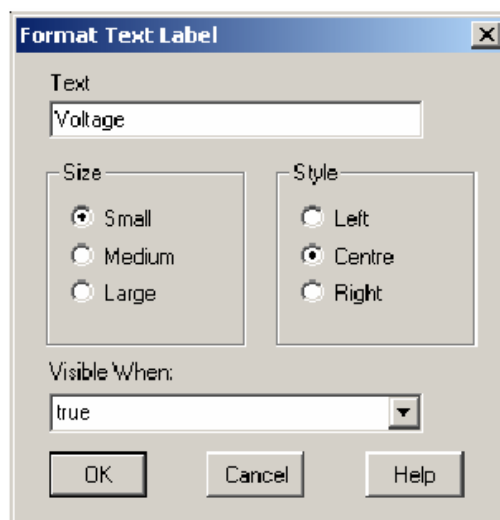


- راست کلیک بروی صفحه ویرایشگر طراحی و انتخاب گزینه New Graphic



۵-۲-۱) تغییر در مشخصات برجسب‌های متنی

می‌توان مشخصات یک برجسب را در پنجره محاوره‌ای Format Text Label تغییر داد. برای ورود به پنجره مورد نظر بروی متن ایجاد شده دو بار کلیک کرده و یا بدون انتخاب شکل بروی آن کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



۵-۲-۳) اتصالات (Connections)

اتصالات در حقیقت پل ارتباطی بین یک بلوک و محیط خارج از آن می‌باشد. این اتصالات نقش مهمی در ساختار یک بلوک ایفا می‌کنند. اینها امکان تبادل اطلاعات به شکل دو طرفه را برای بلوک ایجاد می‌کنند.

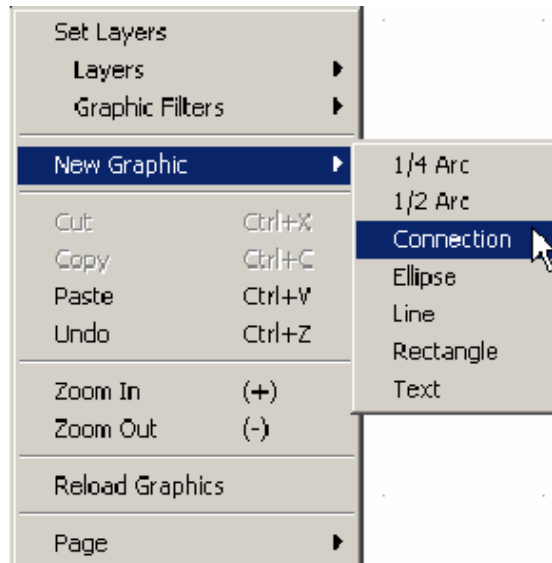
۵-۲-۳-۱) اضافه کردن یک اتصال

برای ایجاد آنها دو را وجود دارد،

- استفاده از پالت گرافیکی برای طراحی این اشکال



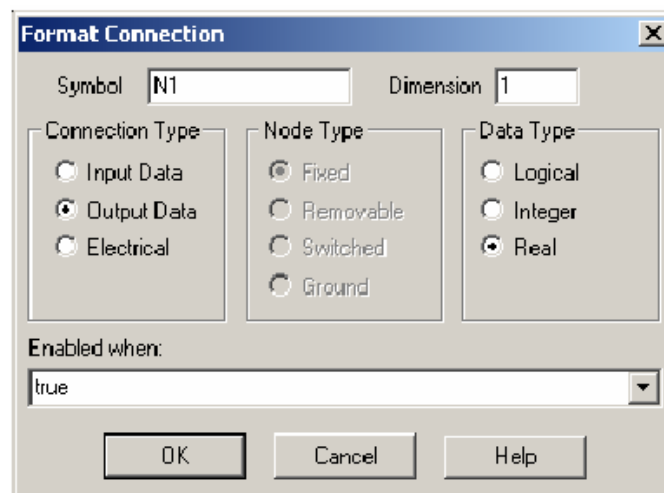
- راست کلیک بروی صفحه ویرایشگر طراحی و انتخاب گزینه New Connection



۵-۲-۳-۲) تغییر در مشخصات اتصالات

می‌توان مشخصات یک اتصال را در پنجره محاوره‌ای Format Connection تغییر داد.

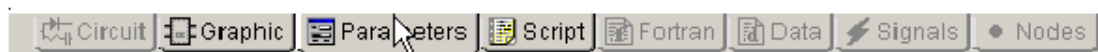
برای ورود به پنجره مورد نظر بروی اتصال ایجاد شده دو بار کلیک کرده و یا بدون انتخاب اتصال بروی آن کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



- **Symbol**: نام اتصال، این نام باید بر اساس استانداردهای موجود در کامپایلر فرترن باشد. این نامیست (متغیر) که داخل کد فرترن از این اتصال شناخته می‌شود.
- **Dimension**: این گزینه ابعاد این اتصال را مشخص می‌کند. اگر انتخاب نشود به طور پیش فرض اتصال تک بعدی در نظر گرفته می‌شود. این گزینه هنگامی استفاده می‌شود که اتصال، یک سیگنال استاندارد از دید فرترن باشد.
- **Connection Type**: نوع اتصال را مشخص می‌کند. این اتصالات می‌تواند از نوع ورودی اطلاعات، خروجی اطلاعات و اتصال الکتریکی باشد.
- **Node Type**: در صورتیکه در ورودی قبل، اتصال الکتریکی انتخاب شده باشد، این گزینه نوع گره الکتریکی را مشخص می‌کند.
- **Data Type**: در صورتیکه در ورودی قبل، ورودی یا خروجی اطلاعات انتخاب شده باشد، این گزینه نوع اطلاعات را مشخص می‌کند.
- **Enabled When**: شرط فعال شدن این اتصال را مشخص می‌کند.

۵-۳) بخش پارامترها

این بخش فضایی از یک بلوک است که هدف اصلی آن ایجاد ارتباط دو طرفه بین کاربر و مدل است. در این بخش به شکل دسته بندی شده‌ای می‌توان متغیرهای داخلی و گرافیکی هر بلوک را تغییر داد. برای دیدن این بخش زبانه Parameters را از فهرست موجود در زیر صفحه ویرایشگر انتخاب کنید.




۵-۳-۱) رسته‌ها (Categories)

در بخش پارامترها از ویرایشگر طراحی می‌توان رسته‌های مختلفی با ورودی‌ها متنوع تعریف کرد. سه نوع ورودی که می‌توان در رسته‌ها استفاده کرد به قرار زیر است،

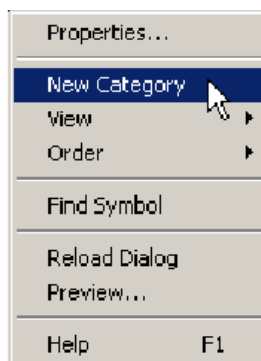
- Text Field
- Input Field
- Choice Box

۵-۳-۱-۱) ایجاد یک رسته جدید

برای ایجاد یک رسته، ابتدا اطمینان حاصل کنید که در بخش پارامترها هستید سپس با استفاده از دکمه  واقع در نوار ابزار پارامترها یک رسته جدید ایجاد کنید.

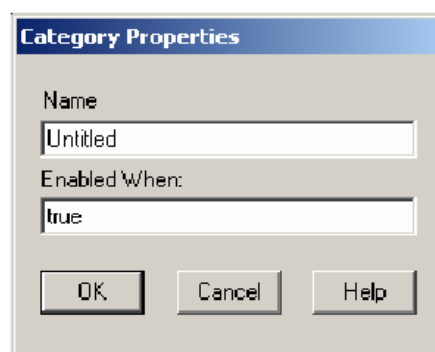


روش دیگر اینست که بروی صفحه راست کلیک کرده و گزینه New Category را انتخاب کنید.



در صورتیکه نوار ابزار پارامترها بروی صفحه نباشد، از طریق مسیر View|Parameters Bar آنرا فعال کنید.

در هر دو حالت فوق یک پنجره مطابق زیر باز می‌شود،



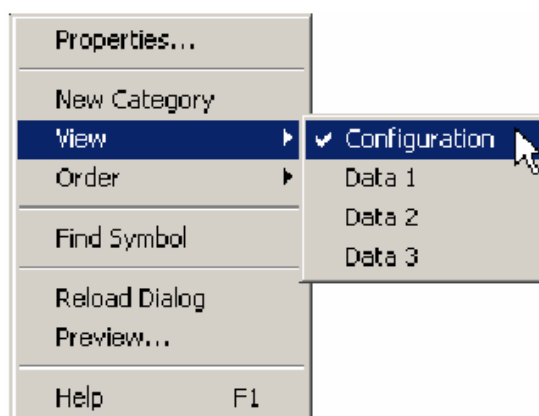
- Name: نام رسته مورد نظر، که نمایش داده می‌شود.
- Enabled When: شرط فعال شدن این رسته را مشخص می‌کند.

۵-۳-۱) نمایش رسته‌ها

هنگامی که بیش از یک رسته ایجاد شود، برای حرکت بین رسته‌ها و تغییر در آنها از فهرست پایین رونده View Category استفاده کنید.







روش دیگر اینست که بروی صفحه خالی راست کلیک کرده و از مسیر View، رسته مورد نظر را انتخاب کنید.

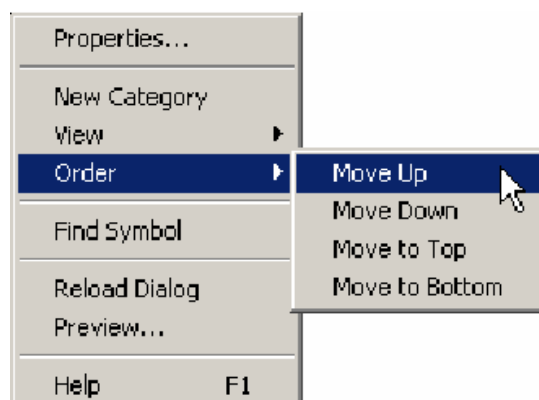


۵-۳-۱) تنظیم ترتیب رسته‌ها


هنگامی که بیش از یک رسته ایجاد شود، برای تنظیم ترتیب رسته‌ها می‌توان از دکمه‌های زیر استفاده کرد.

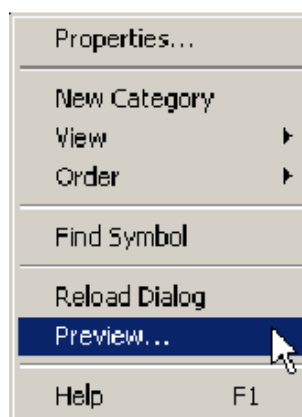
- انتقال یک رسته یک پله به بالا 
- انتقال یک رسته یک پله به پایین 
- انتقال یک رسته به بالاترین محل 
- انتقال یک رسته به پایین‌ترین محل 

و یا بروی صفحه خالی کلیک راست کرده و از مسیر Order در ترتیب رسته‌ها تغییر حاصل کنید.




۵-۳-۱) پیش‌نمایش رسته‌ها

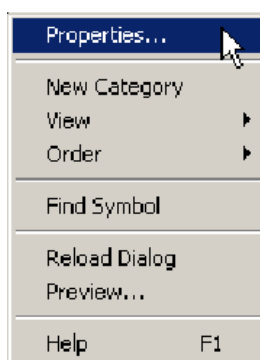
برای مشاهده و عیب‌یابی پنجره پارامترها، با استفاده از دکمه  واقع در نوار ابزار پارامترها می‌توان پیش‌نمایش رسته را مشاهده کرد. روش دیگر، راست کلیک بروی صفحه خالی و انتخاب گزینه Preview است.



۵-۳-۱) تغییر در مشخصات رسته‌ها

مشخصات رسته‌ها از طریق Category Properties قابل ویرایش هستند. برای انجام این کار دو راه وجود دارد،

- فشردن دکمه  واقع در نوار ابزار پارامترها
- کلیک راست بروی صفحه خالی و انتخاب گزینه Properties



۵-۳-۱) حذف یک رسته


حذف یک رسته از طریق فشردن دکمه  واقع در نوار ابزار پارامترها امکان پذیر است.

۵-۳-۲) فیلد متنی (Text Field)

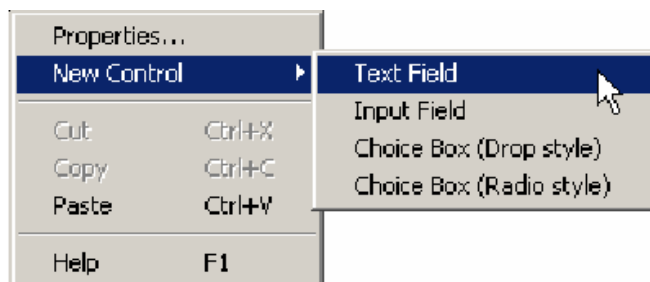
این فیلدها اساساً برای وارد کردن متن به عنوان ورودی یا تعریف یک سیگنال خروجی از داخل بلوک بکار می‌روند.



۵-۳-۱) اضافه کردن فیلدهای متنی

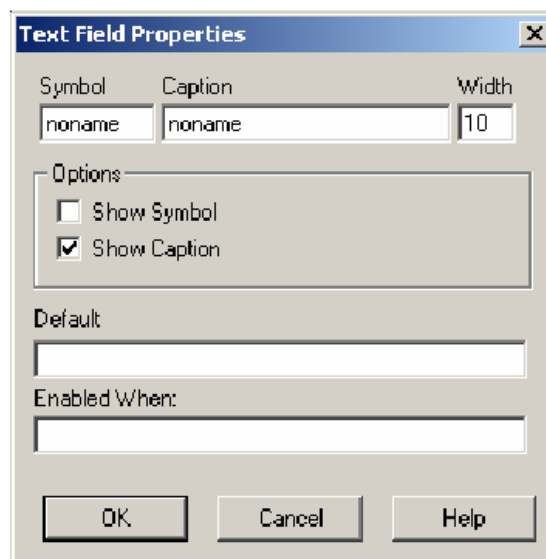
برای اضافه کردن یک فیلد متن، ابتدا اطمینان حاصل کنید که داخل بخش پارامترها، داخل رسته موردنظر هستید، سپس بروی دکمه  کلیک کنید.

روش دیگر اینست که بروی صفحه خالی کلیک راست کرده و از مسیر New Control|Text Field را انتخاب کنید.



۵-۳-۲) تغییر در مشخصات فیلدهای متنی

برای تغییر در این مشخصات، پنجره محاوره‌ای Text Field Properties استفاده می‌شود. برای باز کردن این پنجره، بروی ورودی مورد نظر دو بار کلیک کرده و یا بروی فیلد متنی مورد نظر کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.




- Symbol: اسم فیلد متنی در اینجا مشخص می‌شود. این نام باید مطابق با استانداردهای کامپایلر فرترن باشد.
 - Caption: متنی که به عنوان توضیح سمت چپ فیلد متنی نوشته و دیده می‌شود.
 - Width: طول فیلد از لحاظ تعداد حرف قابل دیده شدن در آن را مشخص می‌کند.
 - Default: متنی که به طور پیش فرض داخل فیلد متنی نوشته می‌شود و همان مقدار اولیه ورودی است.
 - Enabled When: شرط فعال شدن این ورودی را مشخص می‌کند.
- انتخاب‌ها

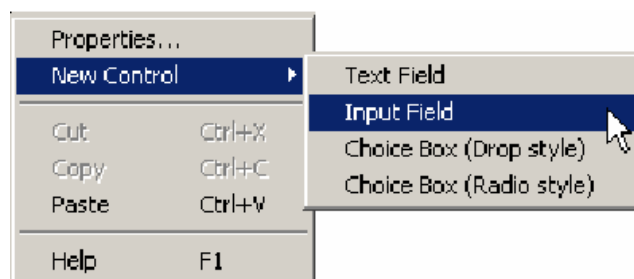
- Show Symbol: در صورت انتخاب این گزینه نام ورودی، سمت چپ فیلد متنی به نمایش در می آید.
- Show Caption: در صورت انتخاب این گزینه توضیح ورودی، سمت چپ فیلد متنی به نمایش در می آید.

۵-۳-۳) فیلد ورودی (Input Field)

این فیلد مخصوص وارد کردن اعداد به عنوان ورودی به یک بلوک می باشد. این گزینه می تواند به عنوان یک ورودی همزمان نیز به کار رود.

