بسمه تعالی

خودآموز نرم افزار تحلیل سیستم‌های قدرت

DigSILENT power factory

تهیه و تنظیم:

دکتر مجید شهابی

(عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل)

مهندس محی الدین گنجیان

(دانشجوی دکتری مهندسی برق دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل)

نسخه ۱,۵ ، زمستان ۹۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱

معرفی نرم افزار ۱

۱-۱- منوهای نوار ابزار ۱

فصل۲

ایجاد سیستم قدرت و جزییات نمودار پروژه در Data Manager ۳

۲-۱- تعریف و ذخیره پروژه ۳

۲-۲- Data Manager ۴

۲-۲-۱- Study case ۵

۲-۲-۲- Operation Scenario ۵

۲-۳- ساخت شبکه ۵

۲-۳-۱- ترسیم دیاگرام تک خطی شبکه ۵

۲-۳-۲- تعریف تایپ های مختلف برای تجهیزات ۶

۲-۳-۳- ترمینال و باس ها ۸

۲-۳-۴- بار ۹

۲-۳-۵- خط ۱۶

۲-۳-۶- ترانسفورماتور ۲۰

۲-۳-۷- ژنراتور ۲۱

۲-۴- شبکه نمونه ۹ باسه ۲۳

فصل۳

محاسبات پخش بار ۲۵

۳-۱- تنظیمات پخش بار ۲۶

۳-۲- کنترل توان راکتیو ۲۸

۳-۲-۱- محدوده توان راکتیو ژنراتورها ۲۹
۳-۲-۲- جبرانگر شنت ۲۹
۳-۲-۳- تپ ترانسفورماتور ۳۰
۳-۲-۴- کنترل ولتاژ باس با استفاده از Station control ۳۱
۳-۳- تنظیمات بار ۳۲
۳-۴- کنترل توان اکتیو ۳۳
۳-۵- خروجی برنامه پخش بار ۳۵
۳-۵-۱- نمایش رنگی ۳۵
۳-۵-۲- فایل متنی ۳۵
۳-۵-۳- جعبه نتایج (Results Box) ۳۶
۳-۵-۴- رسم نمودارهای مرتبط با پخش بار ۳۸
۳-۶- سناریوهای بهره برداری ۳۸
۳-۷- تغییرات شبکه (Network Variation) ۴۰
۳-۸- تمرین ۴۱

فصل۴

مطالعات اتصال کوتاه (Short Circuit Analysis) ۴۵

۴-۱- روش های مختلف اتصال کوتاه ۴۵
۴-۲- اجرای محاسبات اتصال کوتاه ۴۷
۴-۲-۱- تعریف خطا در صفحه اتصال کوتاه ۴۷
۴-۲-۲- تعریف خطا در دیاگرام تک خطی ۴۷
۴-۳- روش IEC 60909/VDE0102 ..... ۴۷
۴-۳-۱- فاکتورهای اصلاحی ۴۸
۴-۳-۲- محاسبه انواع جریان های اتصال کوتاه ۴۸
۴-۴- گزینه های پایه برای تمامی روش ها ۴۹
۴-۵- گزینه Advanced روش VDE/IEC ۵۰
۴-۶- گزینه Advanced روش Complete ۵۱
۴-۷- اجرای اتصال کوتاه Multiple fault ۵۱

۴-۸- نتایج خروجی ۵۲
۴-۸-۱- فایل متنی ۵۲
۴-۸-۲- جعبه نتایج ۵۳
۴-۸-۳- نمودار میله ای ۵۳
۴-۹- مثال ۵۳

فصل۵

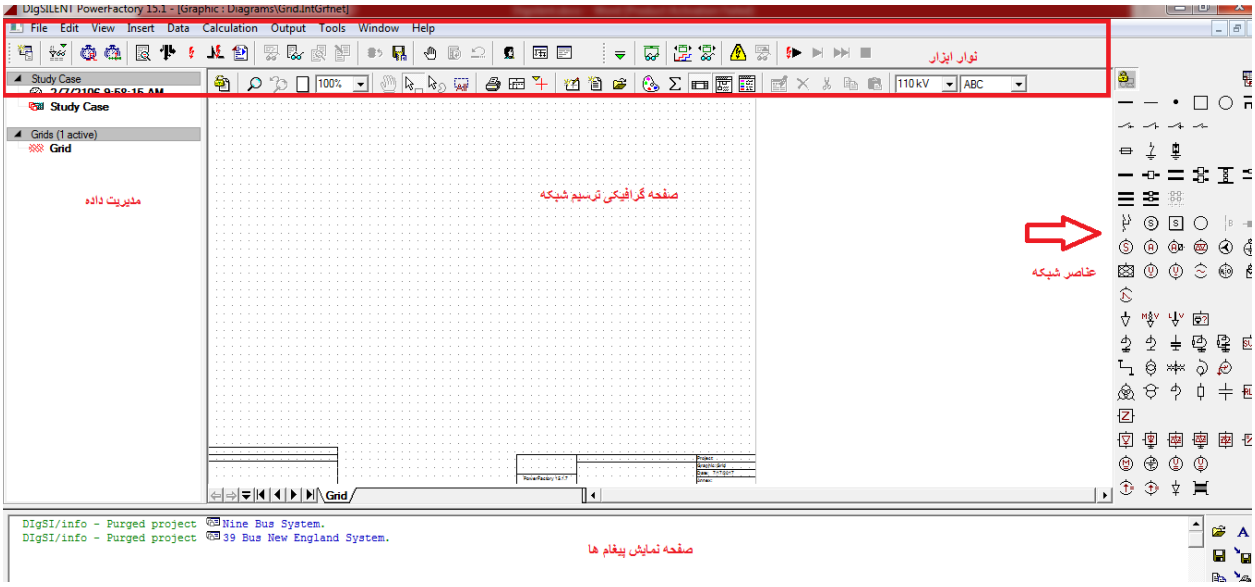
مطالعات پایداری ۵۵

۵-۱- محاسبه شرایط اولیه ۵۶
۵-۱-۱- Basic options ۵۶
۵-۱-۲- Step size ۵۶
۵-۱-۳- Advanced option ۵۶
۵-۲- تعریف رخداد ۵۷
۵-۲-۱- Switch event ۵۷
۵-۲-۲- Short circuit event ۵۸
۵-۲-۳- Synchronous Machine Event ۵۹
۵-۲-۴- Load Event ۵۹
۵-۳- اجرای شبیه سازی حوزه زمان ۶۰
۵-۴- نتایج خروجی ۶۰
۵-۴-۱- تعریف متغیرهای موردنظر برای نمایش ۶۱
۵-۴-۲- ترسیم نمودارها ۶۱
۵-۵- مدل های مرکب ۶۲
۵-۶- مثال ۶۵

۱- معرفی نرم افزار

نرم افزار Digsilent یکی از نرم افزارهای قدرتمند در حوزه تحلیل سیستم‌های قدرت می‌باشد که توجه متخصصین این حوزه را به خود جلب کرده است. این نرم افزار با داشتن ماژول های مناسبی برای تحلیل مسائل برنامه ریزی و بهره‌برداری سیستم‌های قدرت آن‌را به نرم افزار جذاب و قابل قبولی تبدیل کرده است.

صفحه اصلی این نرم افزار بصورت شکل زیر می‌باشد. این صفحه دارای قسمت های مختلف نوار ابزار، عناصر شبکه، صفحه گرافیکی ترسیم شبکه، مدیریت پروژه و صفحه پیغام‌ها می‌باشد.



۱-۱- منوهای نوار ابزار

- **زیر منو File:**

از این زیرمنو می توان جهت فعال و غیر فعال کردن پروژه ها، Import و Export کردن جهت ذخیره اطلاعات در قالب فایل های جداگانه استفاده نمود.

- **زیرمنو** Edit

ویرایش case study

- **زیرمنو** View

تنظیمات گرافیکی صفحه گرافیکی ترسیم شبکه.

در گزینه layers می‌توان از طریق برگه (tab) visibility، توضیحات روی بلاک های صفحه نمایش ترسیم شبکه را تغییر داد.

- **زیرمنو** Insert:

در این زیر منو می توان تنظیماتStudy case ، SLD و virtual instrument panel جهت نمایش نمودارها را انجام داد.

- **زیرمنو** Data

در این زیرمنو تمامی اطلاعات شبکه ترسیم شده را میتوان مشاهده و تنظیم نمود.

- **زیرمنو** Calculation

ماژول های مختلف جهت تحلیل شبکه از جمله پخش بار ، اتصال کوتاه و ..... در این قسمت قرار دارد.

- **زیرمنو** Tools

اعتبار سنجی داده ها، اجرای DPL و ....