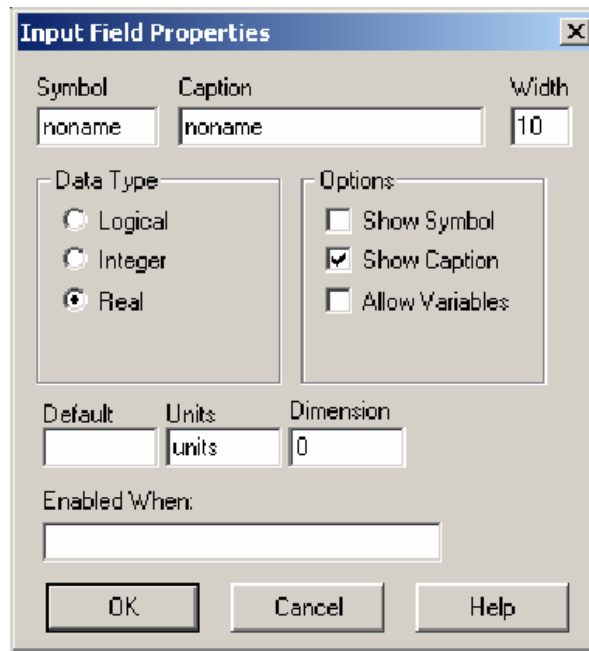
۵-۳-۳-۱) اضافه کردن فیلدهای ورودی

برای اضافه کردن یک فیلد ورودی، ابتدا اطمینان حاصل که داخل بخش پارامترها، داخل رسته موردنظر هستید، سپس بروی دکمه  کلیک کنید. روش دیگر اینست که بروی صفحه خالی کلیک راست کرده و از مسیر New Control|Input Field را انتخاب کنید.



۵-۳-۳-۲) تغییر در مشخصات فیلدهای ورودی

برای تغییر در این مشخصات، پنجره محاوره ای Input Field Properties استفاده می شود. برای باز کردن این پنجره، بروی ورودی مورد نظر دو بار کلیک کرده و یا بروی فیلد ورودی موردنظر کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



- **Symbol:** اسم فیلد ورودی در اینجا مشخص می‌شود. این نام باید مطابق با استانداردهای کامپایلر فرترن باشد.
- **Caption:** متنی که به عنوان توضیح سمت چپ فیلد ورودی نوشته و دیده می‌شود.
- **Width:** طول فیلد از لحاظ تعداد عدد قابل دیده شدن در ورودی را مشخص می‌کند.
- **Data Type:** نوع ورودی را مشخص می‌کند.
- **Default:** متنی که به طور پیش فرض داخل فیلد ورودی نوشته می‌شود و همان مقدار اولیه ورودی است.
- **Units:** واحد ورودی را مشخص می‌کند.
- **Dimension:** ابعاد ورودی را مشخص می‌کند.
- **Enabled When:** شرط فعال شدن این ورودی را مشخص می‌کند.



انتخاب‌ها

- **Show Symbol:** در صورت انتخاب این گزینه نام ورودی، سمت چپ فیلد ورودی به نمایش در می‌آید.
- **Show Caption:** در صورت انتخاب این گزینه توضیح ورودی، سمت چپ فیلد ورودی به نمایش در می‌آید.
- **Allow Variables:** با انتخاب این گزینه می‌توان استفاده از متغیر به جای عدد در فیلدهای ورودی استفاده کرد.

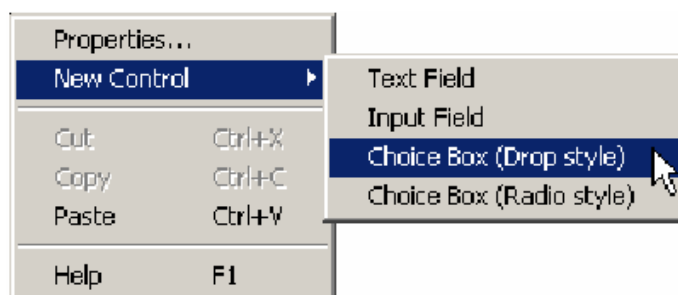
۵-۳-۴) ورودی‌های جعبه انتخابی (Choice Box)

جعبه‌های انتخابی این امکان را برای کاربر ایجاد می‌کند که گزینه‌های شرطی را داخل یک بلوک کنترل کند. این ورودی‌ها در دو نوع رادیویی و فهرستی وجود دارند که می‌توان در رسته‌ها از آنها استفاده کرد.

۵-۳-۴-۱) اضافه کردن ورودی‌های جعبه انتخابی

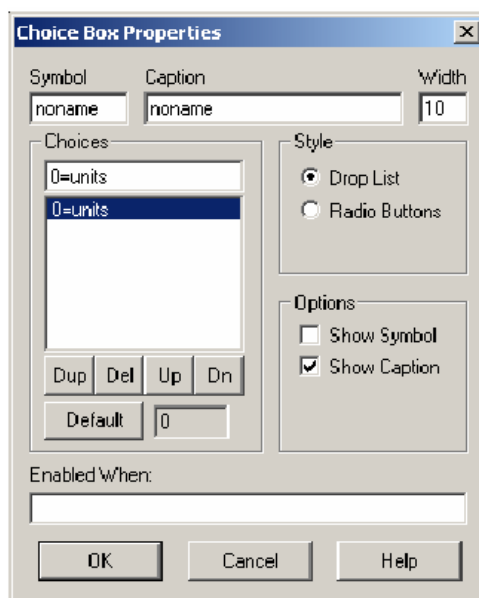
برای اضافه کردن یک جعبه انتخابی، ابتدا اطمینان حاصل که داخل بخش پارامترها، داخل رسته موردنظر هستید، سپس برای یک جعبه انتخابی رادیویی از دکمه  و برای یک جعبه انتخابی فهرستی از دکمه  استفاده کنید.

روش دیگر اینست که بروی صفحه خالی کلیک راست کرده و از مسیر New Control|Choice Box (Drop style) یا New Control|Choice Box (Radio style) را انتخاب کنید.



۵-۳-۴-۲) تغییر در مشخصات یک جعبه انتخابی

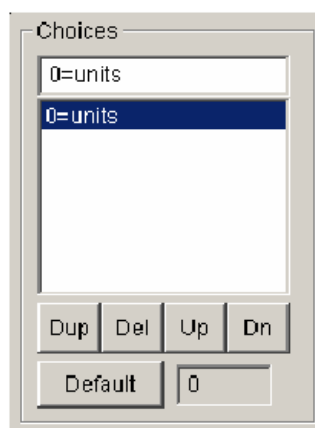
برای تغییر در این مشخصات، پنجره محاوره‌ای Choice Box Properties استفاده می‌شود. برای باز کردن این پنجره، بروی ورودی مورد نظر دو بار کلیک کرده و یا بروی جعبه انتخابی موردنظر کلیک راست کرده و گزینه Properties را انتخاب کنید.



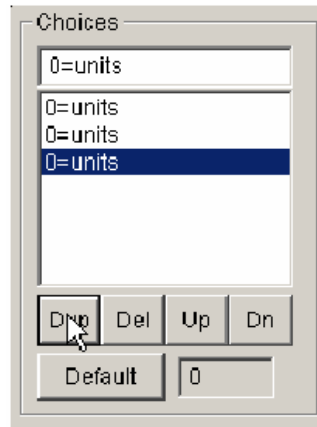
- Symbol: اسم جعبه انتخابی در اینجا مشخص می‌شود. این نام باید مطابق با استانداردهای کامپایلر فرترن باشد.
 - Caption: متنی که به عنوان توضیح سمت چپ جعبه انتخابی نوشته و دیده می‌شود.
 - Width: طول جعبه از لحاظ تعداد حرف قابل دیده شدن در ورودی را مشخص می‌کند.
 - Choices: تنظیم گزینه‌ها
 - Style: انتخاب بین دو نوع فهرستی و رادیویی
 - Enabled When: شرط فعال شدن این ورودی را مشخص می‌کند.
- انتخاب‌ها
- Show Symbol: در صورت انتخاب این گزینه نام ورودی، سمت چپ جعبه انتخابی به نمایش در می‌آید.
 - Show Caption: در صورت انتخاب این گزینه توضیح ورودی، سمت چپ جعبه انتخابی به نمایش در می‌آید.

۳-۴-۳-۵ اضافه کردن گزینه به جعبه انتخاب‌ها

این جعبه دارای سه بخش اصلی است، محل ویرایش انتخاب، لیست انتخاب و دکمه‌های کنترلی. هنگامی که یک جعبه انتخابی ساخته می‌شود، یک انتخاب به طور پیش فرض در آن قرار دارد.



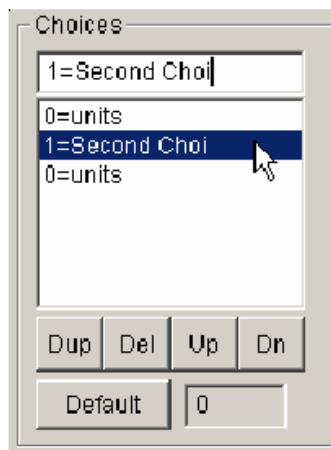
برای اضافه کردن یک انتخاب، دکمه Dup را انتخاب کنید.



برای ویرایش جزئیات یک انتخاب به سادگی آنرا انتخاب کنید و سپس در جعبه بالایی آنرا ویرایش کنید. دقت کنید که فرمت ویرایش مطابق زیر است.

متن نمایشی = <عدد نسبت داده شده>

<عدد نسبت داده شده> این عددی است که به متن مقابلش نسبت داده می‌شود.



برای تغییر محل گزینه‌ها با استفاده از دکمه Up آنرا یک پله به بالا، و با دکمه Dn آنرا یک پله به پایین انتقال داده می‌شود.

برای انتخاب گزینه پیش‌فرض در لیست از دکمه Default استفاده کنید، عدد نوشته شده مقابل این دکمه نشان دهنده عدد گزینه پیش‌فرض است.

۴-۵) بخش کد نویسی

بخشی از ویرایشگر طراحی است که در حقیقت قلب تعریف یک بلوک می‌باشد. اینجا محلی ایست که رفتار یک بلوک را مشخص می‌کند. در این بخش قسمت‌های مختلفی وجود دارد که می‌تواند کاربر را برای استفاده بهتر از EMTDC کمک کند.


در بخش کد نویسی قسمت‌های مختلفی وجود دارد که هر کدام برای فعالیتی خاص مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال قسمت Transformer برای طراحی مدارهای القای متقابل و قسمت T-Line برای طراحی خطوط انتقال، کابل‌ها و دکل‌ها استفاده می‌شود. عمومی‌ترین قسمت‌ها Fortran، Computations و Branch می‌باشد.

در این بخش سه قسمت Computations، Fortran، Branch و Help و Flyby شرح داده می‌شوند و بقیه قسمت‌ها نیز مورد اشاره قرار می‌گیرند. برای اطلاعات بیشتر در مورد این قسمت‌ها به Help نرم‌افزار مراجعه کنید.

۵-۴-۱) قسمت‌ها (Segments)

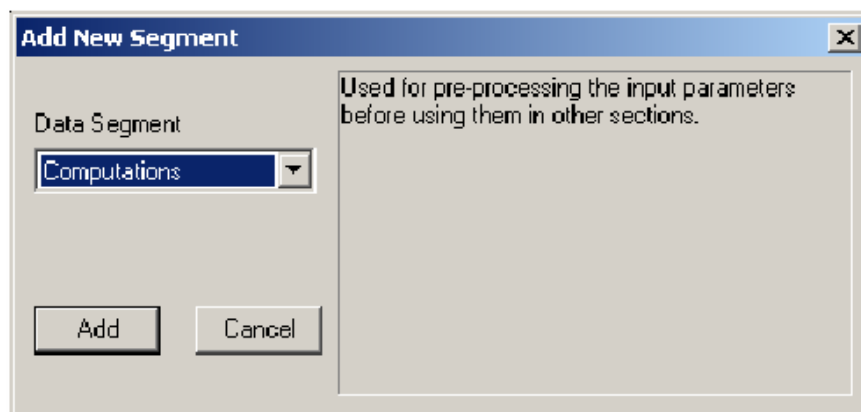
قسمت‌ها داخل بخش کد نویسی از ویرایشگر طراحی وجود دارند. این قسمت‌ها در حقیقت یک فایل متنی ساده و محلی برای نوشتن کدها برای انجام یک وظیفه خاص هستند.

۵-۴-۱-۱) اضافه کردن یک قسمت

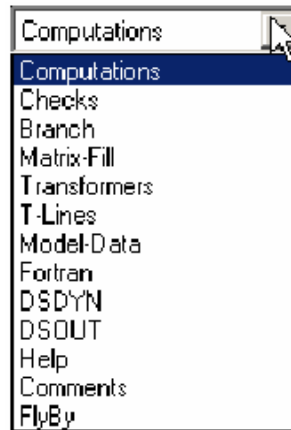
ابتدا اطمینان حاصل کنید که در بخش کدنویسی هستید. سپس برای اضافه کردن یک قسمت از دکمه  موجود در نوار ابزار کد را استفاده کنید.



در صورتیکه نوار ابزار مورد نظر را نمی‌بینید، از مسیر View|Script Bar آنرا فعال کنید. پس از انتخاب گزینه مورد نظر، پنجره Add New Segment نمایان می‌شود.



از لیست قسمت مورد نظر را انتخاب کرده و دکمه Add را بفشارید. (جعبه سمت راست توضیح کوتاهی درباره قسمت فعال ارائه می‌دهد.)



۵-۴-۲) نمایش قسمت‌ها

هنگامی که بیش از یک قسمت وجود داشته باشد برای دیدن و ویرایش قسمت‌های مختلف ایجاد شده، از لیست پایین رونده View Segment موجود در نوار ابزار کدنویسی استفاده کنید.



۵-۴-۳) پاک کردن یک قسمت

برای پاک کردن یک قسمت از دکمه  موجود در نوار ابزار کد نویسی استفاده کنید.

۵-۴-۲) انواع قسمت‌ها

۵-۴-۲-۱) Computation

اطلاعات و مقادیر نوشته شده در این قسمت در طول شبیه سازی دچار تغییر نمی‌شوند. در حقیقت این قسمت می‌توان برخی از متغیرها را در لحظه اول کامپایل مقدار دهی کرد. (در لحظه $t=0$)

فرمت استاندارد در این قسمت مطابق زیر است:

< RESULT_TYPE> < Name> = < Expression>

<Result_Type> می‌تواند REAL و INTEGER باشد. در صورتیکه فرض بر REAL باشد، <Expression> باید دارای پارامترهای ثابت باشد.

مثال ۱-۵

به طور مثال کاربر می‌خواهد مقدار SetPu را در ابتدای کامپایل (قبل از استفاده از قسمت Fortran) برابر مقدار Vset در واحد kv تقسیم بر Vbase قرار دهد. تا مقدار پریونیت آنرا بدست آورد. مقادیر Vbase و Vset تعریف شده و وجود دارد.

REAL SetPU = Vset / Vbase

دقت کنید که عملگر پیشوندی \$ در اینجا استفاده نشده است.

Branch (۲-۲-۴-۵)

در این قسمت کاربر مشخص می‌کند که بین هر دو اتصال الکتریکی که در بخش گرافیکی تعریف شده چه المان‌هایی قرار می‌گیرد. در قسمت Branch می‌توان مقاومت، خازن و القاگر (سری و موازی)، کلیدها و منابع ایده آل ولتاژ را بین هر دو اتصال قرار دهد. قسمت Branch ساخت پیچیده ترین سیستم‌های الکتریکی را به روش ساده امکان پذیر می‌کند. این قسمت به عنوان رابط گرافیکی کاربر به رابط الکتریکی EMTDC بر اساس شاخه‌ها شناخته می‌شود.