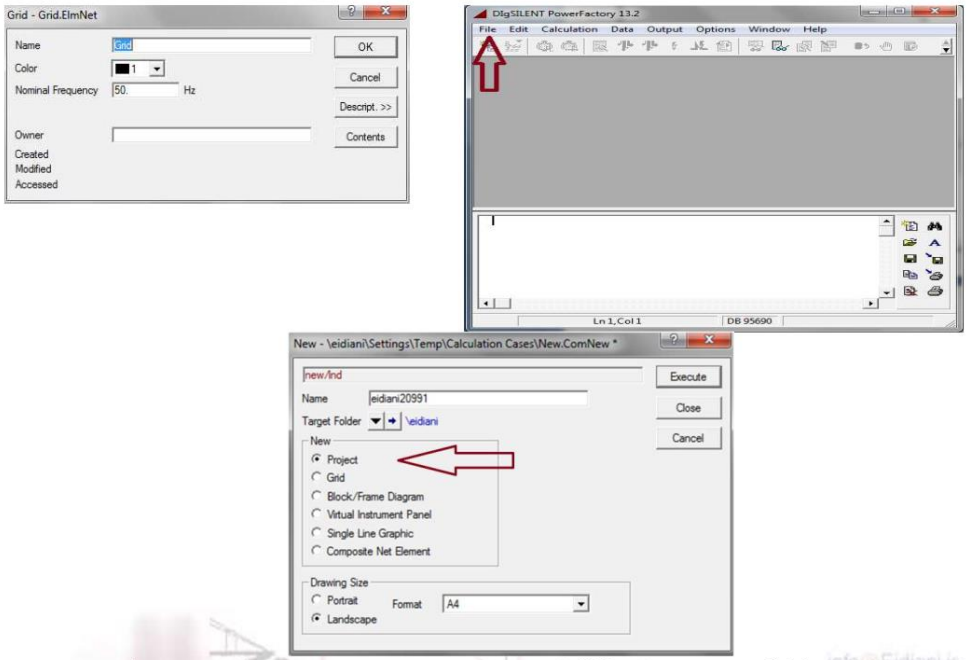
- **زیرمنو** Windows

تنظیمات صفحات گرافیکی

۲- ایجاد سیستم قدرت و جزییات نمودار پروژه در Data Manager

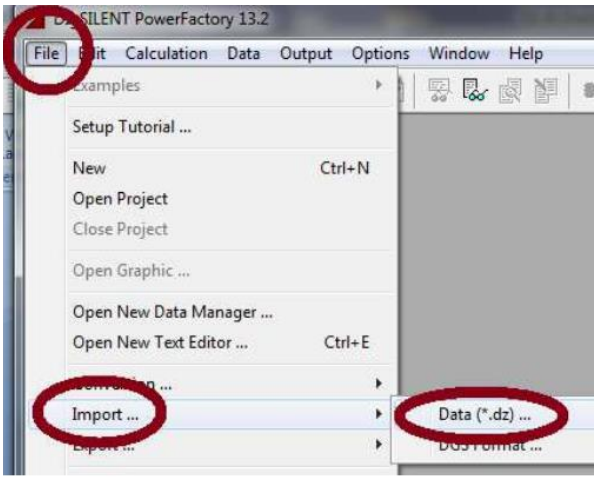
۲-۱- تعریف و ذخیره پروژه

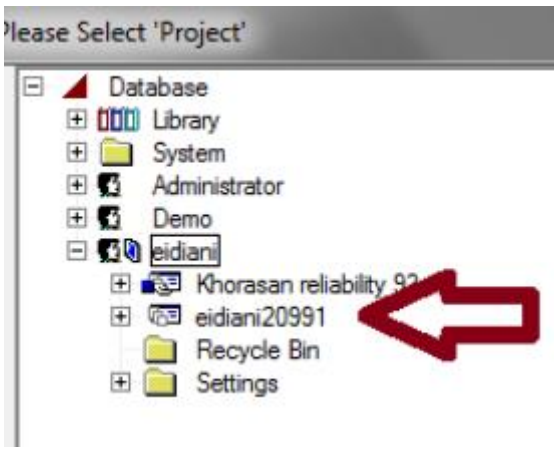
- ایجاد پروژه برای بار اول



بهتر است اسم شبکه، همان Grid پیش‌فرض باشد. کلید OK را بزنید تا صفحه ساخت پروژه جدید ظاهر شود. (یک صفحه سفید)

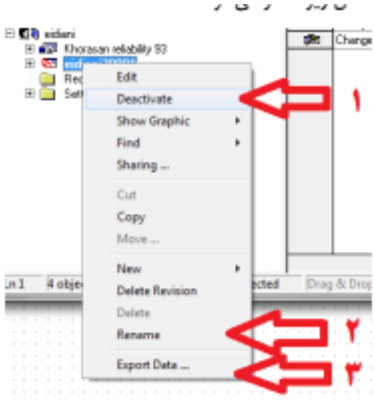
- بارگذاری شبکه ترسیم شده (Import)





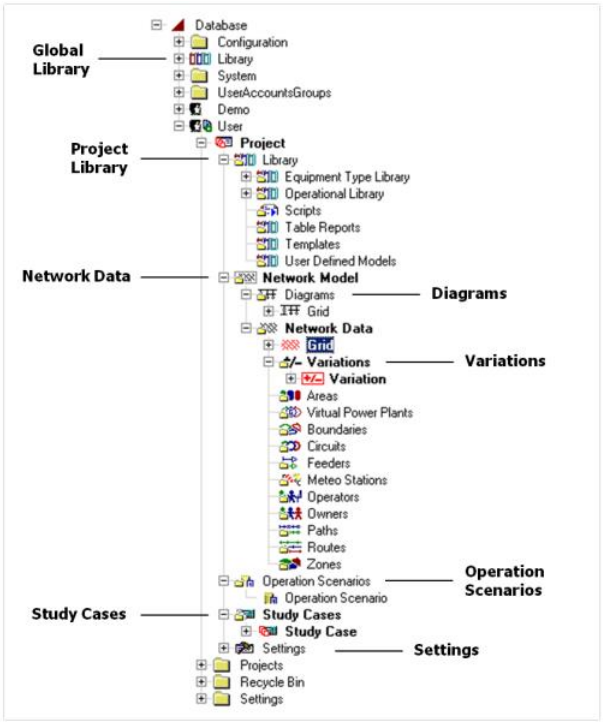
- ذخیره پروژه

ابتدا با ورود به Data manager، پروژه فعال مورد نظر را غیر فعال (Deactive) نموده و سپس با کلیک را ست و فشرن دکمه Export، فایل را در مکان دلخواه با پسوندpfd یا dz ذخیره نمایید.



۲-۲- Data Manager

مدیریت تمامی داده‌های مربوط به پروژ ها از اطلاعات عنا صر تا شبیه سازی و خروجی‌ها را میتوان در این ق سمت مدیریت نمود.



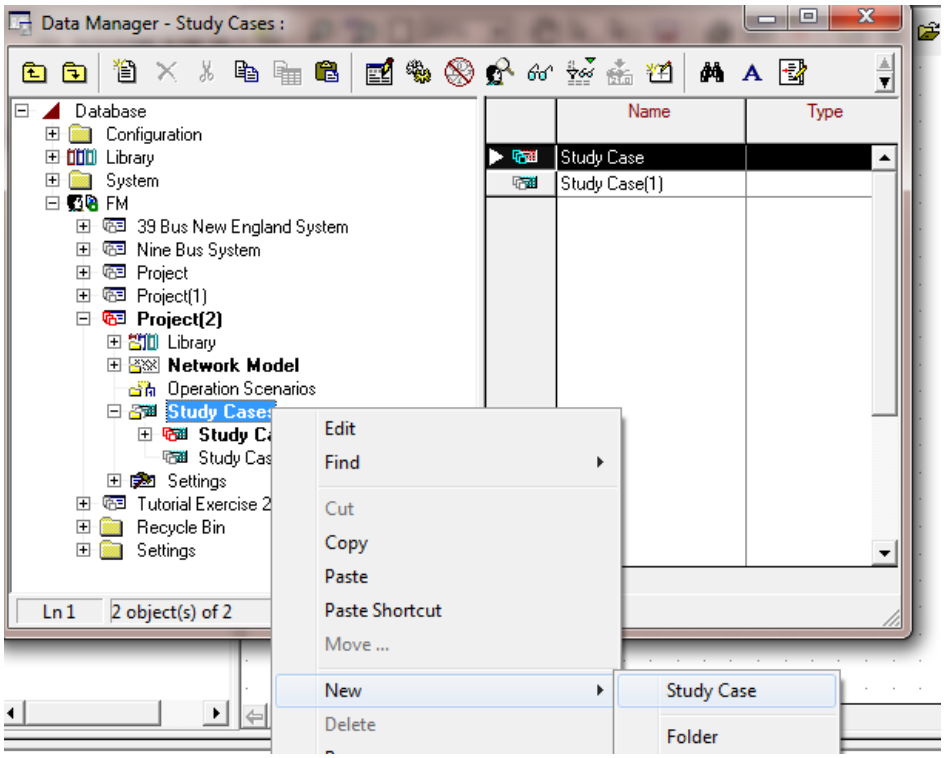
شکل1- ساختار درختی Data Manager

کاربرهای مختلف، پروژه های تعریف شده، کتابخانه‌ها، عناصر شبکه، دیاگرام، study case و .... در این قسمت قابل مشاهده می باشد.

در این قسمت می‌توان پروژه های مختلف در هر کاربر را فعال یا غیرفعال، export و import نمود. تنظیمات مربوط به هر پروژه، تایپ های مختلف تجهیزات، رنگ بندی و ... قابل تنظیم خواهد بود.

۲-۲-۱- Study case

تعریف مطالعات مختلف بر روی یک شبکه ترسیم شده را می‌توان در این قسمت انجام داد. در هر مطالعه تمامی تعاریف، محاسبات و نتایج خروجی به همراه زمان و تاریخ نشان داده می شوند. با تعریف study caseهای مختلف تحلیل پروژه ها با چند شبکه، برنامه های توسعه، سناریوهای مختلف بهره برداری و تنظیمات مختلف محاسبات تسهیل می‌گردد.



در هر case study نیاز به وجود شبکه می باشد. بدین منظور بعد از ساخت case study، باید شبکه مورد نظر را وارد نمود که از طریق فعال نمودن Grid اینکار انجام می شود. با استفاده از compare می توان case study های مختلف را مقایسه نمود.

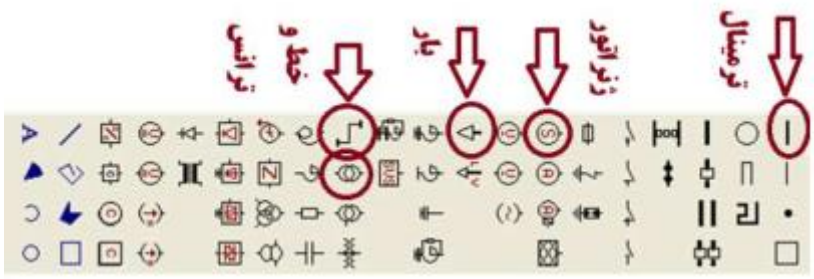
۲-۲-۲- Operation Scenario

اجرای سناریوهای مختلف بهره برداری مانند تنظیمات پخش بار ژنراتورها، بارها و حالت خطوط و کلیدها.

۲-۳-ساخت شبکه

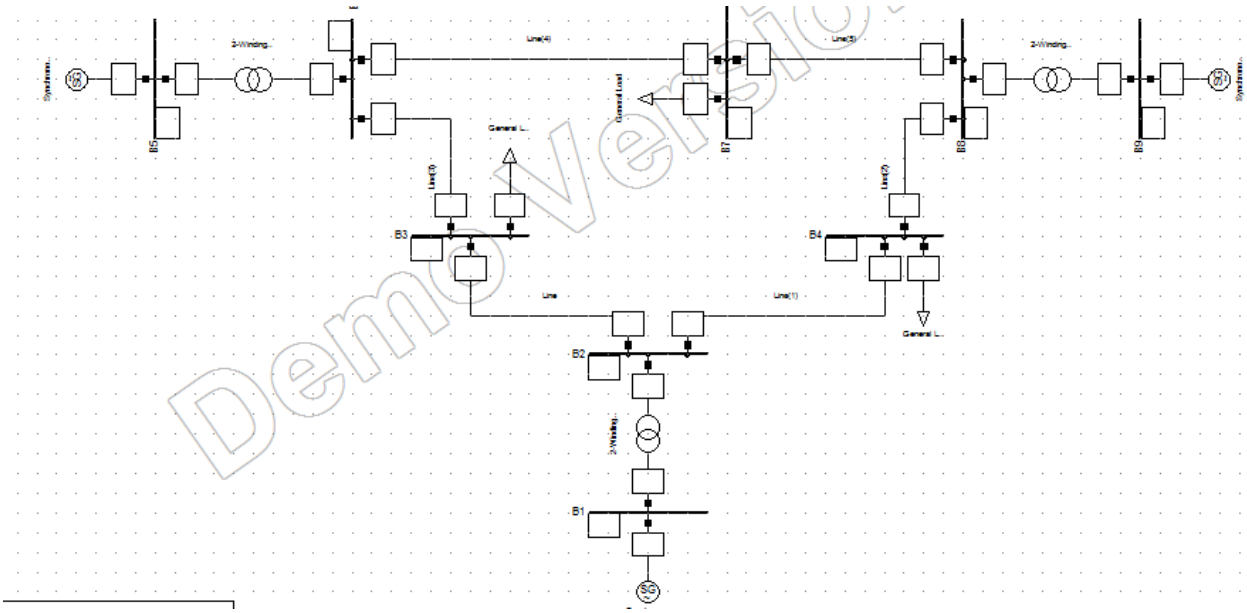
پیاده سازی یک سیستم قدرت شامل مراحل زیر می‌باشد.

۲-۳-۱- ترسیم دیاگرام تک خطی شبکه



۱) ۹ ترمینال (از باس بار استفاده نکنید!) – اولین عنصری که در شبکه قرار می‌دهید ترمینال باشد.
۲) ۳ بار
۳) ۳ ترانسفورماتور قدرت
۴) ۳ ژنراتور

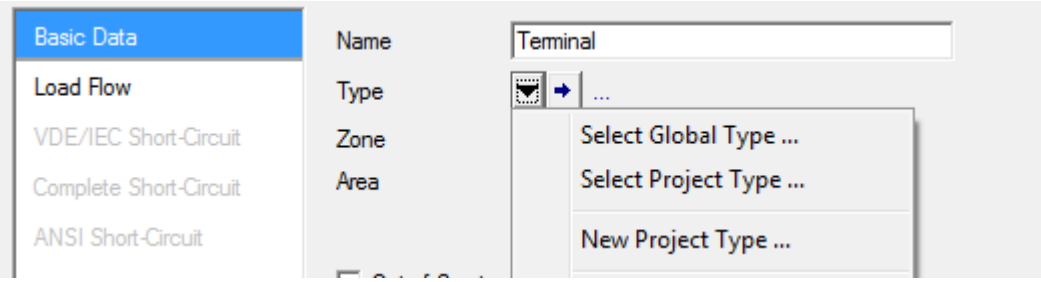
پس از هر انتخاب، و قرار دادن المان در صفحه سفید، با کلیک کردن و انتخاب المان، می‌توانید آن‌را جابه‌جا کنید، بچرخانید و کوچک و بزرگ کنید و یا حذف کنید. کلید delete صفحه کلید هم کار می‌کند. معمولاً در نرم‌افزار کلید ، علامت حذف است.



۲-۳-۲- تعریف تایپ های مختلف برای تجهیزات

بعد از ترسیم دیاگرام تک خطی مورد نظر در صفحه گرافیکی، نوبت به مقداردهی به عناصر می رسد. باید اطلاعات مربوط به بارها، خطوط، ژنراتورها و .... وارد شوند.

بدین منظور باید برای تمامی تجهیزات مورد استفاده، یا بخشی از تجهیزات که مشابه هستند Type تعریف نمود. با دبل کلیک روی هر عنصر در شبکه ترسیمی، می توان تایپ را تعریف نمود.



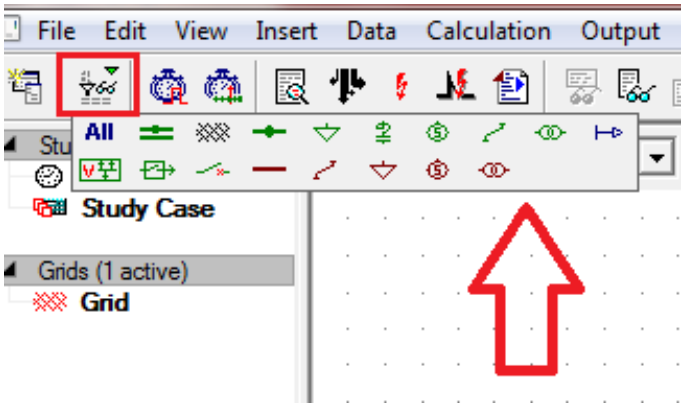
همانطور که مشخص است سه انتخاب موجود است.

- Select Global Type: تایپ عنصر از بین تایپ های از پیش تعریف شده در کتابخانه نرم افزار انتخاب می‌شود.
- Select Project Type: تایپ عنصر از بین تایپ های از پیش تعریف شده در همین پروژه انتخاب می‌شود.
- New Project Type: ایجاد یک تایپ جدید برای عنصر- برای اولین بار این گزینه باید انتخاب شود.