فرمت استاندارد در این قسمت مطابق زیر است:

[<Branchname> =] <TO> <FROM> [<Keyword>] <R> [<L>] [<C>]

<TO> و <FROM> اتصالات الکتریکی تعریف شده در بخش گرافیکی می‌باشند که شاخه مورد نظر بین آنها قرار می‌گیرد. <R> مقدار مقاومت موجود در شاخه بر اساس اهم است. <L> و <C> به ترتیب مقدار اندوکتانس و خازن موجود بین دو گره بر اساس هانری و میکرو فاراد می‌باشد. [<Branchname> =] یک عبارت انتخابی است که به عنوان نام شاخه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این اسم می‌تواند به جای نام گره‌ها در بخش‌های دیگر کد مورد استفاده قرار بگیرد. آرگومان بسیاری از subroutinesهای EMTDC نام شاخه‌هاست. [<Keyword>] می‌تواند یک منبع SOURCE و یا یک مدارشکن BREAKER باشد.

می‌توان یک مدار RLC را به راحتی در این قسمت تعریف کرد. در صورتی که این مدار هر کدام از ۳ عنصر را نداشته باشد می‌توان به جای آن 0.0 قرار داد.

مثال ۲-۵

طراح می‌خواهد یک بلوک که در آن یک شاخه RC سری، موازی با یک شاخه سلفی خالص وجود دارد، را تعریف کند. این شاخه‌ها بین دو اتصال الکتریکی N1 و N2 قرار دارند. این دو گره قبلاً در بخش گرافیکی تعریف شده‌اند.

مقادیر R و C قبلا در بخش پارامترها به عنوان دو فیلد ورودی تعریف شده اند. مقدار اندوکتانس سلف نیز برابر با 0.001 H به طور مستقیم در متن کد نوشته شده است. کد این مثال در قسمت BRANCH مطابق زیر است:

\$N1	\$N2	\$R	0.0	\$C
\$N1	\$N2	0.0	0.001	0.0

سپس طراح می‌خواهد که از این دو شاخه در قسمت‌های دیگر بخش کد نویسی استفاده کند. به همین منظور نام‌های BRN1 و BRN2 برای آنها انتخاب می‌کند. کد در این حالت مانند زیر می‌شود:

BRN1 =	\$N1	\$N2	\$R	0.0	\$C
BRN2 =	\$N1	\$N2	0.0	0.001	0.0

همانطور که قبلا گفته شد، می‌توان از منابع ایده آل ولتاژ سری با عناصر RLC در شاخه‌ها استفاده کرد. نحوه کدنویسی در این حالت در قسمت BRANCH مانند زیر می‌شود:

[<Branchname> =] <TO> <FROM> SOURCE <R> <L> <C>

اکنون PSCAD می‌داند که شاخه مورد نظر یک شاخه دارای منبع است. کنترل دامنه و بقیه مشخصات منبع بر عهده کاربر است. برای اینکار کافیهست که متغیر داخلی EMTDC به نام EBR در هر پله زمانی داخل کد مدل تعریف شود. تعریف این کد مطابق استاندارد زیر است:

EBR(<Branchname>,<Subsystem>) = <Voltage_Expression>

در اینجا <Subsystem> شماره subsystem موجود است که توسط PSCAD به طور اتوماتیک تعریف می‌شود. <Voltage_Expression> عبارتی است که مقدار دامنه ولتاژ را در هر پله زمانی مشخص می‌کند.

مثال ۳-۵

طراح می‌خواهد یک شاخه منبع به بلوک موجود در مثال ۳-۸ اضافه کند. این شاخه بین گره N1 و زمین قرار می‌گیرد. این منبع یک مقاومت سری به نام RS دارد که به عنوان یک فیلد ورودی در بخش پارامترها تعریف شده است. کد این بلوک به شکل زیر تغییر می‌کند:

BRNS = \$GND \$N1	SOURCE	\$RS	0.0	0.0
BRN1 = \$N1 \$N2		\$R	0.0	\$C
BRN2 = \$N1 \$N2		0.0	0.001	0.0

این منبع با استفاده از متغیر EBR در متن کد قابل کنترل است. این کد در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT قابل استفاده است. متن کد کنترلی برای یک منبع AC استاندارد مطابق زیر است:

EBR (BRNS, SS) = V * SIN (THETA)

متغیرهای V و THETA نیز در بخشی دیگر از همین کد تعریف و مقداردهی شده است. در قسمت Branch می‌توان شاخه‌های دیگری از نوع کلید نیز تعریف کرد. کد استاندارد این شاخه‌ها مطابق زیر است:

[<Branchname> =] <TO> <FROM> BREAKER <Initial_Value>

<Initial_Value> مقدار اولیه مقاومت کلید می‌باشد. این مقدار تنها برای تنظیمات اولیه به کار می‌رود و تاثیری در شبیه سازی ندارد. مقدار مناسب برای آن 1.0 می‌باشد.

Fortran (۳-۲-۴-۵)

این قسمت محلی است که کدهای فرتن، هدف و تعریف بلوک را تعریف می‌کنند. کدهای نوشته شده در این قسمت باید بر اساس استاندارد Fortran77 یا PSCAD Script یا ترکیبی از این دو باشند. می‌توان از استاندارد Fortran 90 نیز استفاده کرد اما توصیه نمی‌شود. ضمناً امکان تعریف توابع و فراخوانی توابع خارجی نیز وجود دارد. نکته مهم اینست که در قسمت Fortran کد در کلیه خطوط برنامه با ۶ فاصله در ابتدای آنها نوشته شود.

مثال ۴-۵

مثال زیر بخش مهمی از استاندارد Fortran را نمایش می‌دهد. این کد اینگونه تعریف می‌شود اگر Type=0 دامنه خروجی بر اساس فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$v(t) = V_{peak} \cdot \sin(2\pi f \cdot t + \phi)$$

اگر Type=1 باشد، دامنه خروجی یک مقدار DC به خود می‌گیرد. ضمناً مقادیر FREQ و PHI و VPEAK بلوک پارامترهای ورودی تعریف شده در بخش پارامترها می‌باشند. و TWO_PI یک ثابت داخلی EMTDC می‌باشد. ضمناً VT یک اتصال خروجی موجود در بخش گرافیکی می‌باشد.

```
! Calculation of an AC or DC voltage source magnitude
!
!23456 Remember to precede code by at least six spaces!
!
      IF ( $TYPE .EQ. 0 ) THEN
!
! AC source
!
      $VT = $VPEAK*SIN( TWO_PI*$FREQ*TIME + $PHI )
      ELSE
!
! DC source
!
      $VT = $VDC
      ENDIF
```

همین کد بر اساس ترکیبی از کد Fortran و PSCAD Script مطابق زیر می‌شود:

```
! Calculation of an AC or DC voltage source magnitude
!
#IF $Type == 0
!
! AC source
!
      $VT = $VPEAK*SIN( TWO_PI*$FREQ*TIME + $PHI )
#ELSE
!
! DC source
!
      $VT = $VDC
#ENDIF
```

DSDYN (۴-۲-۴-۵)

این قسمت کاملاً شبیه به قسمت Fortran است. کدهایی که در این قسمت نوشته می‌شوند کدهایی هستند که باید به سابروتین DSDYN موجود در داینامیک‌های EMTDC فرستاده شوند.

DSOUT (۵-۲-۴-۵)

این قسمت کاملاً شبیه به قسمت Fortran است. کدهایی که در این قسمت نوشته می‌شوند کدهایی هستند که باید به سابروتین DSOUT موجود در داینامیک‌های EMTDC فرستاده شوند.

Checks (۶-۲-۴-۵)

این قسمت هنگامی استفاده می‌شود که قرار است ورودی‌های هر بلوک که توسط کاربر وارد می‌شوند چک شده و از معقول بودن مقادیر آنها اطمینان حاصل شود.

Help (۷-۲-۴-۵)

قسمت Help هنگامی استفاده می‌شود که کاربر می‌خواهد یک فایل کمکی خارجی بر اساس استاندارد Html را به عنوان Help بلوک طراحی شده در آن قرار دهد. برای انجام آن تنها کاری که باید انجام دهید، نوشتن نام و پسوند فایل مورد نظر در قسمت Help است.

```
help.html
```

اکنون هنگامی که کاربر بروی بلوک موردنظر کلیک راست کرده و گزینه Help را انتخاب کند، این فایل خارجی به نمایش در می‌آید. نکته مهم اینست که محل فایل Help باید همیشه در پوشه منبع پروژه باشد. یعنی این فایل دقیقاً باید در همان پوشه‌ای باشد که فایل پروژه با پسوند *.psc وجود دارد. برای مشاهده Help باید آدرس مرورگر فبلا در PSCAD مشخص شده باشد. برای این کار پنجره Workspace Setting را از مسیر Edit|Workspace Setting... باز کرده و در فیلد Html Browser محل مرورگر را مشخص کنید.

Comments (۸-۲-۴-۵)

در این قسمت می‌توانید یادآوری‌ها، یادداشت‌ها و توضیحات خود را درباره طراحی بلوک مورد نظر بنویسید. از این قسمت نباید به عنوان Help استفاده شود.

FlyBy (۹-۲-۴-۵)

این قسمت امکان ساخت Help‌های همراه با بلوک طراحی شده را برای کاربر بوجود می‌آورد. این FlyBy‌ها می‌توانند کاربر را از کلیات طراحی هر بلوک و اتصالات آن آگاه سازند. فرمت این بخش به شکل زیر است:

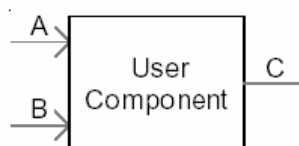
<محل متن درباره کلیات بلوک>

<Connection_Symbol_Name>:

<محل متن درباره اتصال تعریف شده در بالا>

مثال ۵-۵

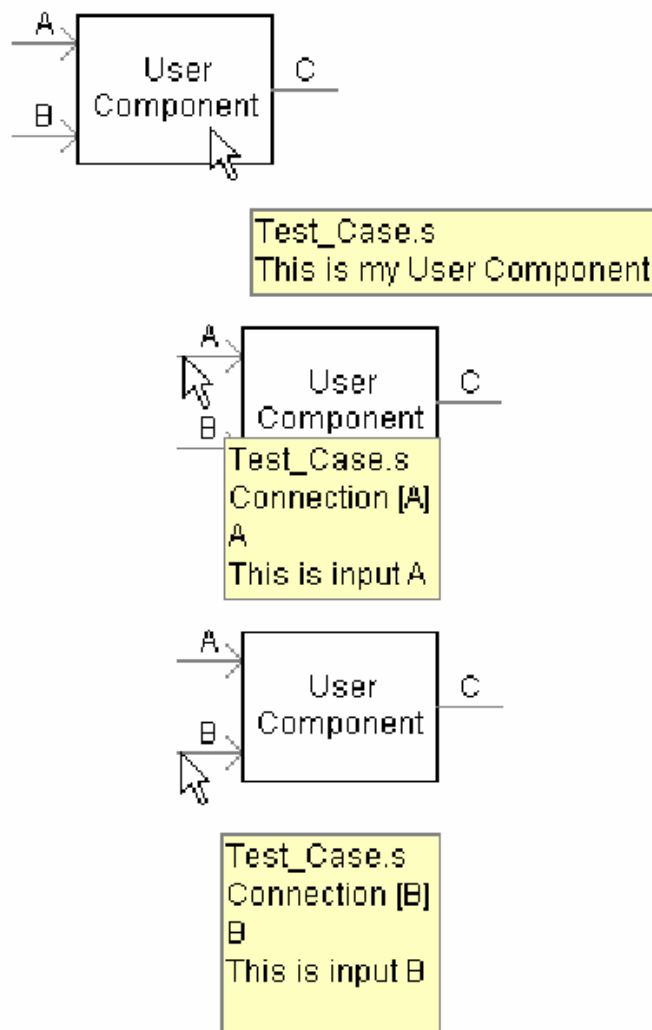
کابر می‌خواهد یک کمک FlyBy برای بلوک زیر بسازد،



همچنین برای اتصالات آن نیز توضیح کوتاهی داشته باشد.
کد موردنظر برای اینکار در قسمت FlyBy مانند زیر می‌شود:

```
This is my User Component
:A
This is input A
:B
This is input B
```

حال اگر در نمای مداری اشاره‌گر ماوس بروی بلوک و یا اتصالات آن قرار گیرد Help آنها نمایان می‌شود.



Transformer (۱۰-۲-۴-۵)

این قسمت برای طراحی المان‌هایی است که ماتریس‌های القا متقابل دارند. همچنین برای طراحی المان‌هایی که دارای سیم پیچی هستند.

Model-Data (۱۱-۲-۴-۵)

قسمتی است که برای ایجاد اطلاعات ورودی به Subroutine‌های تعریف شده توسط کاربر استفاده می‌شود.

T-Lines (۱۲-۲-۴-۵)

این قسمت برای تعریف اتصال‌های الکتریکی موجود در بخش گرافیکی به عنوان ابتدا و انتهای خطوط انتقال و کابل‌ها استفاده می‌شود.

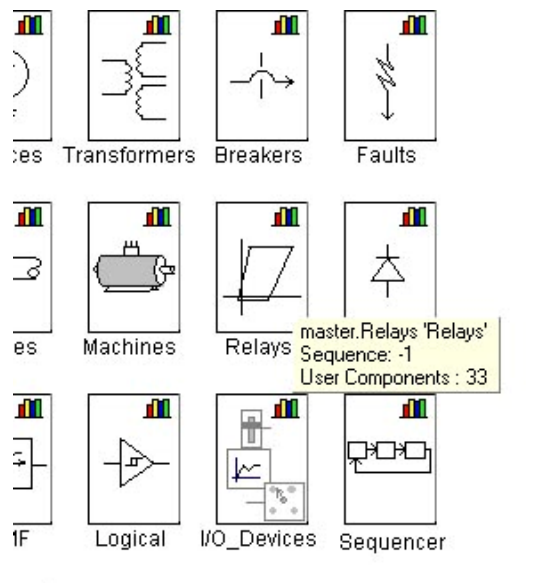
هنگامی که یک پروژه در PSCAD کامپایل اولیه می‌شود، یک ماتریس موقتی توسط PSCAD ایجاد می‌شود. در این ماتریس مشخص می‌شود که کدام شاخه‌ها و گره‌ها به یکدیگر متصلند. در این حالت تنها اطلاعات مربوط به گره‌های متصل به شاخه‌ها که توسط قسمت‌ها (Segments) تعریف شده‌اند، در این ماتریس وجود دارند. اطلاعاتی از گره‌های دیگر وجود ندارد. به همین دلیل این ماتریس منطقی بخشی از اطلاعات را از دست می‌دهد. این قسمت ماتریس مورد نظر را کمک کند تا محل گره‌های داخلی و ارتباط آنها با یکدیگر مشخص شود.

فصل ششم

رله‌ها در نرم‌افزار PSCAD

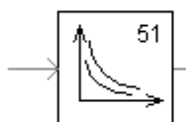
مقدمه

یکی از مهمترین مسائلی که توسط نرم‌افزار PSCAD مورد بررسی قرار می‌گیرد، تحقیق و مطالعه بر روی عملکرد رله‌ها در سیستم‌های قدرت می‌باشد. این نرم‌افزار امکان شبیه سازی عملکرد و هماهنگی رله‌ها را برای محققان و دانشجویان ایجاد کرده است. برای ورود به کتابخانه رله‌ها مطابق شکل زیر بروی آیکون Relays دو بار کلیک کنید.



۶-۱) انواع رله‌ها

۶-۱-۱) رله اضافه جریان



این رله بر اساس منحنی معکوس زمان - جریان عمل می‌کند. جریان راه‌انداز اولین مقدار جریانی است که باعث می‌شود انتگرال $F(I)$ مثبت شود و رله بر اساس تاخیر تنظیم شده، TSM عمل کند (خروجی آن ۱ می‌شود).

واحد تنظیم جریان راه اندازی در این رله می‌تواند PU یا kA باشد. که این واحد باید با واحد ورودی رله یکسان باشد.