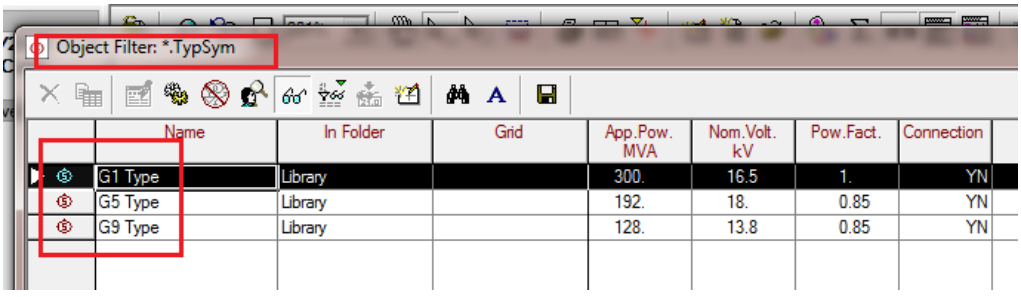
بسته به تعداد Typeهای مختلف برای هر عنصر، باید New Typeهای متفاوتی ایجاد نمود.

بعد از ایجاد تایپ های مختلف، نوبت به وارد کردن مقادیر مختص به هر المان می‌شود.

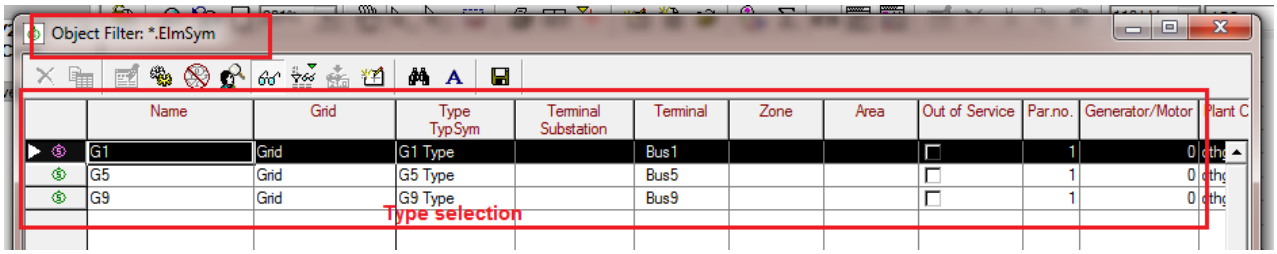
جهت مدیریت بهتر میتوان از آیکون Edit Relevant Objects for Calculation بهره برد. در این آیکون تایپ ها با رنگ قرمز و خود عناصر با رنگ سبز مشاهده می شوند.



با کلیک کردن روی هر تایپ، صفحه‌ای باز شده که تعداد تایپ های تعریف شده مشخص می شوند.



به همین ترتیب با کلیک بر روی هر عنصر سبز رنگ، تعداد عناصر بکار رفته مشخص می شوند. در صفحه باز شده می توان تایپ مورد نظر را انتخاب و مقادیر هر عنصر را در برگه های متناظر وارد نمود.

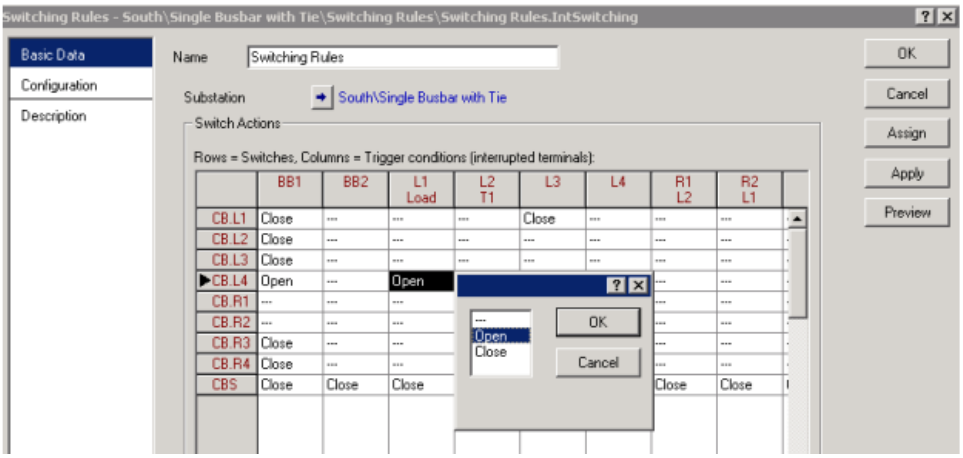


بهتر است قبل از وارد نمودن مقادیر، آیکون user setting را فشار داده و در تب Data manager، گزینه Save Data Automatically را بزنید.

۲-۳-۳- ترمینال و باس ها

بدین منظور می‌توان هم از Terminal و هم از Busbar استفاده نمود. Terminal مشابه یک باس ساده بوده اما در Busbar چندین فیدر وجود دارد که می توانند ورودی یا خروجی باشند. بعلاوه اینکه بریکر نیز وجود دارد.

همچنین جهت مدل سازی پست، می‌توان از Substation بهره برد که آرایش‌های مختلف پست مانند دو کلیدی و .... انتخاب شوند. حتی می‌توان با انتخاب گزینه Switching Rule، حالت های مختلف را تعیین نمود.



شـــکل های زیر به ترتیب ایجاد تایپ های مختلف (رنگ قرمز) برای Terminal و وارد کردن مقادیر مختص به هر Terminal (رنگ سبز) تعیین می‌شود.

	Name	In Folder	Nom.Volt. kV
—	Busbar Type	Library	230.
—	Busbar Type1	Library	16.5
—	Busbar Type5	Library	18.
▶ —	Busbar Type9	Library	13.5

	Name	In Folder	Nom.Volt. kV
▶ —	Busbar Type 1	Library	16.5
—	Busbar Type 2	Library	230.
—	Busbar Type 3	Library	230.
—	Busbar Type 4	Library	230.
—	Busbar Type 5	Library	18.
—	Busbar Type 6	Library	230.
—	Busbar Type 7	Library	230.
—	Busbar Type 8	Library	230.
—	Busbar Type 9	Library	13.5

Basic data for Terminal:(به جمله زیر دقت کنید)

در گزینه ( )، ترمینال‌ها به رنگ سبز را انتخاب کنید و پنجره Basic data را انتخاب کنید. فقط ولتاژها را وارد کنید.

نکته: گزینه Out of Service برای غیرفعال کردن المان‌ها استفاده می‌شود.

	Name	Grid	Type TypBar	Zone ElmZone	Out of Service	System Type	Usage	Phase Technology	Nom.L-L Volt. kV	Nom.L-G Volt. kV	Negative Voltage	Position on Line km
✚	Bus1	Grid	Busbar Type1		☐	AC	Busbar	ABC	16.5	9.526275	☐	0.
✚	Bus2	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
✚	Bus3	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
✚	Bus4	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
✚	Bus5	Grid	Busbar Type5		☐	AC	Busbar	ABC	18.	10.3923	☐	0.
✚	Bus6	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
✚	Bus7	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
✚	Bus8	Grid	Busbar Type		☐	AC	Busbar	ABC	230.	132.7906	☐	0.
▶ ✚	Bus9	Grid	Busbar Type9		☐	AC	Busbar	ABC	13.5	7.794229	☐	0.

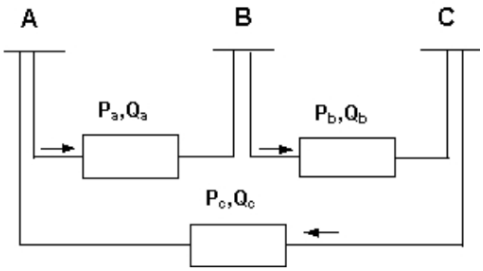
۲-۳-۴- بار

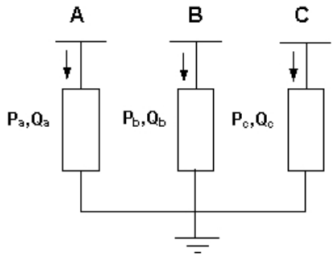
در این نرم افزار سه مدل بار وجود دارد.

الف) مدل بار General load که خود به دوسته تقسیم می گردد:

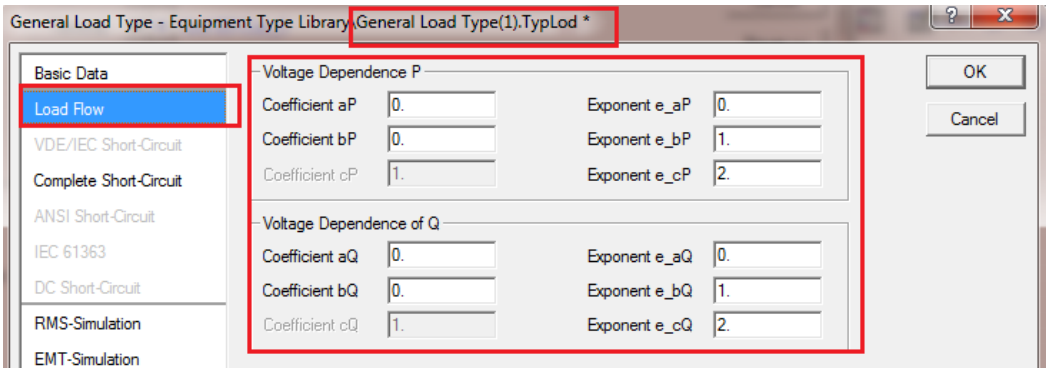
الف – ۱) General load Type (Typlod)

تکنولوژی بار بصورت ستاره (3ph ph-E)، مثلث(3ph D) و ... قابل انتخاب می باشد.





معادله این بار بصورت زیر می باشد که مجموع سه عبارت نمایی می باشد که در برگه LoadFlow مربوط به Type تعیین می شود. مدل بار را معمولاً می‌توان بصورت ترکیبی از توان ثابت، جریان ثابت و امپدانس ثابت بیان نمود. برای ایجاد ترکیبی از این سه نوع بار مقدار نمای عبارات باید به ترتیب برابر صفر، یک و دو انتخاب شوند.



$$P = Scale \cdot P_0 \left(aP \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_aP} + bP \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_bP} + (1 - aP - bP) \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_cP} \right)$$

$$Q = Scale \cdot Q_0 \left(aQ \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_aQ} + bQ \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_bQ} + (1 - aQ - bQ) \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_cQ} \right)$$

$$P = P_0 \left(aP \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_aP} + bP \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_bP} + (1 - aP - bP) \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_cP} \right)$$

where,

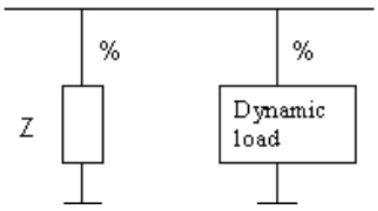
$$cP = (1 - aP - bP)$$

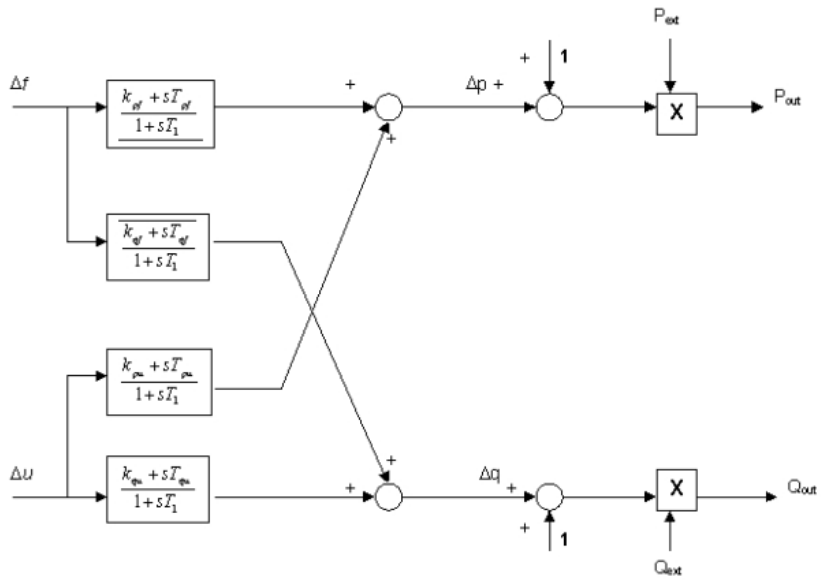
$$Q = Q_0 \left(aQ \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_aQ} + bQ \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_bQ} + (1 - aQ - bQ) \cdot \left(\frac{v}{v_0}\right)^{e_cQ} \right)$$

where,

$$cQ = (1 - aQ - bQ)$$

شایان ذکر ا ست در این تایپ از بار می‌توان بار دینامیک را جهت مطالعات و شبیه سازی حوزه زمان ا ستفاده نمود. درصدی مربوط به بار استاتیک بصورت امپدانس ثابت و درصدی هم بصورت بار دینامیک مدل می‌گردد. این اطلاعات در برگه RMS Simulation وارد می‌گردد.

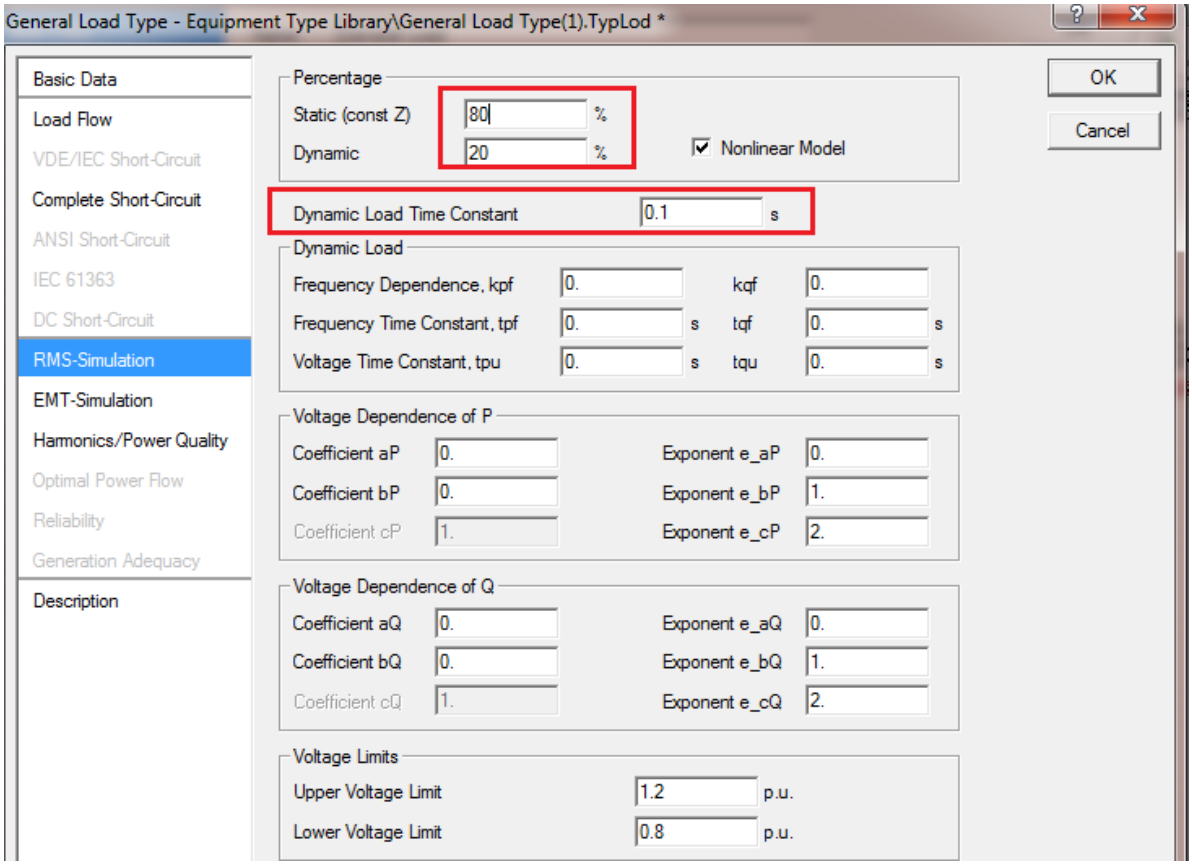




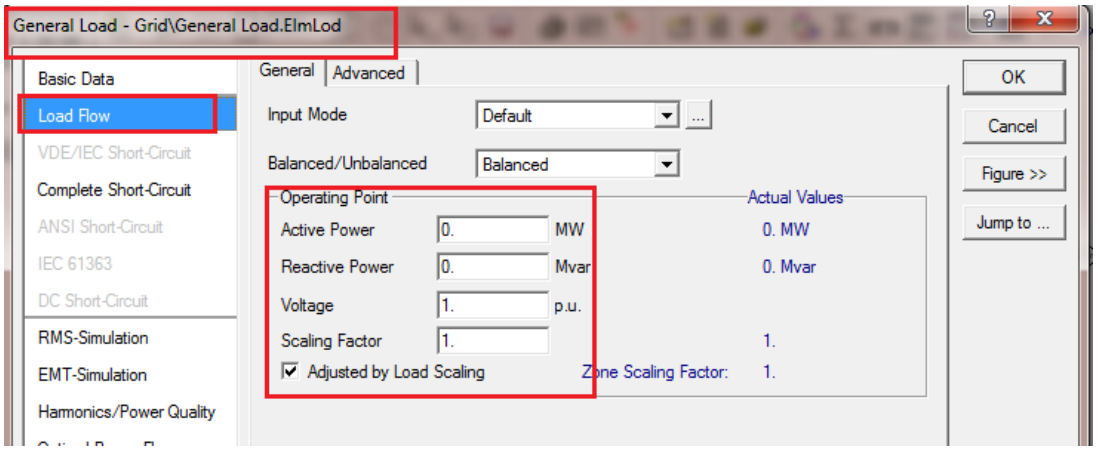
$$P_{out} = P_{ext} \times (1 + \Delta P) = P_{ext} \times (1 + g_1 \times \Delta f + g_2 \times \Delta u)$$

$$Q_{out} = Q_{ext} \times (1 + \Delta Q) = Q_{ext} \times (1 + g_3 \times \Delta f + g_4 \times \Delta u)$$

در معادله فوق، P_{out} و Q_{out} توان خروجی (مجموع بار استاتیک و دینامیک)، P_{ext} و Q_{ext} قسمت استاتیک بار و ΔP و ΔQ قسمت دینامیک بار می باشد که خود مجموع دو عبارت است که به فرکانس و ولتاژ وابسته هستند. توابع تبدیل g بصورت صفر و قطب می‌باشند.