رابطه ۶-۱ رابطه‌ایست که PSCAD زمان قطع و زمان راه‌اندازی دوباره را از آن محاسبه می‌کند.

$$t_{trip} = TD \left(\frac{A}{PSM^p - 1} + B \right) + K$$

$$t_{reset} = TD \left(\frac{t_r}{1 - PSM^q} \right)$$

رابطه ۶-۱)

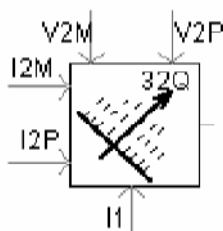
اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Main	Data Entry Format	لیست		انتخاب یکی از سه گزینه Explicit, Automatic_Standard Automatic_Company
Main	Resettable?	لیست		برای تعیین مشخصه رله با این گزینه می‌توان رله را دوباره Set کرد. یعنی انتگرال صفر می‌شود.
Main	Pickup Current	حقیقی	ثابت	جریان راه اندازی
Main	Time Dial Setting	حقیقی	ثابت	پیچ تنظیم زمان، مشخص کننده مقیاس زمانی مشخصه معکوس جریان - زمان
این بخش هنگامی فعال می‌شود که گزینه آن انتخاب شده باشد.				
Explicit Data Entry	Trip Characteristic Constant (A)	حقیقی	ثابت	ثابت A در رابطه
Explicit Data Entry	Trip Characteristic Constant (B)	حقیقی	ثابت	ثابت B در رابطه
Explicit Data Entry	Trip Characteristic Constant (K)	حقیقی	ثابت	ثابت K در رابطه
Explicit Data Entry	Trip Characteristic Constant (p)	حقیقی	ثابت	ثابت p در رابطه
Explicit Data Entry	Reset Time (tr)	حقیقی	ثابت	ثابت Tr در رابطه در واحد ثانیه
Explicit Data Entry	Reset Exponent Component (q)	حقیقی	ثابت	ثابت q در رابطه
این بخش هنگامی فعال می‌شود که گزینه آن انتخاب شده باشد.				
Automatic Data Entry Standard	Type of Curve Standard	دکمه رادیویی		تعیین نوع استاندارد

Automatic Data Entry Standard	Type of Characteristics	دکمه رادیویی	تعیین شکل مشخصه
این بخش هنگامی فعال می‌شود که گزینه آن انتخاب شده باشد.			
Automatic Data Entry Company	Type of Curve Standard	دکمه رادیویی	تعیین تولید کننده رله
Automatic Data Entry Company	Type of Characteristics	دکمه رادیویی	تعیین شکل مشخصه
Internal Output Variables	Integrator Input	حقیقی	خروجی
Internal Output Variables	Integrator Output	حقیقی	خروجی
			دامنه (فاصله از مبدا) تنظیمی محل مرکز دایره مهو زاویه (زاویه با نمودار x) تنظیمی محل مرکز دایره مهو

جدول ۱-۶

۲-۱-۶ عنصر جهت یاب

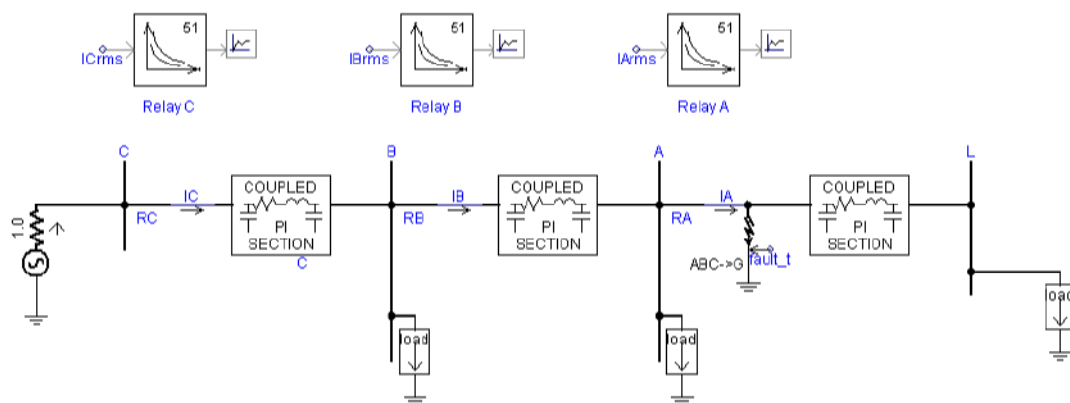


این عنصر بر اساس توالی منفی، محل خطا را تشخیص می‌دهند. اگر خطا مقابل آن باشد خروجی آن ۱ و در صورتیکه پشت آن باشد ۱- می‌شود. برای اطلاعات بیشتر به Help نرم‌افزار مراجعه کنید.

مثال ۱-۶ هماهنگی رله‌های اضافه جریان

فایل پروژه با نام OC.psc و فیلم آموزشی آن با نام OC.avi در CD همراه کتاب موجود است. در این مثال هدف یافتن مقادیر جریان شبکه در دو حالت کار عادی و اتصال کوتاه است. براساس نتایج آنها، محاسبه هماهنگی رله‌ها و سپس تنظیم پارامترها و آزمایش آنها در یک شبکه شعاعی می‌باشد.

ابتدا از تعریف رله اضافه جریان با نام itoc51 موجود در شاخه تعریف‌های کتابخانه اصلی یک کپی در شاخه تعریف‌های پروژه خود ایجاد کنید. سپس بوسیله کلیک راست بروی آن و انتخاب گزینه Creat Instances، سه نمونه از رله مورد نظر بروی صفحه بسازید. مداری مطابق شکل زیر طراحی کنید.



- ولتاژ خط: 230 kV
- امپدانس کل هر خط: $R=10\Omega$ و $X_L=100\Omega$ و $X_C=250M\Omega$
- طول خطها: هر کدام 1Km
- نوع مدل خط: مدل PI با در نظر گرفتن القای متقابل
- مقادیر بارها: کلیه بارها 100MW و 25MVar
- نوع بارها: بارها از نوع استاتیک هستند. (بارها از نوع موتوری نیستند).
- تعداد شینه: چهار شینه با نام L,A,B,C که هماهنگی رله ها برای شینه های A,B,C انجام می شود.
- نوع خط: سه فاز به زمین
- محل رله ها با علامت <نام شینه مورد نظر> $R < R$ مشخص شده است.
- نوع و مشخصه رله ها: این رله ها از نوع اضافه جریان می باشد. مشخصه آنرا بر اساس رابطه مربوط به رله اضافه جریان و با استفاده از جدول مربوطه تنظیم کنید. (جدول ۱-۶ و رابطه ۱-۶)

$$\begin{aligned}
 &A=0.14 \quad \bullet \\
 &B=0 \quad \bullet \\
 &K=0 \quad \bullet \\
 &P=0.02 \quad \bullet
 \end{aligned}$$

[itoc51] Inverse Time Over Current Relay

Explicit Data Entry

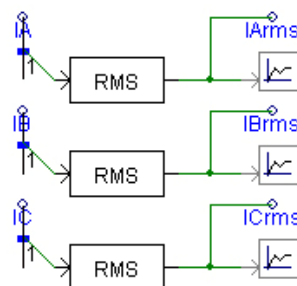
Trip Characteristic constant (A)	0.14
Trip Characteristic constant (B)	0
Trip Characteristic constant (K)	0
Trip Characteristic exponent (p)	0.02
Reset time (tr)	5.4 [sec]
Reset exponent constant (q)	2

OK Cancel Help

ابتدا مدار را یک بدون ایجاد اتصال کوتاه شبیه سازی کرده و مقادیر جریان‌ها را در حالت کار عادی (Full Load) یادداشت کنید. سپس در هر مرحله اتصال کوتاه را در محل‌های موردنظر قرار داده و مقدار جریان خطا را یادداشت کنید.

چند نکته قابل توجه است:

- تاثیر کاهنده جریان CTها در نظر گرفته نشده است. آمپرمترها به عنوان CTهای 1:1 استفاده شده‌اند.
- ورودی سیگنال جریان رله‌ها باید تک فاز و RMS باشد، زیرا این رله مقدار لحظه‌ای جریان را در نظر گرفته و با مقدار تنظیم شده مقایسه می‌کند. برای این منظور مطابق شکل زیر ضمن استفاده از جریان تک فاز آنرا با ثابت 0.05 RMS کنید.



- در این رله نیازی نیست مقدار PS محاسبه شود و می توان از Ib به طور مستقیم به عنوان جریان راه اندازی (Pickup Current) در تنظیم رله استفاده کرد.
- در PSCAD، TSM همان TD، Time Dial Setting می باشد.
- هنگام استفاده از خطا نقطه اتصالی آنرا حتما مقابل آمپر مترها قرار دهید.

هماهنگی:

رله A:

خطا را مقابل رله A قرار دهید. زمان عملکرد آنرا بر اساس $TSM=0.05$ محاسبه کنید.

$$I_L = 0.25kA$$

$$I_f = 6.3kA$$

$$I_b = 1.2 \cdot I_L \rightarrow I_b = 0.3kA$$

$$TSM_A = 0.05$$

$$t_A = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_b}\right)^{0.02} - 1} TSM_A \rightarrow t_A = \frac{0.14}{\left(\frac{6.3}{0.3}\right)^{0.02} - 1} 0.05 = 0.11$$

رله B:

خطا را مقابل رله A قرار دهید و رله B را با آن هماهنگ کنید.

$$I_L = 0.5kA$$

$$I_f = 6.3kA$$

$$I_b = 1.2 \cdot I_L \rightarrow I_b = 0.6kA$$

$$t_B = 0.5 + t_A \rightarrow t_B = 0.61$$

$$t_B = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_b}\right)^{0.02} - 1} TSM_B \rightarrow 0.61 = \frac{0.14}{\left(\frac{6.3}{0.6}\right)^{0.02} - 1} TSM_B \rightarrow TSM_B = 0.2$$

زمان عملکرد رله B برای خطا مقابل خود آن را محاسبه کنید.

$$I_L = 0.5kA$$

$$I_f = 13kA$$

$$I_b = 1.2 \cdot I_L \rightarrow I_b = 0.6kA$$

$$TSM_B = 0.2$$

$$t_B = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_b}\right)^{0.02} - 1} TSM_B \rightarrow t_B = \frac{0.14}{\left(\frac{13}{0.6}\right)^{0.02} - 1} 0.2 = 0.44$$

رله C:

خطا را مقابل رله B قرار دهید و رله C را با آن هماهنگ کنید.

$$I_L = 0.75kA$$

$$I_f = 13kA$$

$$I_b = 1.2 \cdot I_L \rightarrow I_b = 0.9kA$$

$$t_C = t_B + 0.5 \rightarrow t_C = 0.94$$

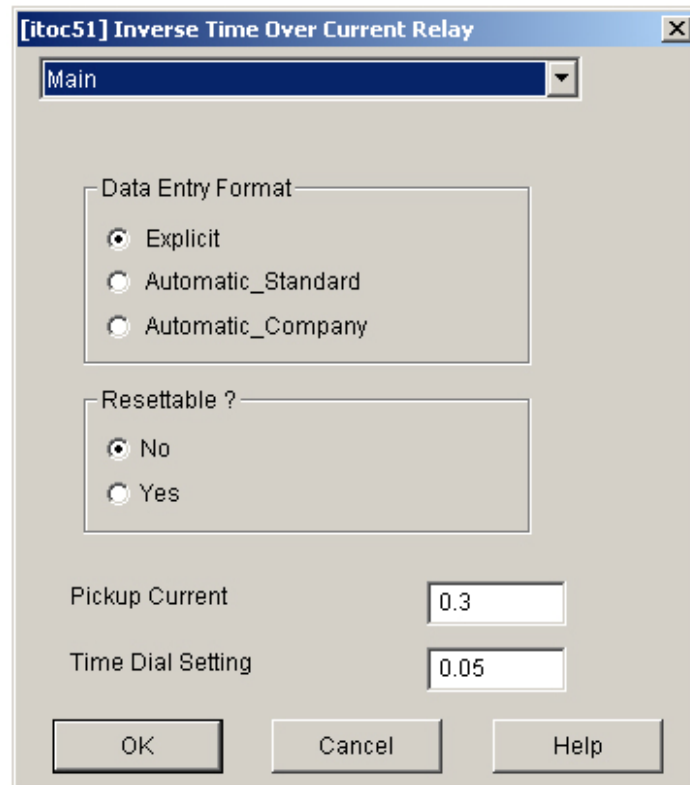
$$t_C = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_b}\right)^{0.02} - 1} TSM_C \rightarrow 0.94 = \frac{0.14}{\left(\frac{13}{0.9}\right)^{0.02} - 1} TSM_C \rightarrow TSM_C = 0.4$$

به دلیل گرد کردن TSM به مقادیر استاندارد، زمان عملکرد واقعی رله C برای خطا مقابل رله B را دوباره محاسبه کنید.

$$t_C = \frac{0.14}{\left(\frac{I_f}{I_b}\right)^{0.02} - 1} TSM_C \rightarrow t_C = \frac{0.14}{\left(\frac{13}{0.9}\right)^{0.02} - 1} 0.4 \rightarrow t_C = 1.03$$

حال پارامترهای رله‌ها را با استفاده از مقادیر محاسبه شده و با کمک پنجره پارامترها و جدول ۱-۶ تنظیم کنید.

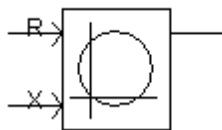
به عنوان مثال تنظیم رله A مطابق شکل زیر می‌شود.



قبل از آغاز شبیه‌سازی از پنجره پارامترهای رله‌ها، رسته Internal output variables را انتخاب کرده و محتویات داخل فیلدهای متنی را پاک کنید. اکنون برای آزمایش عملکرد رله‌ها خطا را در محل‌های موردنظر قرار دهید و عملکرد رله را مشاهده کنید.

۳-۱-۶ رله‌های دیستانس

رله مهو (۱-۳-۱-۶)



این رله از نوع دیستانس می‌باشد که برای تشخیص خطا، ورودی‌های R و X را چک می‌کند، اگر داخل ناحیه تنظیم قرار بگیرد، خروجی آن ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود. واحد R و X می‌تواند بر اساس اهم یا پریونیت باشد. نکته قابل توجه اینست که مقادیر تنظیمی و ورودی‌ها از یک واحد باشند. اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

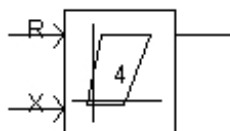
شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Configuration	Enter Coordinates of the Centre As	لیست		مشخص کننده نوع مختصات مرکز دایره مهو
Configuration	Radius of the Mho Circle	حقیقی	ثابت	شعاع دایره مهو

این بخش هنگامی فعال می‌شود که گزینه **Enter Coordinates of the Centre As (X,Y)** انتخاب شده باشد.

X (R) تنظیم محل مرکز دایره مهبو	ثابت	حقیقی	X Coordinate of the Centre	X-Y Coordinates of the Centre
Y (X) تنظیم محل مرکز دایره مهبو	ثابت	حقیقی	X Coordinate of the Centre	X-Y Coordinates of the Centre

این بخش هنگامی فعال می‌شود که گزینه **Enter Coordinates of the Centre As (Z,theta)** انتخاب شده باشد.

دامنه (فاصله از مبدا) تنظیمی محل مرکز دایره مهبو	ثابت	حقیقی	Z Coordinate of the Centre	Z-Theta Coordinates of the Centre
زاویه (زاویه با نمودار X) تنظیمی محل مرکز دایره مهبو	ثابت	حقیقی	Theta Coordinate of the Centre	Z-Theta Coordinates of the Centre



رله چهار گوش (۲-۳-۱-۶)

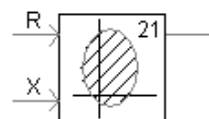
این رله از نوع دیستانس می‌باشد که برای تشخیص خطا، ورودی‌های R و X را چک می‌کند، اگر داخل ناحیه تنظیم قرار بگیرد، خروجی آن ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود.

واحد R و X می‌تواند بر اساس اهم یا پریونیت باشد. نکته قابل توجه اینست که مقادیر تنظیمی و ورودی‌ها از یک واحد باشند.

اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Main Data	No of Points in the Polygon	صحیح	ثابت	مشخص کننده تعداد اضلاع محدود کننده ناحیه
No of Points in the Polygon	X and Y Data Points	حقیقی	ثابت	مختصات X (R) و Y (X) اضلاع ناحیه تنظیمی را مشخص می‌کند.

رله با مشخصه لنز (۳-۳-۱-۶)



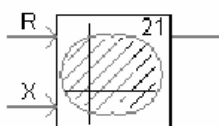
این رله از نوع دیستانس می‌باشد که برای تشخیص خطا، ورودی‌های R و X را چک می‌کند، اگر داخل ناحیه تنظیم قرار بگیرد، خروجی آن ۱ و در غیر اینصورت صفر می‌شود.

واحد R و X می‌تواند بر اساس اهم یا پریونیت باشد. نکته قابل توجه اینست که مقادیر تنظیمی و ورودی‌ها از یک واحد باشند.

اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Configuration	Coordinates of the centres	لیست		مشخص کننده نوع مختصات مرکز دایره مهو
Configuration	Radius of the circles C1 C2	حقیقی	ثابت	شعاع دایره های لنز
Coordinates of Circle C1	X - Y Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس X Y
Coordinates of Circle C1	Z - Theta Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس مختصات قطبی
Coordinates of Circle C2	X - Y Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس X Y
Coordinates of Circle C2	Z - Theta Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس مختصات قطبی

رله با مشخصه سیبی شکل (۴-۳-۱-۶)



این رله از نوع دیستانس می باشد که برای تشخیص خطا، ورودی های R و X را چک می کند، اگر داخل ناحیه تنظیم قرار بگیرد، خروجی آن ۱ و در غیر اینصورت صفر می شود.

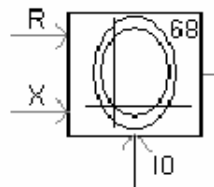
واحد R و X می تواند بر اساس اهم یا پریونیت باشد. نکته قابل توجه اینست که مقادیر تنظیمی و ورودی ها از یک واحد باشند.

اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

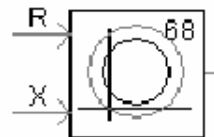
شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Configuration	Coordinates of the centres	لیست		مشخص کننده نوع مختصات مرکز دایره مهو
Configuration	Radius of the circles C1 C2	حقیقی	ثابت	شعاع دایره های لنز
Coordinates of Circle C1	X - Y Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس X Y
Coordinates of Circle C1	Z - Theta Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس مختصات قطبی
Coordinates of Circle C2	X - Y Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس X Y
Coordinates of Circle C2	Z - Theta Coordinate of the Centre	حقیقی	ثابت	مختصات مرکز دایره بر اساس مختصات قطبی

۴-۱-۶ رله‌های تشخیص نوسان توان (Out of Step)

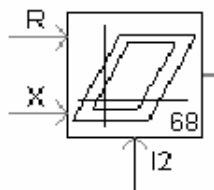
این رله برای جلوگیری از عملکرد اشتباه رله‌های دیستانس معمولی در مقابل نوسان توان ساخته شده‌اند. در صورت بوجود آمدن نوسان توان در سیستم قدرت این نوع رله‌ها زمان عبور این نوسانات - بروی صفحه مختصات - از حلقه‌های ۵ و ۶ را اندازه می‌گیرد، در صورتیکه این زمان از زمان تعیین شده بزرگتر باشد، آنرا به عنوان نوسان توان در نظر می‌گیرد. در این حالت رله عمل نمی‌کند. برای اطلاعات بیشتر به Help نرم‌افزار مراجعه شود.



رله تشخیص نوسان توان
با مشخصه لنز



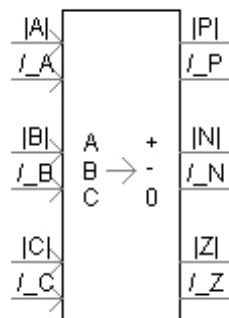
رله تشخیص نوسان توان
با مشخصه رله مهو



رله تشخیص نوسان توان
با مشخصه رله چهارگوش

۵-۱-۶ فیلتر توالی

این عنصر سه فاز را به توالی مثبت، منفی و صفر تبدیل می‌کند.



ورودی‌های عنصر

• $|A|$: دامنه فاز a

• I_A : زاویه فاز a

• $|B|$: دامنه فاز b

• $\angle B$: زاویه فاز b

• $|C|$: دامنه فاز c

• $\angle C$: زاویه فاز c

اگر بروی المان دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

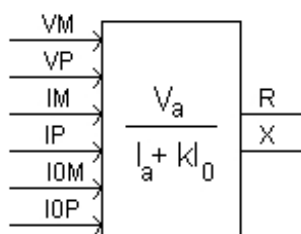
شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Configuration	Input Phase Angles are in	دکمه	انتخاب واحدهای ورودی	
Configuration	Output Phase Angles are in	دکمه	انتخاب واحدهای خروجی	
		رادیویی		
		رادیویی		

۶-۱-۶ عناصر محاسبه امپدانس

این عناصر برای استفاده توسط رله‌های دیستانس طراحی شده‌اند. این دو عنصر مقدار امپدانس زمین و خط به خط را اندازه‌گیری کرده و مقادیر R و X را در خروجی‌های خود قرار می‌دهند.

۶-۱-۶-۱ اندازه‌گیری امپدانس زمین:

این عنصر مقدار امپدانس خط به زمین را اندازه‌گیری می‌کند. خروجی آن X و R می‌باشد. رابطه‌ای که برای محاسبه استفاده می‌کند بروی آن نوشته شده است.



ورودی‌های عنصر

• VM : دامنه ولتاژ فاز

• VP : زاویه ولتاژ فاز

• IM : دامنه جریان فاز

• IP : زاویه جریان فاز

• IOM : دامنه جریان توالی صفر

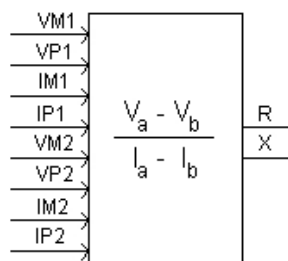
• IOP : زاویه جریان توالی صفر

اگر بروی المان دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Main Data	K Constant for Ground Impedance	حقیقی	ثابت	ثابت K
Main Data	Phase Angles are Given In	لیست		انتخاب واحدها
Initialization	Initialization Time	حقیقی	ثابت	مدت زمانی که سیستم بدون در نظر گرفتن حالت گذرا X و R برای محاسبات را ثابت نگه می‌دارد.
Initialization	Output R During Initialization	حقیقی	خروجی	مقدار R در هر لحظه
Initialization	Output X During initialization	حقیقی	خروجی	مقدار X در هر لحظه

۶-۱-۶ اندازه گیری امپدانس خط به خط

این عنصر مقدار امپدانس خط به خط را اندازه گیری می‌کند. خروجی آن X و R می‌باشد. رابطه‌ای که برای محاسبه استفاده می‌کند بروی آن نوشته شده است.



ورودی‌های عنصر

- VM1: دامنه ولتاژ فاز a
- VP1: زاویه ولتاژ فاز a
- IM1: دامنه جریان فاز a
- IP1: زاویه جریان فاز a
- VM2: دامنه ولتاژ فاز b
- VP2: زاویه ولتاژ فاز b
- IM2: دامنه جریان فاز b
- IP2: زاویه جریان فاز b

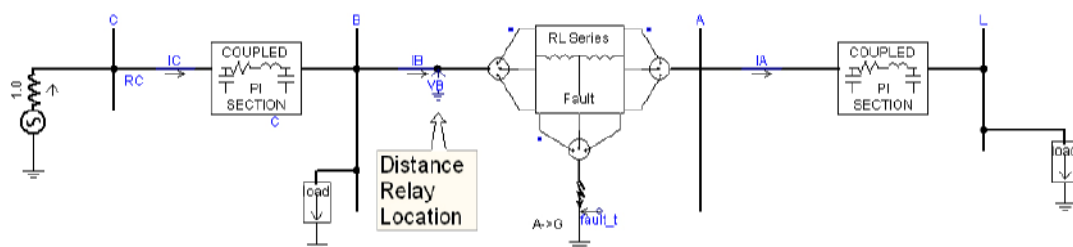
اگر بروی المان دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Main Data	Phase Angles are Given In	لیست	انتخاب واحدها	
Initialization	Initialization Time	حقیقی	ثابت	مدت زمانی که سیستم بدون در نظر گرفتن حالت گذرا X و R برای محاسبات را ثابت نگه می‌دارد.
Initialization	Output R During Initialization	حقیقی	خروجی	مقدار R در هر لحظه
Initialization	Output X During initialization	حقیقی	خروجی	مقدار X در هر لحظه

مثال ۶-۲ تنظیم zoneهای رله دیستانس با مشخصه مهو

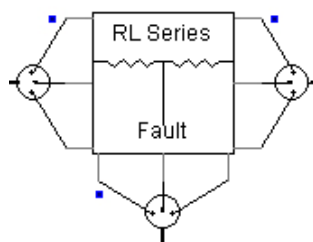
فایل پروژه با نام diff.psc در CD همراه کتاب موجود است.

در این مثال هدف تنظیم پارامترهای Zone اول از یک رله دیستانس با مشخصه مهو برای یک شبکه شعاعی می‌باشد. مداری مطابق شکل زیر طراحی کنید.



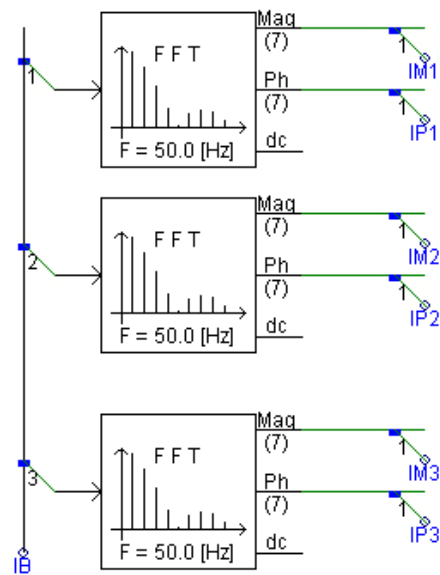
- ولتاژ خط: 230 kV
- امپدانس کل هر خط: $R=10\Omega$ و $Xl=100\Omega$ و $Xc=250M\Omega$
- طول خطها: هر کدام 1Km
- نوع مدل خط: مدل PI با در نظر گرفتن القای متقابل
- مقادیر بارها: کلیه بارها 100MW و 25MVar
- نوع بارها: بارها از نوع استاتیک هستند. (بارها از نوع موتوری نیستند).
- تعداد باس‌بار: چها باس بار با نام A,B,C,L
- محل رله بروی شکل مشخص شده است.

- برای ایجاد امکان خطا گذاری در مکان‌های مختلف خط، از یک المان ساخته شده توسط نویسندگان کتاب استفاده شده است.

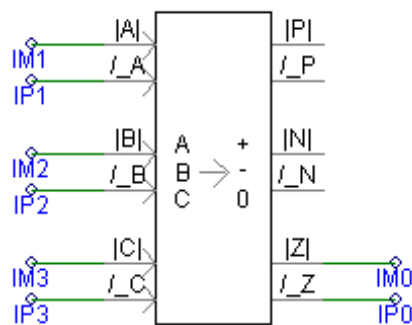


- با تغییر مقادیر R و L می توان محل اتصال کوتاه را روی خط تغییر داد. دقت کنید که در هر تغییر مجموع R و L در دو طرف Center با کل امپدانس خط برابر باشند.

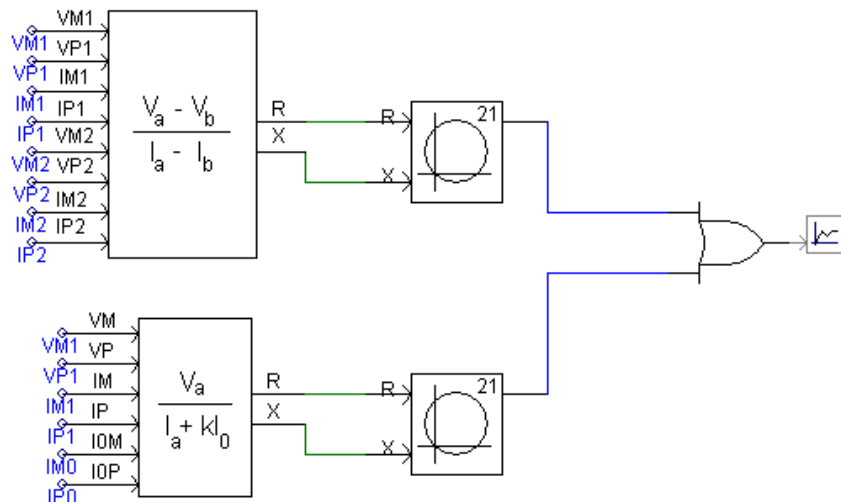
- برای تامین ورودی‌های رله دیستانس از المان‌های زیر استفاده شده است:
- بلوک فوریه: این بلوک در کتابخانه اصلی در بخش CSMF موجود است. که برای جدا کردن دامنه و زاویه ولتاژها و جریان‌های فازها به کار می‌رود.



- بلوک تبدیل توالی ABC به توالی مثبت، منفی و صفر



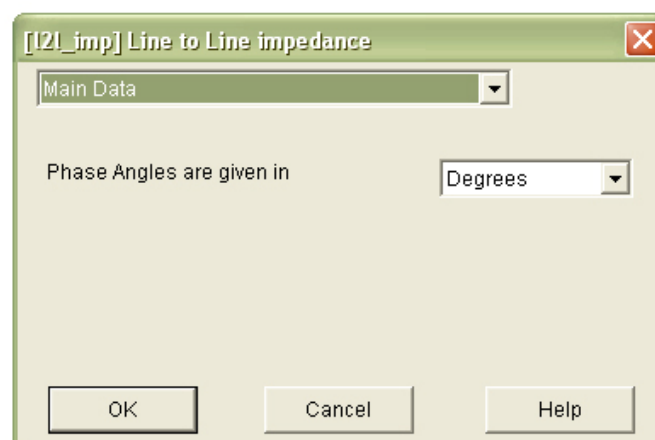
- بلوک اندازه گیری امپدانس زمین
- بلوک اندازه گیری امپدانس خط به خط
- دو رله دیستانس
- یک OR: در صورتیکه خط از نوع تک فاز، دو فاز یا سه فاز باشد باعث عملکرد رله می شود.



در حقیقت بک رله دیستانس برای هر Zone خود سه بلوک اندازه‌گیری امپدانس زمین، سه بلوک اندازه‌گیری امپدانس خط به خط دارد.

چند نکته قابل توجه است:

- نوع پارامتر زاویه (رادیان یا درجه) در کلیه المان‌ها در پنجره پارامترها درست تنظیم شوند و با یکدیگر همخوانی داشته باشند.



- زاویه دایره مهو در این رله بر اساس رادیان تنظیم شود.
- تاثیر کاهنده جریان CTها و PTها در نظر گرفته نشده است. آمپرمترها و ولتمترها به عنوان CTها و PTهای 1:1 استفاده شده‌اند.

محاسبه پارامترهای تنظیم Zone اول:

زاویه رله را بروی 45 درجه تنظیم کنید.

محاسبه پارامترهای رله دیستانس مطابق زیر است.

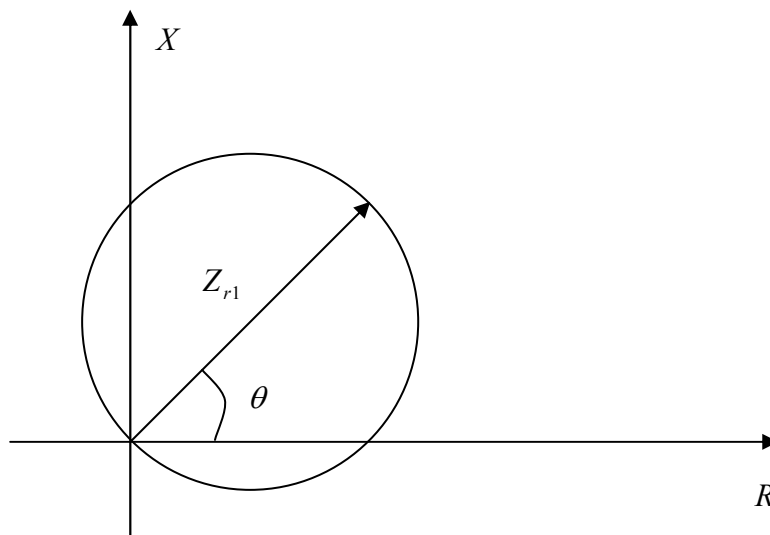
$$Z_{L1} = R + j(2\pi f \cdot L) = 1 + j10 = 10.05 \angle 84.28$$

$$Z_1 = 0.8 \cdot Z_{L1} \rightarrow Z_1 = 0.8 \cdot (10.05 \angle 84.28) = 8.04 \angle 84.28$$

$$Zone1 \rightarrow |Z_{r1}| = \frac{|Z_1|}{\cos(\phi_1 - \theta)} \rightarrow |Z_{r1}| = \frac{8.04}{\cos(84.28 - 45)} = 10.387$$

تنظیم رله :

برای تنظیم محدوده عملکرد رله با مشخصه مهو، ابتدا شکل مشخصه را طراحی کنید. (با فرض مماس بودن مشخصه با مرکز محورها و زاویه تنظیم 45 درجه)

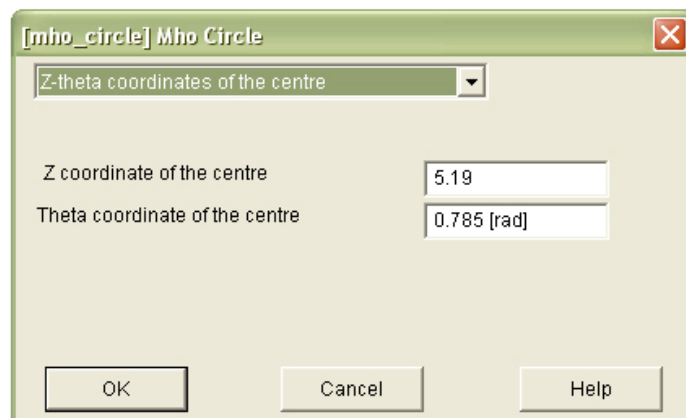


شکل ۶-۱

پارامترهای محاسبه شده را در پنجره پارامترهای رله تنظیم کنید:

- نوع ورودی زاویه را بروی Z,theta تنظیم کنید.
- شعاع دایره رله مهو را با توجه به شکل ۱-۶ تعیین کنید.

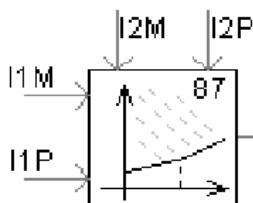
$$r = \frac{10.387}{2} = 5.19$$



- زاویه مرکز مشخصه را بروی 45 درجه (0.785 rad) تنظیم کنید.
- فاصله مرکز دایره مهو را از مرکز محورهای مشخص کنید.

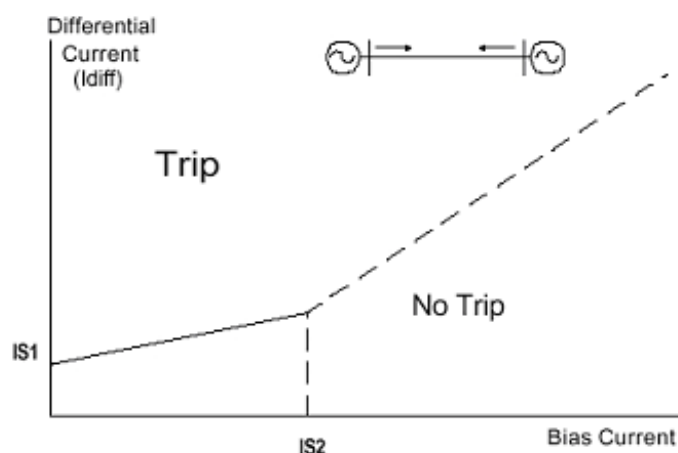
$$r = \frac{10.387}{2} = 5.19$$

پس از تنظیم پارامترهای رله‌ها شبیه سازی را آغاز کنید. می توانید با تغییر محل و نوع اتصال کوتاه عکس العمل رله را نسبت به خطاها مشاهده کنید.



۷-۱-۶ رله دیفرانسیل

این نوع رله یک رله دیفرانسیل دارای دو شیب با بایاس مقاوم می باشد.



- IS1: جریان تفاضلی تنظیم
- K1: درصد پایین تنظیم بایاس
- IS2: جریان بایاس تنظیم
- K2: درصد بالای تنظیم بایاس

ورودی‌های عنصر

- I1M: دامنه جریان در یک طرف رله در شبکه
- I1P: زاویه جریان در یک طرف رله در شبکه
- I2M: دامنه جریان در طرف دیگر رله در شبکه
- I2P: زاویه جریان در طرف دیگر رله در شبکه

CASE1:

$$|I_{bias}| < I_{s2}$$

$$\text{If } |I_{diff}| > K_1 \cdot |I_{bias}| + I_{s1} \quad \text{Then Trip}$$

رابطه ۲-۶

CASE2:

$$|I_{bias}| \geq I_{s2}$$

$$\text{If } |I_{diff}| > K_2 \cdot |I_{bias}| - (K_2 - K_1) \cdot I_{s2} + I_{s1} \quad \text{Then Trip}$$

خروجی وقتی ۱ می‌شود که یکی از دو شرایط رابطه ۲-۶ برقرار باشد و زمان باقی ماندن خطا طولانی تر از Hold Time باشد.

اگر بروی رله دو بار کلیک کنید، پنجره پارامترها نمایان می‌شود. جزئیات این پارامترها در زیر آمده است.

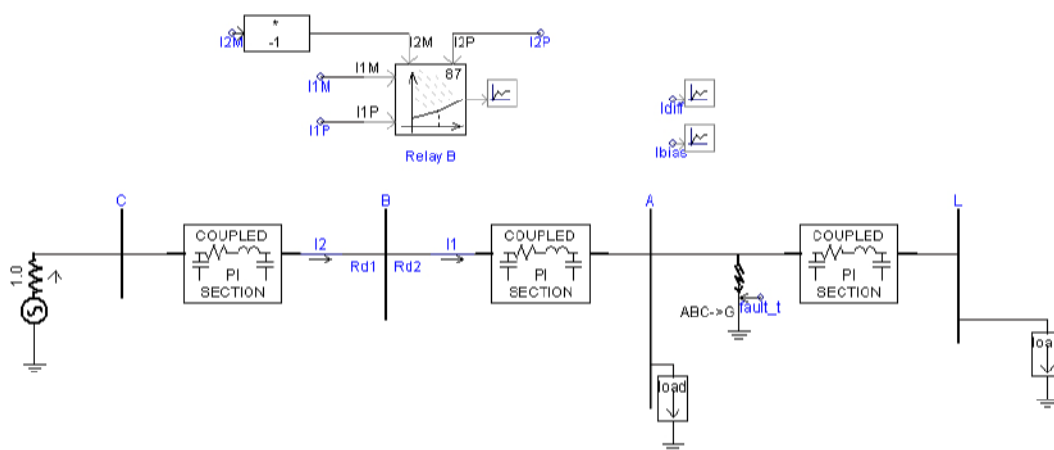
شاخه	ورودی	نوع ورودی	نوع پارامتر	کاربرد
Main	Input Angles are Given In	لیست	انتخاب واحدها	
Main	Differential Current Threshold	حقیقی	ثابت	جریان I_{s1}
Main	Lower Percentage Bias Setting	حقیقی	ثابت	ثابت $K1$
Main	Bias Current Threshold Setting	حقیقی	ثابت	جریان I_{s2}
Main	Higher percentage bias setting	حقیقی	ثابت	ثابت $K2$
Main	Hold Time	حقیقی	ثابت	زمان انتظار رله برای اطمینان از خطا
Internal Output Variables	Differential current	حقیقی	خروجی	خروجی جریان عمل کننده (تفاضلی)
Internal Output Variables	Bias current	حقیقی	خروجی	خروجی جریان بایاس

مثال ۳-۶ حفاظت یک شینه توسط رله دیفرانسیل

فایل پروژه با نام diff.psc در CD همراه کتاب موجود است.

در این مثال هدف حفاظت یک شینه در مقابل اتصال کوتاه‌هایی است که در محدوده شینه اتفاق می‌افتد. رله باید قادر باشد نسبت به خطاهای خارج از محدوده شینه عکس‌العمل نشان ندهد.

مداری مطابق شکل زیر طراحی کنید.

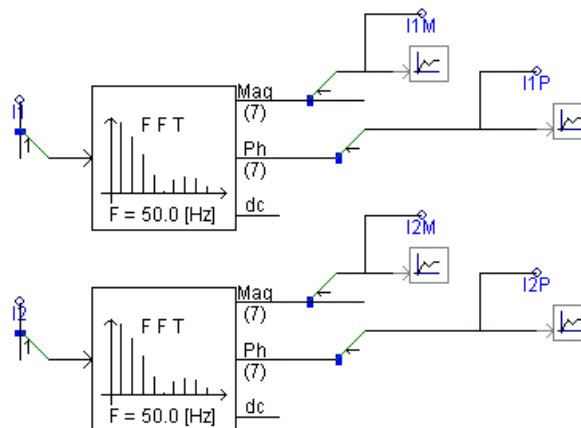


- ولتاژ خط: 230 kV
- امپدانس کل هر خط: $R=10\Omega$ و $Xl=100\Omega$ و $Xc=250M\Omega$
- طول خطها: هر کدام 1Km

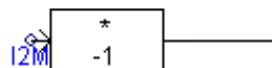
- نوع مدل خط: مدل PI با در نظر گرفتن القای متقابل
- مقادیر بارها: کلیه بارها 100MW و 25MVar
- نوع بارها: بارها از نوع استاتیک هستند. (بارها از نوع موتوری نیستند).
- تعداد شینه: چهار شینه با نام L,A,B,C که حفاظت از شینه B موردنظر است.
- نوع خط: سه فاز به زمین
- محل رله بروی شینه B

چند نکته قابل توجه است:

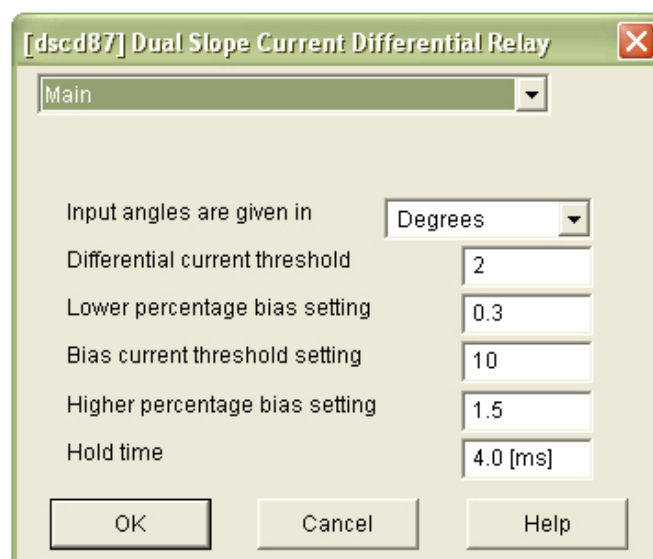
- تاثیر کاهنده جریان CTها در نظر گرفته نشده است. آمپرمترها به عنوان CTهای 1:1 استفاده شده‌اند.
- ورودی سیگنال جریان رله‌ها باید دامنه و زاویه ولتاژ یک فاز باشد. برای این منظور از یک المان استفاده کنید که دامنه و فاز یک سیگنال را به طور جداگانه ایجاد کند. مطابق شکل زیر می‌توان از یک بلوک فوریه برای این کار استفاده کرد.



- بلوک ضرب در -1 قرار داده شده است تا قبل از محاسبه Idiff توسط رله، این دو جریان از یکدیگر کم شوند.



- می‌توان پارامترها را طوری تنظیم کرد که رله در محدوده اول خود Case1 رابطه ۲-۶ عمل کند. نمونه‌ای از تنظیم این رله مطابق زیر است.



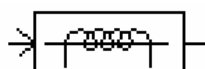
پس از انجام تغییرات و تنظیمات، شبیه سازی را آغاز کنید. خطا را یک بار داخل محدوده شینه و یک بار خارج از آن قرار دهید و عکس العمل رله را بروی نمودارها مشاهده کنید.

۲-۶ عناصر دیگر

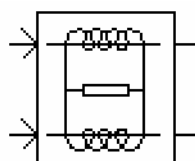
۱-۲-۶ Ct ها:



مدل لوکاس

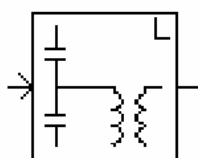


مدل JA



ترانسفورماتور جریان
تفاضلی دوپل مدل JA

۲-۲-۶ ترانسفورماتور ولتاژ خازنی (CVT):



فصل هفتم

مرجع کدهای PSCAD

مقدمه

امکان کدنویسی در PSCAD اولین بار در نسخه شماره ۲ ارائه شد. این امکان برای آن بوجود آمده بود که ساخت Component های جدید انعطاف و قابلیت های بیشتری پیدا کند. کلیه کدهای نوشته شده بر اساس استاندارد PSCAD در یک فرآیند پیشین تبدیل به استاندارد Fortran شده و قبل از کامپایل مستقیماً وارد فایل پروژه Fortran می شوند. به وسیله این کد می توان بلوک هایی ساخت که دارای توابع متنوع، گزاره های شرطی، ساختارهای متفاوتی باشند و در مقابل ورودی های متفاوت عکس العمل های درستی نشان دهند. همانطور که قبلاً نیز گفته شد، فصل حاضر ارتباط تنگاتنگی با فصل پنجم در یعنی طراحی بلوک ها دارد. پیشنهاد می شود قبل از شروع به ساخت یک بلوک هر دو بخش مطالعه شود. در این فصل روش کد نویسی با استاندارد PSCAD به همراه یک مثال در هر بخش مورد بررسی قرار می گیرد.

۷-۱) فرآیند پیشین (THE PRE-PROCESSOR)

کد استاندارد Fortran را می توان به طور مستقیم برای دینامیک های EMTDC استفاده کرد. (کدهایی که در قسمت های Fortran، DSDYN و DSOUT نوشته می شوند). ولی پیشنهاد می شود هر جا که ممکن است از روش کدنویسی PSCAD استفاده شود، زیرا در این حالت رفتار هر بلوک مستقل از کامپایلر می شود.

در صورت استفاده ترکیبی از کدهای استاندارد Fortran و روش کدنویسی PSCAD، کاربر قادر خواهد بود محدوده وسیعی از بلوک ها را بسازد. در صورت نیاز می توان توابع و Subroutine های C و Fortran را از داخل بلوک فراخوانی کرد.

۷-۲) عملگرها (Operators)

سه عملگر در PSCAD وجود دارد که در هر بخشی از تعریف بلوک می توان از آنها استفاده کرد. این عملگرها همیشه و در همه جا تابع یکسانی را اجرا می کنند.

Substitution Prefix: \$ -

- Expression Braces: { }
- Comment Indicator: !

۱-۲-۷ عملگر پیشوندی جایگزینی (Substitution Prefix Operator) \$

علامت دلار \$ در PSCAD بسیار پر اهمیت است. در صورتیکه در مقابل یک کلمه قرار بگیرد، نرم‌افزار متوجه می‌شود که کلمه مقابل آن یک متغیر از پیش تعریف شده است. از این عملگر می‌توان در قسمت‌های Fortran، DSDYN، DSOUT، Branch، Model-Data، T-Lines، Transformers، Matrix-Fill استفاده کرد. نکته قابل توجه اینست این عملگر برای تعریف یکی از متغیرهای زیر بکار رود.

- اتصالات
- پارامترهای ورودی
- هر متغیر تعریف شده در قسمت Computations

مثال ۱-۷

بلوک طراحی شده توسط کاربر یک تابع خارجی را که یک فرکانس به عنوان آرگومان ورودی نیاز دارد فراخوانی می‌کند. پارامتر فرکانس در بخش پارامترها از تعریف بلوک موردنظر با نام F وجود دارد. یک اتصال خروجی به نام OUT وجود دارد که مقدار خروجی این تابع در آن قرار می‌گیرد. کد موردنظر شبیه زیر می‌شود:

```
#FUNCTION REAL F_CON Frequency Converter
!  
$OUT = F_CON($F)
```

۲-۲-۷ آکولادهای عبارتی (Expression Braces) {}

این آکولادها در تمامی بخش‌های تعریف یک بلوک می‌تواند وجود داشته باشد و برای استفاده از روابط ریاضی، اضافه کردن یک کد و یا تعریف یک متغیر بر اساس گزاره‌های شرطی از آن استفاده می‌شود.

یک نکته وجود دارد، این آکولادها تنها برای استفاده از مقادیر ثابت کاربرد دارد و نمی‌توان از متغیرها در آن استفاده کرد و باید از مقادیر ثابت باشد. (مقادیر ثابت مانند پارامترهای ورودی، ثابت‌های محلی و ثابت‌هایی که در قسمت Computations استفاده می‌شود).