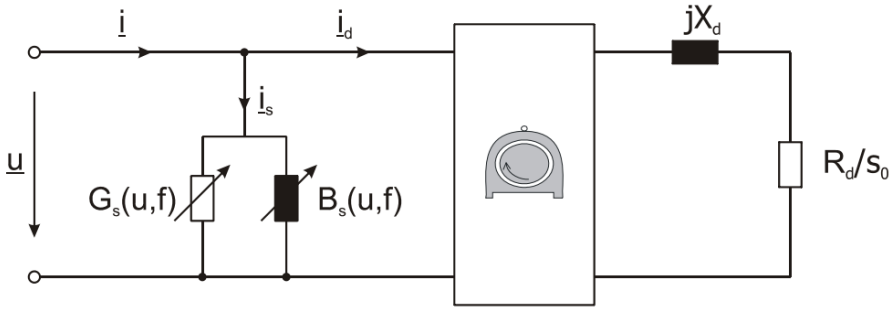


اطلاعات اختصاصی هر بار که شامل میزان توان اکتیو ور اکتیو مصرفی مختص به همان بار در شبکه می‌باشد در قسمت Loadflow مربوط به همان بار وارد می‌شود.

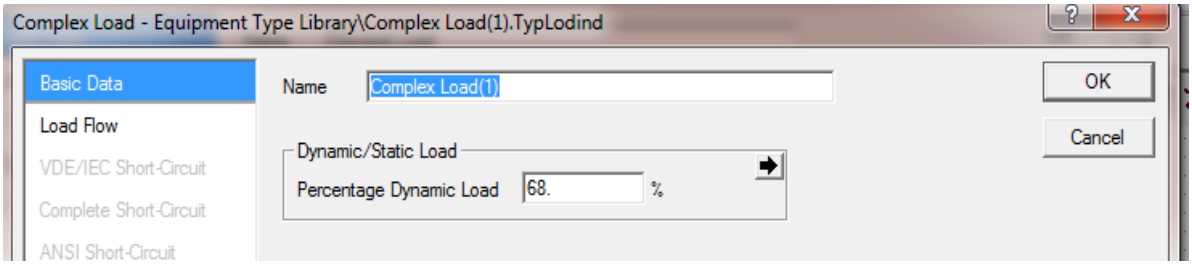


الف – ۲) Complex load Type (Typlodind)

تایپ این بار مبتنی بر موتور القایی می‌باشد که اطلاعات آن بصورت داده‌های مکانیکی یا الکتریکی قابل تعریف است.

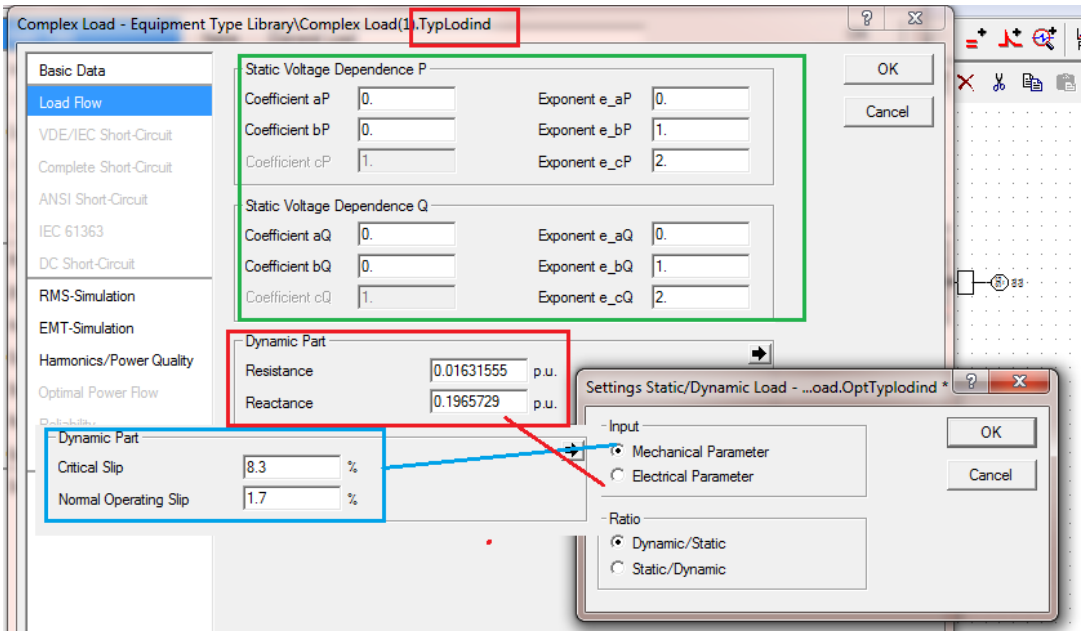


- برگه Basic data



- برگه Load flow

قسمت استاتیک مشابه تایپ General بوده اما قسمت دینامیک که مبتنی بر مدل موتور القایی است، بر اساس داده‌های مکانیکی (لغزش نامی و بحرانی) و الکتریکی (مقاومت و راکتانس) تعریف می شود.

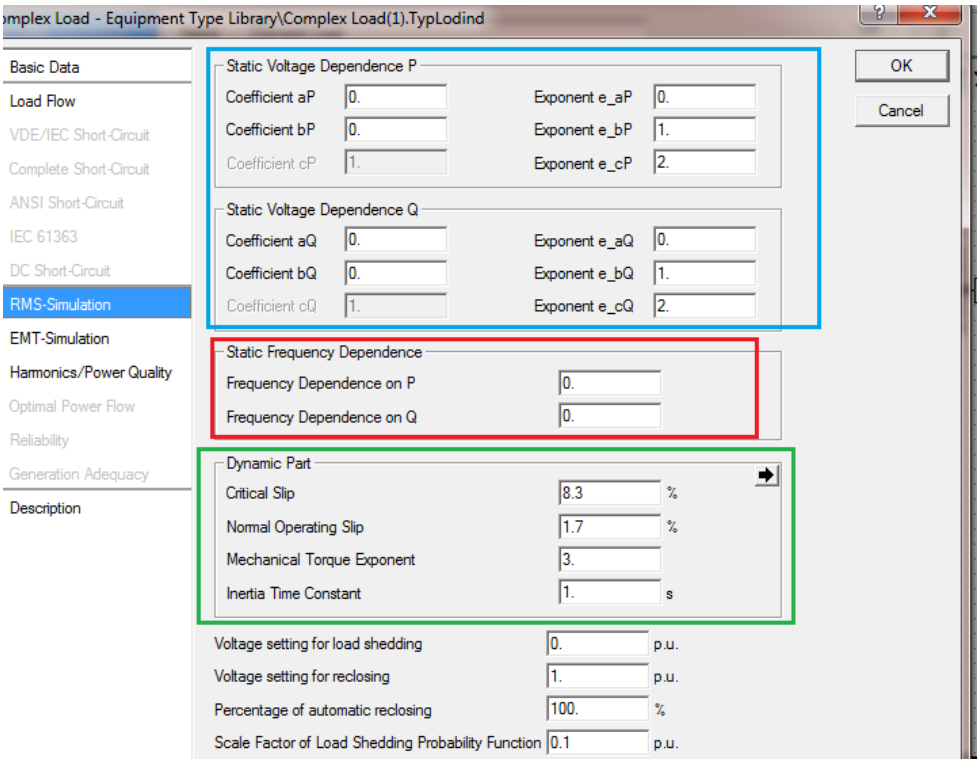


- برگه RMS simulation

قسمت استاتیک علاوه بر ولتاژ، به فرکانس نیز وابسته می‌باشد. معادله بصورت زیر می‌باشد.