مثال ۲-۷

مثال زیر برای نشان دادن دو کاربرد از این عملگر می‌باشد،

نمونه زیر نشان می‌دهد که چگونه از آکولادهای دایرکتیو #Case و ادامه دهنده‌های خط برای تکمیل آرگومان ورودی یک تابع با شرط مقدار FType استفاده می‌شود.

```
$OUT = F_CON (~
!
#CASE FType {~$Fhz) } {~$Frad) }
```

مثال دیگر نشان می‌دهد که چگونه از آکولادهای عبارتی برای تشخیص درستی ضرب یک ثابت از پیش تعریف شده و یک متغیر از پیش تعریف شده (یک اتصال در بخش گرافیکی)، استفاده می‌شود. (اگر ضرب برابر با ۱ نشود) توجه کنید که ۶ فاصله بلوک‌ئی از آکولادهای عبارتی می‌باشد.

```
!
#IF mult != 1 {           $Out = $K * $In}
!
```

۳-۲-۷) اندیکاتور توضیح (Comment Indicator) !

این اندیکاتور را می‌توان در کلیه بخش‌های تعریف یک بلوک استفاده کرد. این علامت نشان می‌دهد که کدام یک از خط‌های کد بلوک توضیحات است و نباید کامپایل و اجرا شود.

مثال ۳-۷

این توضیحات هنگامی استفاده می‌شود که کاربر نیاز به توضیح درباره کد یا خطی از آن داشته باشد. کاربرد دیگر آن ایجاد فاصله بین خطوط کد است. این عملگر در کلیه قسمت‌ها به بلوک قسمت Branch قابل استفاده است.

```
! MY FIRST PSCAD SCRIPT
! -----
!
! Storage:
!
#STORAGE REAL:1
!
! Main body of script:
```

۷-۳) دایرکتیوها (Directives)

دایرکتیوهای کد برای ساده کردن ساخت کد Fortran استفاده می‌شود. هر کدام از این دایرکتیوها کاربرد خاصی دارد. دایرکتیوها همیشه با پیشوند # آغاز می‌شوند. برای ایجاد انعطاف در نوشتن کد، ایجاد فاصله قبل و بعد از پیشوند # مجاز است.

۷-۳-۱) #STORAGE

این دایرکتیو اولین بار در نسخه ۳ نرم‌افزار PSCAD ارائه شد. تا بلوک‌ها را با دینامیک‌های ابعادی Fortran 90 سازگار کند. هدف این دایرکتیو اینست که نشان دهد چند المان ذخیره‌ای باید به طور دینامیکی برای یک بلوک خاص اختصاص داده شود. در حقیقت #STORAGE ارتباط نزدیکی با متغیرهای داخلی EMTDC STORx دارد. یعنی اگر از متغیرهای داخلی EMTDC STORx در کد یک بلوک استفاده شود، این دایرکتیو باعث می‌شود که فضای اختصاص داده شده به بلوک موردنظر توسط PSCAD دارای بعد مناسب باشد.

#STORAGE <TYPE>:<Number>

<Type> یکی از انواع متغیرهای STORx که شامل REAL، INTEGER، LOGICAL و COMPLEX می‌باشد. <Number> تعداد عناصری است که ذخیره می‌شوند.

مثال ۷-۴

کد زیر نشان می‌دهد که باید در هر پله زمانی ۱۰ عدد عنصر REAL، ۴ عدد عنصر INTEGER و ۱ عدد عنصر LOGICAL ذخیره شود. کاربر از نوشتن این کد می‌خواهد از اختصاص فضای دینامیکی توسط PSCAD اطمینان حاصل کند.

```
#STORAGE REAL:10 INTEGER:4 LOGICAL:1
```

این عبارت در هر جایی از کد می‌تواند قرار بگیرد ولی بهتر است نزدیک به ابتدای کد باشد. در صورتیکه به نوعی از متغیر نیازی نباشد، لازم نیست نام و نوع آن در عبارت فوق وجود داشته باشد.

۷-۳-۲) #LOCAL

این دایرکتیو برای تعریف متغیرهای محلی که در کلاس پیش‌تعریف‌ها قرار نمی‌گیرند، استفاده می‌شود. این متغیرها در کد بدن علامت \$ در کد ظاهر می‌شوند. #LOCAL می‌تواند در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT استفاده می‌شود، استاندارد نوشتن آن به شکل زیر است:

#LOCAL <TYPE> <Name> <Array_Size>

<Type> می‌تواند REAL، INTEGER و LOGICAL باشد. <Name> نام متغیر محلی است. <Array_Size> یک عدد صحیح است که اندازه آرایه را مشخص می‌کند. در صورتیکه متغیر محلی تک بعدی است <Array_Size> خالی رها شود.

مثال ۵-۷

در مثال زیر کاربر نیاز به دو متغیر محلی دارد تا به عنوان آرگومان Subroutine از آنها استفاده کند.

بر اساس گزاره شرطی با شرط A (به عنوان یک متغیر پیش تعریف شده)، متغیر صحیح محلی X و آرایه محلی حقیقی Error قبل از فراخوانی Subroutine مقدار دهی می‌شوند.

```
#LOCAL INTEGER MY_X
#LOCAL REAL Error 2
!
#IF A > 1
    MY_X = 1
    Error(1) = 0.2
#ELSE
    MY_X = 0
    Error(2) = 0.8
#ENDIF
!
    CALL SUB1(MY_X, Error)
!
```

#FUNCTION (۳-۳-۷)

این دایرکتیو برای اعلام حضور یک تابع و نوع آرگومان بازگشتی آن استفاده می‌شود. اگر در داخل تعریف یک بلوک یک تابع فراخوانی شود، استفاده از دایرکتیو #FUNCTION الزامیست. این دایرکتیو در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT استفاده می‌شود و استاندارد آن مطابق زیر است:

#FUNCTION <TYPE> <Name> <Description>

<Type> می‌تواند REAL، INTEGER و LOGICAL باشد. <Name> نام تابع مورد استفاده در کد است و <Description> توضیحی است که EMTDC آنرا به عنوان یک توضیح در ابتدای خط کد Fortran در نظر می‌گیرد.

مثال ۶-۷

بلوک Hard Limiter در کتابخانه اصلی PSCAD یک تابع حقیقی با نام LIMIT را برای ارسال سیگنال خروجی به یک اتصال خارجی به نام O فراخوانی می‌کند. (توجه کنید متغیرهای LL، UL و I از پیش تعریف شده می‌باشند).
 کد زیر مربوط به این بلوک در قسمت Fortran است،

```
#FUNCTION REAL LIMIT Hard Limiter
!  
    $O = LIMIT($LL, $UL, $I)  
!
```

#SUBROUTINE (۴-۳-۷)

این دایرکتیو برای ارائه توضیحی درباره Subroutine فراخوانی شده در بلوک استفاده می‌شود. استفاده از این دایرکتیو اجباری نیست در عین حال استفاده از آن پیشنهاد می‌شود. این دایرکتیو را می‌توان در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT استفاده کرد. استاندارد نوشتن آن مطابق زیر است،

#SUBROUTINE <Name> <Description>

<Name> نام Subroutine مورد استفاده در کد است و <Description> توضیحی است که EMTDC آنرا به عنوان یک توضیح در ابتدای خط کد Fortran در نظر می‌گیرد.

مثال ۷-۷

کاربر یک Subroutine با نام SUB1 را از داخل کد بلوک فراخوانی می‌کند. و مایل است توضیح کوتاهی نیز برای این Subroutine به کد خود اضافه کند.

```
#SUBROUTINE SUB1 User Subroutine  
    CALL SUB1($X, $Y, $Z)  
!
```

X، Y و Z متغیرهای پیش تعریف شده‌اند.

#OUTPUT (۵-۳-۷)

این دایرکتیو اولین بار در نسخه شماره ۳ نرم‌افزار PSCAD به منظور روشی برای مانیتور کردن متغیرهای داخلی یک بلوک ارائه شد.

#OUTPUT دو وظیفه را انجام می‌دهد: ابتدا متغیر بر اساس نام ارائه شده تعریف می‌کند، سپس مقدار ارائه شده در Expression را به آن نسبت می‌دهد. این دایرکتیو را می‌توان در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT استفاده کرد. استاندارد نوشتن آن مطابق زیر است،

#OUTPUT <TYPE> <Name> <Array_Size> {<Expression>}

<Type> می‌تواند REAL، INTEGER و LOGICAL باشد. <Name> نام متغیر ارائه شده است. <Array_Size> یک عدد صحیح است که ابعاد آرایه موردنظر را مشخص می‌کند. اگر متغیر تک بعدی باشد، این بخش خالی رها شود. <Expression> می‌تواند یک عبارت ریاضی، محل ذخیره و تعریفی ساده از یک متغیر باشد.

مثال ۷-۸

روش‌های متنوعی برای تعریف یک متغیر خروجی وجود دارد. لیست زیر تعدادی از این روش‌ها را نشان می‌دهد،

```
! Defines a REAL variable 'freq' and substitutes
! the value of a pre-defined variable 'Fout.'
!
#OUTPUT REAL freq {$Fout}
!
! Defines an INTEGER variable 'Xon' and assigns
! it the value of a storage location.
!
#OUTPUT INTEGER Xon {STORI(NSTORI+1)}
!
! Defines a REAL variable 'Pout' and assigns
! it the value of a given mathematical
! expression.
!
#OUTPUT REAL Pout {$V*$I}
!
```

۷-۳-۶ #TRANSFORMERS

هنگامی که از عناصر القای متقابل در کد استفاده شود باید این دایرکتور به کد اضافه شود. نمونه‌هایی که از این دایرکتور کتابخانه اصلی استفاده کرده‌اند، در مدل‌های ترانسفورماتور و مدل‌های PI خط انتقال است.

#TRANSFORMERS دو هدف اصلی را دنبال می‌کند:

- روشی است برای تعیین شماره توالی کلیه مدل‌هایی که دارای القای متقابل برای تعیین ابعاد به شکل دینامیکی هستند. (هنگامی که از Fortran 90 استفاده شود)

- شماره‌های مشترکی برای جریان‌های سیم پیچ‌های القای متقابل آدرس دهی می‌شود. جریان سیم پیچی ترانس‌ها توسط ماتریس $EMTDC\ CDCTR(M,N)$ اندازه گیری می‌شود. سطرهای این ماتریس M نشان دهنده جریان‌ها و ستون‌های آن N نشان دهنده تعداد ترانسفورمرها است.

این دایرکتیو در قسمت Transformers استفاده می‌شود و استاندارد آن مطابق زیر است،

#TRANSFORMERS <Number>

<Number> تعداد ترانسفورماتورهای موجود در بلوک موردنظر است.

مثال ۹-۷

ترانسفورماتورهای سه فاز دو سیم پیچ موجود در کتابخانه اصلی از سه ترانسفورماتور تک‌فاز تشکیل شده است. دایرکتیو آن به شکل زیر است،

```
#TRANSFORMERS 3
```

#WINDINGS (۷-۳-۷)

این دایرکتیو اولین بار در نسخه 4.02 برای بالا بردن انعطاف و تعداد بیشتر سیم پیچ‌های القای متقابل در ترانسفورماتورها ارائه شد.

این دایرکتیو می‌تواند برای تعداد زیادی سیم پیچ القای متقابل مورد استفاده قرار بگیرد. PSCAD ابتدا حداکثر تعداد سیم پیچ را بر اساس عدد نوشته شده مقابل #WINDINGS تعیین می‌کند و در فایل MAP (.map) قرار می‌دهد.

این دایرکتور در قسمت Transformers استفاده می‌شود و استاندارد آن مطابق زیر است،

#WINDINGS <Number>

<Number> حداکثر تعداد سیم پیچ‌های القای متقابل موجود در بلوک موردنظر را مشخص می‌کند.

مثال ۱۰-۷

دایرکتیو هر یک از ترانسفورماتورهای تک فاز سازنده یک 3-phase, 2-winding classical transformer که در بخش ترانسفورماتورهای کتابخانه اصلی قرار دارد، به شکل زیر است،

```
#WINDINGS 2
```

۷-۳-۸) دایرکتیوهای #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF

دایرکتیوهای #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF نوع خاصی از دایرکتیوها هستند که امکان چک شدن برخی شرایط را قبل از کامپایل شدن برای کاربر ایجاد می کنند. این دایرکتیوها می توانند مشخصات الکتریکی یک بلوک را مورد تغییر قرار دهند و یا مانند IF-THEN-ELSE استاندارد Fortran در سیستم EMTDC عمل کنند. این دایرکتورها در کلیه قسمت ها قابل استفاده هستند. استاندارد آنها مانند زیر است:

#IF <Logic>

...Application_Code...

#ELSEIF <Logic>

#IF <Logic>

...Application_Code...

#ELSE

...Application_Code...

#ENDIF

#ELSE <Logic>

...Application_Code...

#ENDIF

نیاز باشد می توان از کدمیان بر زیر استفاده کرد: IF-THEN اگر یک گذاره شرطی ساده

#IF <Logic> {<Expression>}

می تواند <Expression> یک عبارت منطقی بر اساس عملگرهای منطقی است. <Logic> تعاریف متنوعی داشته باشد.

مثال ۷-۱۱

کاربر می خواهد هرگاه که نیاز باشد خروجی یک سیگنال ژنراتور را بین Sine و Cosine تغییر دهد. در بخش پارامترهای بلوک یک Choice Box به نام Type وجود دارد که از کاربر می خواهد نوع خروجی را انتخاب کند. سپس اگر مقدار پارامتر ۱ شد خروجی سینوسی شود. (و اگر مقدار پارامتر ۰ شد خروجی کسینوسی شود).

کد آن در قسمت‌های Fortran، DSDYN و DSOUT مانند زیر است،

```
!
! Signal Generator
!
#IF Type == 1
    $OUT = SIN(TWO_PI*$F)
#ELSE
    $OUT = COS(TWO_PI*$F)
#ENDIF
!
```

F یک متغیر از پیش تعریف شده و OUT یک اتصال خروجی در بخش گرافیکی می‌باشد.
کد بالا با استفاده از آکولادهای عبارتی به شکل زیر می‌باشد،

```
!
! Signal Generator
!
#IF Type == 1 {      $OUT = SIN(TWO_PI*$F) }
#IF Type != 1 {      $OUT = COS(TWO_PI*$F) }
!
```

مثال ۷-۱۲

کاربر یک بلوک الکتریکی ساخته است که می‌تواند یک مقاومت ساده، القاگر یا خازن باشد. این بلوک یک پارامتر ورودی از نوع Choice Box در بخش پارامترها به نام Type دارد. این پارامتر می‌تواند ۱، ۲ یا ۳ به ترتیب به عنوان مقاومت القاگر یا خازن بشود. سه ورودی عددی وجود دارد که مقادیر این سه المان در آنجا وارد شود.
کد این مثال در قسمت Branch مانند زیر است،

```
#IF Type == 1
    $N1 $N2 $R 0.0 0.0
#ELSEIF Type==2
    $N1 $N2 0.0 $L 0.0
#ELSE
    $N1 $N2 0.0 0.0 $C
#ENDIF
```

N1 و N2 گره‌های الکتریکی در بخش گرافیکی هستند.
کد بالا را با استفاده از آکولادهای عبارتی نیز می‌توان نوشت،

۷-۴) عملگر ادامه دهنده خط ~

این عملگر برای شکستن یک به چند خط استفاده می‌شود. بیشترین استفاده آن هنگامی است که خط بسیار طولانی باشد و یا اینکه مقدار متغیر یک گزاره شرطی در خطهای مختلف متغیر باشد. (مانند دایرکتیو #CASE)

PSCAD به طور اتوماتیک این خطها را به یکدیگر متصل کرده و آنها را به کامپایلر ارائه می‌دهد. عملکرد این عملگر اینگونه است که خطی که با علامت ~ تمام شده باشد به خط بعدی در صورتیکه با علامت ~ شروع شده باشد، پیوند می‌خورد. این فرآیند برای گزاره‌های شرطی پس از اعمال شرط انجام می‌شود.

مثال ۷-۱۳

اگر مثال ۷-۱۰ را با استفاده از عملگر ~ دوباره بنویسیم کد زیر می‌شود،

```
!
! Signal Generator
!
      $OUT = ~
#IF Type==1
~SIN~
#ELSE
~COS~
#ENDIF
~(TWO_PI*$F)
!
```

اگر مقدار Type برابر با ۲ شود، پس از فرآیند چک شرط و چسباندن خطها به یکدیگر کد Fortran ساخته شده، قبل از ارائه به کامپایلر تبدیل به کد زیر می‌شود،

```
!
! Signal Generator
!
      $OUT = COS(TWO_PI*$F)
```

۷-۵) دایرکتیو شرطی #CASE

این دایرکتیو در حقیقت برای کوتاه کردن خطوط به جای دایرکتیوهای #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF استفاده می‌شود. دایرکتیو #CASE هنگامی استفاده می‌شود که تعداد زیادی #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF پشت سر یکدیگر و در یک سطح وجود داشته باشد.

#CASE <Expression> {<Clause_0>} {<Clause_1>} ...

<Expression> باید یک خروجی عددی بین ۰ تا n تولید کند و می‌تواند یک عبارت ریاضی یا یک متغیر تعریف شده باشد. <Clause_n> مشخص می‌کند در هر یک از مقادیر مختلف Expression چه اتفاقی بیفتد.

مثال ۷-۱۴

دوباره به مثال ۷-۱۰ و مثال ۷-۱۲ بازگردید، روش جدید برای کوتاه شدن کدهای موجود در این مثال‌ها، استفاده از دایرکتیو #CASE است. کد آن مطابق زیر می‌شود،

```
!
! Signal Generator
!
      $OUT = ~
#CASE Type {~COS~} {~SIN~}
~ (TWO_PI*$F)
!
```

دقت کنید که Type می‌تواند مقدارهای ۰ یا ۱ بگیرد.

مثال ۷-۱۵

در ترانسفورماتور سه فاز دو سیم پیچ موجود در کتابخانه اصلی از دایرکتیو #CASE در قسمت Transformers استفاده شده است،

```
!
#CASE YD1*Lead {$A1 $G1~} {$A1 $B1~} {$A1 $C1~}
```

در اینجا YD1 و Lead هر دو پارامترهای ورودی هستند. YD1 می‌تواند ۰ یا ۱ و Lead می‌تواند ۱ یا ۲ باشد. از ضرب این دو متغیر مشخص می‌شود کدام یک از شرایط برقرار شود.

۷-۶) ارزیابی عبارات (مرجع کلیه عبارات ریاضی، حسابی، منطقی و سه گانه)

علاوه بر عبارات متنوع حسابی و منطقی، PSCAD تعداد محدودی از عبارات ریاضی را نیز ارائه می‌دهد.

عبارات ریاضی اکثراً در قسمت Computations و Fortran استفاده می‌شود در حالیکه عبارت حسابی و منطقی می‌توانند در کل تعریف بلوک مورد استفاده قرار گیرند.

۷-۶-۱) عبارات ریاضی

محاسبات ریاضی می‌توانند بروی پارامترهای ورودی، سیگنال‌های ورودی و یا بروی پاسخ‌های آنها انجام گیرد.

جدول زیر لیست کلیه توابع ریاضی موجود در PSCAD را نشان می‌دهد:

تابع	توضیح
SIN(x)	Sine function
COS(x)	Cosine function
TAN(x)	Tangent function
ASIN(x)	Inverse sine function
ACOS(x)	Inverse cosine function
ATAN(x)	Inverse tangent function
SINH(x)	Hyperbolic sine function
COSH(x)	Hyperbolic cosine function
TANH(x)	Hyperbolic tangent function
LOG(x)	Natural logarithm
EXP(x)	Exponential
LOG10(x)	Base 10 logarithm
SQRT(x)	Square root
ABS(x)	Absolute value
REAL(x)	Real part of complex number
IMAG(x)	Imaginary part of complex number

MOD(x)	MOD function
NORM(x)	Norm of complex number ($x^2 + y^2$)
CEIL(x)	Rounds fraction to next upper integer
FLOOR(x)	Rounds fraction to next lower integer
ROUND(x)	Adds 0.5 to a REAL value and then performs an INT function (i.e. $ROUND(X) = INT(X+0.5)$). Do not use with negative numbers
INT(x)	Removes fractional part of REAL value (right side of decimal)
FRAC(x)	Removes integer part of REAL value (left side of decimal)
RAND(x)	Random value between 0 and x
P2RX(m,q)	Polar to rectangular conversion (q in degrees)
P2RY(m,q)	Polar to rectangular conversion (q in degrees)
R2PM(x,y)	Rectangular to polar conversion
R2PA(x,y)	Rectangular to polar conversion

۷-۶-۲) عملگرهای حسابی

لیست زیر کلیه عملگرهای حسابی موجود در PSCAD را نشان می‌دهد. این عملگرها اکثراً در قسمت‌های Fortran، Computation، DSDYN و DSOUT مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توضیح	تابع
جمع	+
تفریق	-
ضرب	*
تقسیم	/
باقی مانده	%
توان	**
$(xy) / (x + y)$ موازی	\

۷-۶-۳) عملگرهای منطقی

لیست زیر کلیه عملگرهای منطقی موجود در PSCAD را نشان می‌دهد. این عملگرها معمولاً همراه با دایرکتیوهای #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF، عملگر سه‌گانه و در قسمت Check مورد استفاده قرار می‌گیرد.

توضیح	تابع
برابر با	==
نامساوی با	!=
کوچکتر از	<
بزرگتر از	>
کوچکتر و مساوی با	<=
بزرگتر و مساوی با	>=
یا	
و	&&

مثال ۷-۱۶

مثال زیر یک مثال جامع برای استفاده از عملگرها در یک کد است،

```
!
! ...with #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF Directives
!
#IF F >= 60.0
    Fout = 60.0
#ENDIF
!
! ...with a Ternary Operator in the Computations
!    segment
!
REAL L = X == 0.0 ? Y*2.0 : Y/3
!
! ...in the Checks segment
!
ERROR Value too small : R < 0.001
!
```

۷-۷ عملگر سه گانه Ternary

این عملگر نیز روش دیگر برای کوتاه کردن عبارات #IF, #ELSEIF, #ELSE, #ENDIF می باشد. این امکان را برای کاربر ایجاد می کند تا متغیر برای شرایط همزمان مختلفی را در یک خط توصیف کند.

این عملگر تنها در قسمت Computations قابل استفاده است. استاندارد نوشتن این عملگر به شکل زیر است:

<Logic> ? <Value_if_True> : <Value_if_False>

<Logic> یک عبارت منطقی با استفاده از عملگرهای منطقی است. <Value_if_True> و <Value_if_False> می توانند یک مقدار ثابت و یا یک عبارت ریاضی باشند.

مثال ۷-۱۷

کاربر می خواهد در قسمت Computations یک مقدار حقیقی را به X نسبت دهد. اگر مقدار ورودی ۲ یا ۳ باشد، آنگاه مقدار X برابر با ۱ می شود. این مثالی از یک عبارت ریاضی است.

```
REAL X = (N==2 || N==3) ? 1.0 : SQRT(2)*V
```

V یک ثابت از پیش تعریف شده است.

مثال ۷-۱۸

کاربر می خواهد یک مقدار حقیقی را در بخش Computations به Torq نسبت دهد. هنگامی که یک المان از این عبارت با شرایط در حال تغییر باشد، مقدار این متغیر توسط یک عبارت ریاضی تعریف می شود.

با استفاده از عملگر سه گانه این کد به شکل زیر می شود،

```
REAL Torq = (X > 1 ? 0.0 : Tm) + Te*100
```

در اینجا X، Te و Tm ثابت های از پیش تعریف شده هستند.

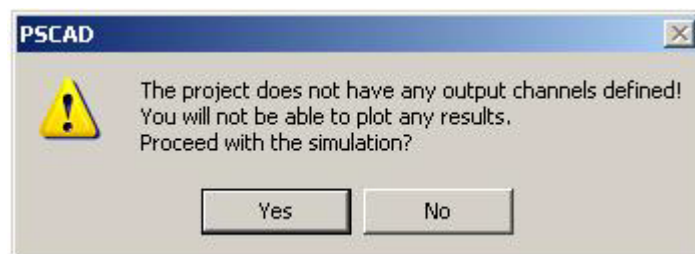
فصل هشتم

عیب یابی و Debugging

مقدمه

حل کردن مشکلات و باگ‌های موجود در یک پروژه یکی از سخت‌ترین بخش‌های یک فرآیند می‌باشد. اینکه یک پروژه با چه دقتی طراحی و ساخته شده است، نمی‌تواند جلوی بوجود آمدن برخی از خطاها و اخطارها را که هنگام کامپایل و اجرا دیده می‌شود را بگیرد. در این بخش دلیل بوجود آمدن اکثر خطاها و اخطارهای معمول و شیوه حل و فصل آنها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۸-۱) پنجره اخطار کانال‌های خروجی



در این اخطار PSCAD به شما اطلاع می‌دهد که هیچ کانال خروجی برای نمایش پاسخ‌ها وجود ندارد. از شما می‌پرسد در این حالت آیا مایل به ادامه شبیه سازی هستید یا خیر.

۸-۲) پیام‌های معمول در پنجره خروجی

تعداد زیادی از پیام‌های اخطار و خطا می‌تواند بوجود آید و در پنجره خروجی نمایش داده شود. این پیام‌ها می‌تواند از PSCAD، EMTDC و یا تنها از یک بلوک ناشی شود. بسیاری از این پیام‌ها در صورتیکه پروژه از ابتدا دقیق ساخته شده باشد، بوجود نمی‌آیند. برخی از پیام‌های معمول به شرح زیر است:

Warning: Suspicious isolated node detected

این اخطار هنگامی بوجود می‌آید که PSCAD یک اتصال الکتریکی باز پیدا کند. معمولاً هنگامی بوجود می‌آید که یک گره الکتریکی به هیچ چیز متصل نباشد. روش پیشنهادی برای حل این مسئله یک مقاومت بسیار بزرگ در حدود 1MΩ بین این گره و زمین متصل گردد. این روش پایداری عددی را تضمین می‌کند و تاثیر زیادی بر پاسخ‌ها نمی‌گذارد.

Parser: Suspicious substitution of empty key '<name>'

این اخطار هنگامی بوجود می‌آید که PSCAD یک ورودی متنی خالی در یک بلوک نمونه پیدا کند. این اخطار معمولاً وقتی اتفاق می‌افتد که نام یک منبع یا ترانسفورماتور فراموش شده باشد و یا هنگامی که پارامتر ورودی با نام Fortran Comment خالی گذاشته شود. <name> نام ورودی متنی مورد نظر است.

Signal '<name>' type conversion may lose accuracy

این اخطار هنگامی بوجود می‌آید که PSCAD یک سیگنال حقیقی را که به یک ورودی صحیح فرستاده شده است، پیدا کند. PSCAD به طور اتوماتیک این سیگنال حقیقی را به نزدیکترین مقدار صحیح تبدیل می‌کند. <name> نام سیگنال مورد نظر است.

Signal '<name>' source contention

این خطا هنگامی اتفاق می‌افتد که PSCAD یک نام را که توسط چندین منبع تولید شده است، پیدا کند. این خطا معمولاً هنگامی اتفاق می‌افتد که یک بلوک نمونه همراه متغیر تعریف شده در آن کپی شده باشد. <name> نام سیگنال مورد نظر و <Source_1> و <Source_2> منابع تولید این سیگنال مشترک هستند.

Signal '<name>' dimension mismatch

این خطا هنگامی بوجود می‌آید که PSCAD یک سیگنال با ابعاد مشخص <dim_1> به یک ورودی با ابعاد متفاوت <dim_2> ارسال شود را پیدا کند. این خطا معمولاً هنگامی پیش می‌آید که یک عنصر الکترونیک قدرت نظیر کلید که ورودی آن یک سیگنال دو بعدی است با یک سیگنال میانی تحریک شود.

Signal '<name>' size mismatch at connection '<con>'

این خطا معمولاً همراه با پیام خطای قبل است. <name> نام سیگنال مورد نظر و <con> نام اتصالی است که سیگنال به آن وارد شده است.

Array '<name>' cannot be typecasted

این خطا هنگامی اتفاق می‌افتد که PSCAD آرایه‌ای که دچار عدم تطابق در نوع شده است را پیدا کند. به طور مثال، اگر نوع آرایه سیگنالی صحیح باشد و کاربر بخواهد آنرا توسط یک المان به یک آرایه حقیقی تبدیل کند. یا هنگامی که یک آرایه حقیقی به یک بلوک وارد شده و خروجی آن از نوع صحیح تعریف شده باشد.

Invalid breakout connection to external node(s) at '<Node>'

این خطا مربوط به استفاده از المان BreakOut می‌باشد: سمت سه فاز این المان گره‌های الکتریکی واقعی نیستند ولی مرجع‌هایی هستند که به این گره‌ها شماره اختصاص داده و مشخص می‌کنند کدام یک متصل هستند. این خطا هنگامی پیش می‌آید که در طرف سه فاز بین این المان و XNode هیچ عنصر سری وجود نداشته باشد. پیشنهاد می‌شود که یک آمپرتر بین BreakOut و XNode به طور سری قرار بگیرد.

<Node> نام اتصال موردنظر در سمت سه فاز است که به طور مستقیم به چنین خروجی‌هایی متصل است.

Invalid breakout connection to ground at '<Node>'

این خطا مربوط به استفاده از المان BreakOut می‌باشد: سمت سه فاز این المان گره‌های الکتریکی واقعی نیستند ولی مرجع‌هایی هستند که به این گره‌ها شماره اختصاص داده و مشخص می‌کنند کدام یک متصل هستند. این خطا هنگامی پیش می‌آید که در طرف سه فاز این المان مستقیم به زمین وصل شده باشد. باید بین این المان و زمین حداقل یک عنصر سری وجود داشته باشد. پیشنهاد می‌شود از یک آمپرتر به عنوان عنصر سری استفاده شود.

<Node> نام گره مرجع BreakOut که به زمین متصل شده است.

Invalid short in breakout at '<Node>'

این خطا مربوط به استفاده از المان BreakOut می‌باشد: سمت سه فاز این المان گره‌های الکتریکی واقعی نیستند ولی مرجع‌هایی هستند که به این گره‌ها شماره اختصاص داده و مشخص می‌کنند کدام یک متصل هستند. این خطا هنگامی پیش می‌آید که گره‌های مرجع در طرف سه فاز اتصال کوتاه شوند. هریک از گره‌های طرف سه فاز باید منحصر به فرد باشند.

<Node> نام اتصال BreakOut که اتصال کوتاه شده است.

Signal at Connection <Name> Does not have a Source

این خطا هنگامی پیش می‌آید که سیگنال ورودی یک بلوک به هیچ محلی متصل نباشد.

File Write Error: Unable to Open file <Address>

File Write Error: <Address> Does not have write Permission.

این دو خط پیام خطا به یک معنا هستند در اینجا کامپایلر عدم توانایی در ساخت فایل موردنیاز خود را اطلاع می‌دهد. معمولاً این خطا هنگامی اتفاق می‌افتد که محل ثبت فایل‌های موقتی بروی

درايوی است که اجازه نوشتن بروی آن وجود ندارد و یا فضای کافی برای ثبت فایل‌های موقتی در آن وجود ندارد.
<Address> محل و نام فایلی است که کامپایلر نتوانسته آنرا ایجاد کند.

۸-۳) رنگ سیم‌ها

بعضی اوقات هنگام شبیه سازی متوجه می‌شوید که رنگ سیم‌ها تغییر کرده است. PSCAD از این رنگ‌ها استفاده می‌کند تا کاربر را از طریق نمای مداری متوجه انواع سیگنال‌ها کرده باشد.

- سبز: سیم‌هایی که حامل سیگنال‌های حقیقی هستند.
- آبی: سیم‌هایی که حامل سیگنال‌های صحیح هستند.
- صورتی: سیم‌هایی که حامل سیگنال‌های منطقی هستند.
- سیاه: سیم‌هایی که متصل به گره‌های الکتریکی هستند.

مراجع و مأخذ:

- [2] **EMTP Theory Book** by Hermann W Dommel, second ed., MicroTran Power Analysis Corporation, May 1992
- [3] **Analysis of Numerical Methods** by Eugene Isaacson, Bishop, Courier Dover Publications, Jun 1994
- [4] **PSCAD (Power Systems Computer Aided Design)**, by Group Writers, Craig Muller, Manitoba-HVDC Research Center Inc, 2003