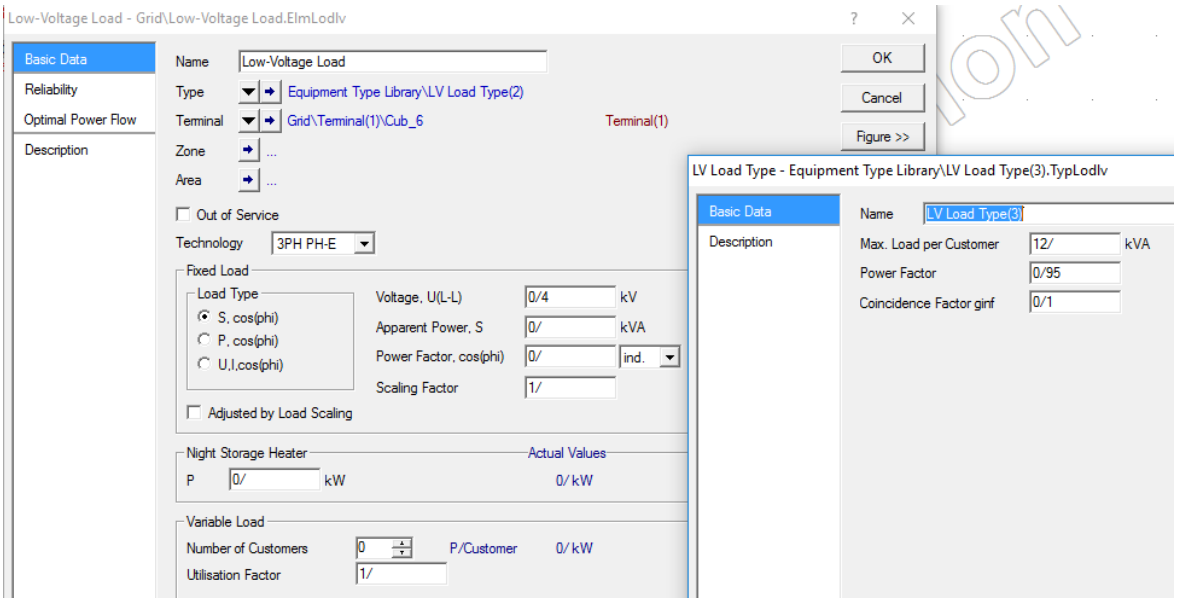
$$P = P_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^{kpu}\left(1+k_{pf}\cdot\frac{\Delta f}{f_0}\right)$$

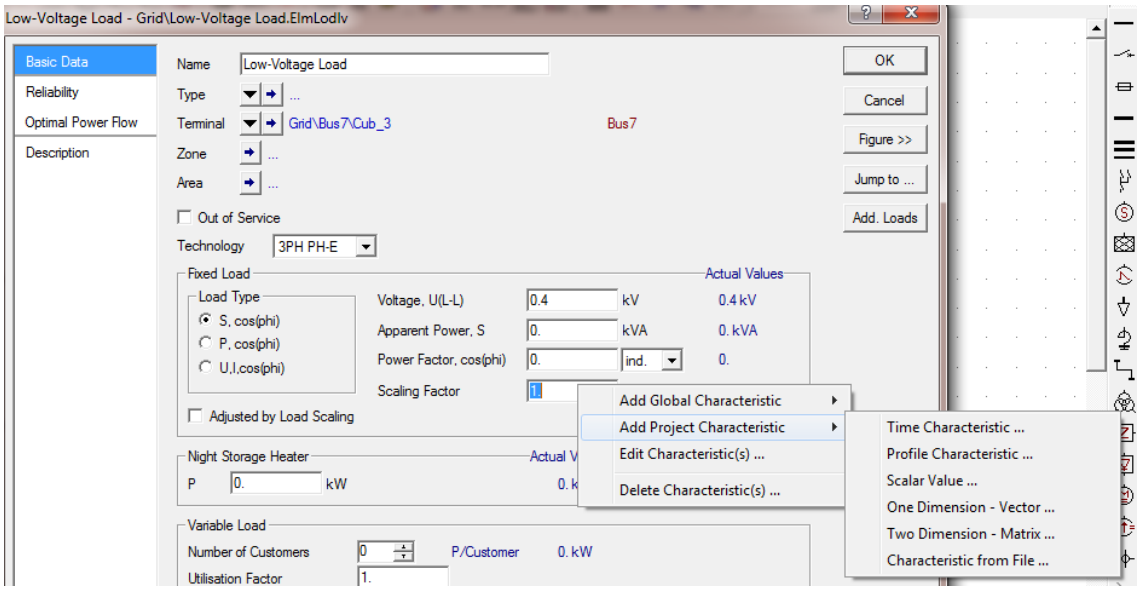
$$Q = Q_0\left(\frac{V}{V_0}\right)^{kqu}\left(1+k_{qf}\cdot\frac{\Delta f}{f_0}\right)$$

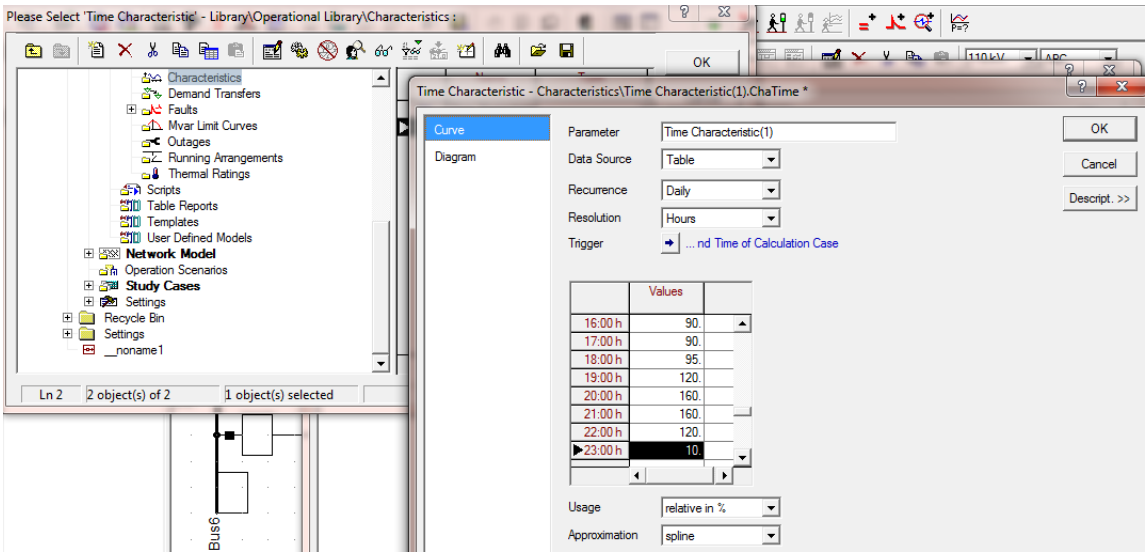


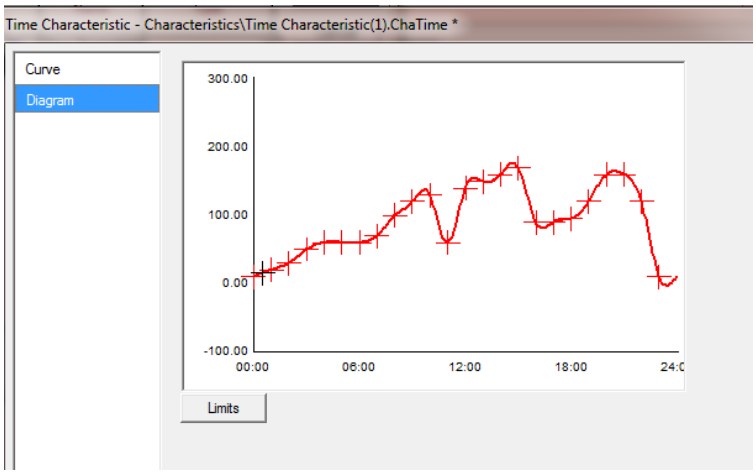
ب) مدل بار LV

این مدل بار که بیشتر در شبکه توزیع و جهت محاسبات قابلیت اطمینان کاربرد دارد. در این نوع بار تعداد مصرف کننده ها، بار ماکزیمم، ضریب قدرت و ضریب همزمانی باید تعیین شوند. همچنین می توان پروفیل بار روزانه، ماهانه، فصلی و سالانه را نیز وارد نمود.



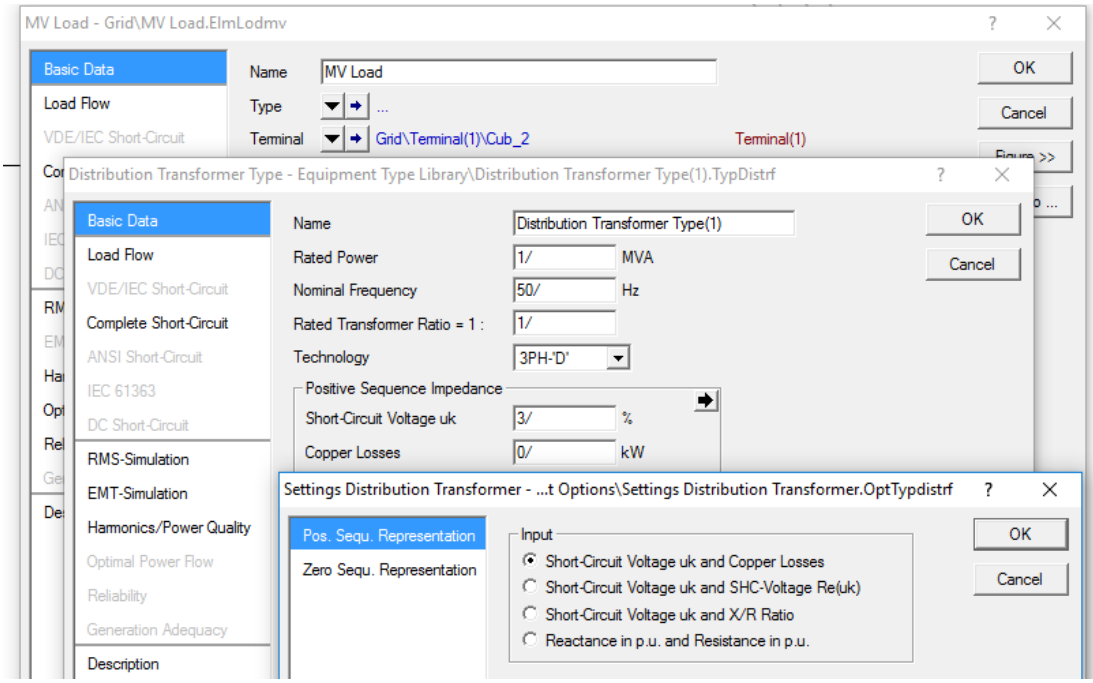






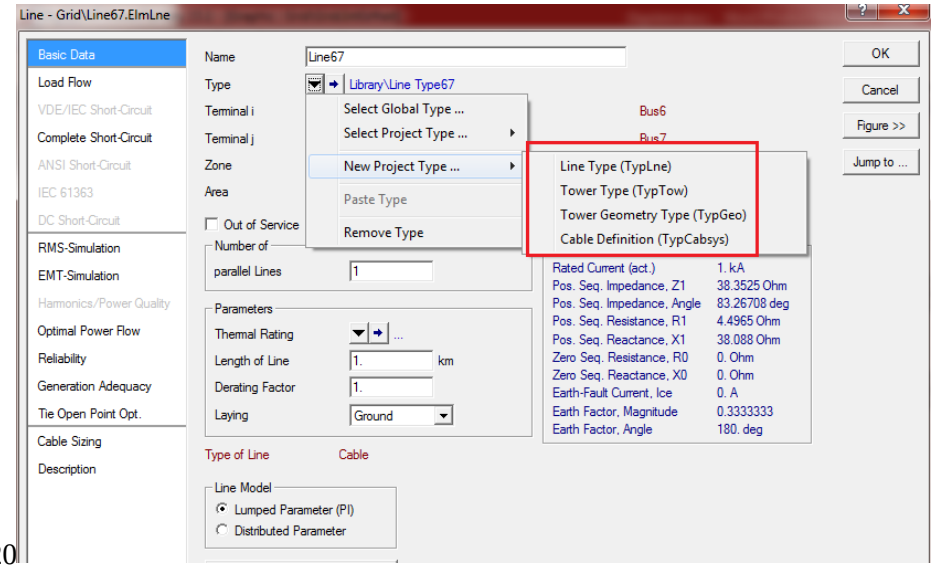
ج) مدل بار MV–(Medium)

این مدل بار در محاسبات شبکه توزیع و فشار متوسط که از طریق یک ترانس شبکه LV را تغذیه می‌کند بکار می‌رود. از این مدل بیشتر جهت تعیین تپ بهینه ترانس استفاده می‌شود.



۲-۳-۵- خط

۴ تایپ مختلف برای تعیین خطوط می توان درنظر گرفت.



الف) مدل کلی خط و کابل

System	Phase Technology	Element	Type
DC	unipolar	ElmLne	TypLne
AC, single-circuits	1-ph	ElmLne	TypLne
	2-ph	ElmLne	TypLne
	3-ph	ElmLne	TypLne, TypTow, TypGeo
	1-ph with neutral	ElmLne	TypLne
	2-ph with neutral	ElmLne	TypLne
	3-ph with neutral	ElmLne	TypLne
AC, mutually coupled circuits	Any combination	ElmTow	TypTow, TypGeo

Table C.1.1: Overview of line models

در Type خطوط اطلاعات مربوط به ولتاژ ، جریان و فرکانس نامی، کابلی یا هوایی بودن خط، R_{20}، X و L خط به همراه B وارد می شود. در صورت بهره برداری در دمای بالاتر از ۲۰ درجه، باید وابستگی مقاومت به دما را لحاظ نمود.

Basic Data for Line Types: (اطلاعات مقاومت، راکتانس و ولتاژ را وارد کنید)

	Name	In Folder	Grid	Rtd. Voltage kV	rat.Cur... kA	rat.Curre... kA	Nominal F... Hz	Cable/OHL	Sys.Tp.	Phases	No. of Neutrals	R' (20°C) Ohm/km	X' Ohm/km	L' mH/km	R0' Ohm/km
▶	Line Type23	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	5.29	44.965	143.128	0.
	Line Type24	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	8.993	48.668	154.9151	0.
	Line Type36	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	16.928	85.169	271.1013	0.
	Line Type48	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	20.631	89.93	286.2561	0.
	Line Type67	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	4.4965	38.088	121.2379	0.
	Line Type78	Library		230.	1.	1.	50.	cab	AC	3	0	6.2951	53.3232	169.733	0.

Load flow for Line Types: (پارامتر پررنگ فراموش نشود!)

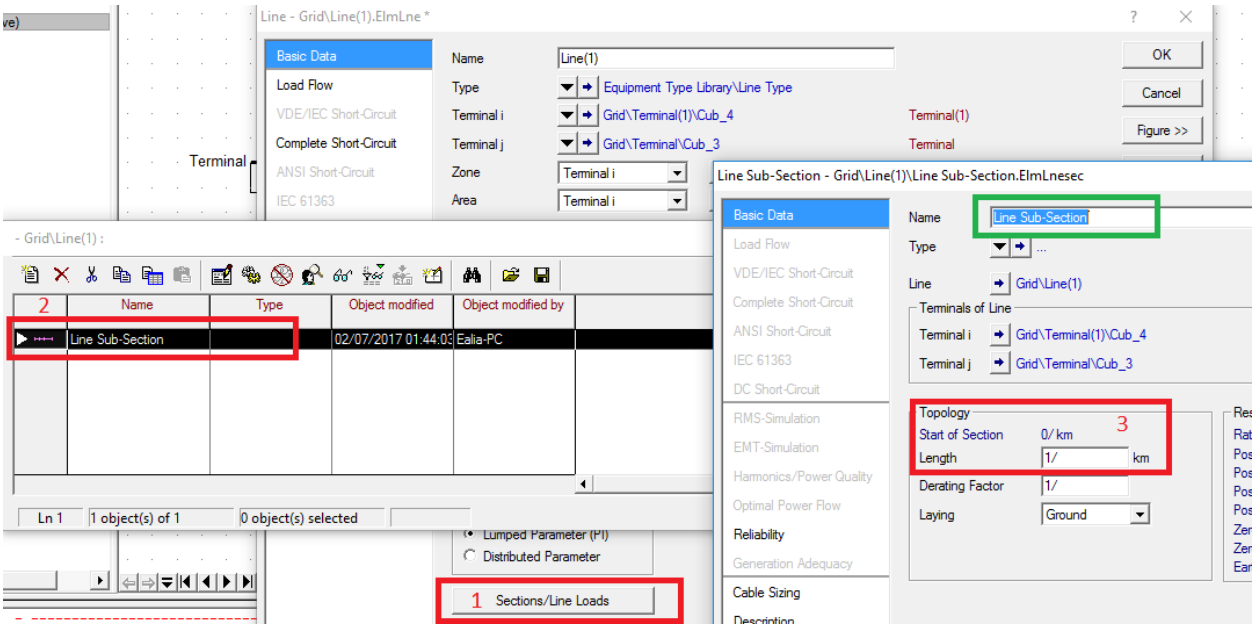
	Name	In Folder	Grid	B' uS/km	C' uF/km	tan delta	G' uS/km
	Line Type23	Library		120.	0.38197	0.	0.
	Line Type24	Library		120.	0.38197	0.	0.
	Line Type36	Library		150.	0.47746	0.	0.
	Line Type48	Library		150.	0.47746	0.	0.
	Line Type67	Library		169.	0.53794	0.	0.
▶	Line Type78	Library		169.	0.53794	0.	0.

- برای هر خط ابتدا Type و سپس طول خط وارد می‌شود. مقادیر phiz 1، R1، X1 محاسبه می شوند.

Object Filter: *.ElmLne

	Name	Grid	Derating F.	Laying	... m	Transposition	... ...	Z1 Ohm	phiz1 deg	R1 Ohm	X1 Ohm	R0 Ohm
▶	Line23	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	45.27511	83.29016	5.29	44.965	0.
	Line24	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	49.4919	79.53082	8.993	48.668	0.
	Line36	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	86.83499	78.75852	16.928	85.169	0.
	Line48	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	92.26615	77.07925	20.631	89.93	0.
	Line67	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	38.3525	83.26708	4.4965	38.088	0.
	Line78	Grid	1.	Ground	0.	☑	1.	53.6935	83.26708	6.2951	53.3232	0.

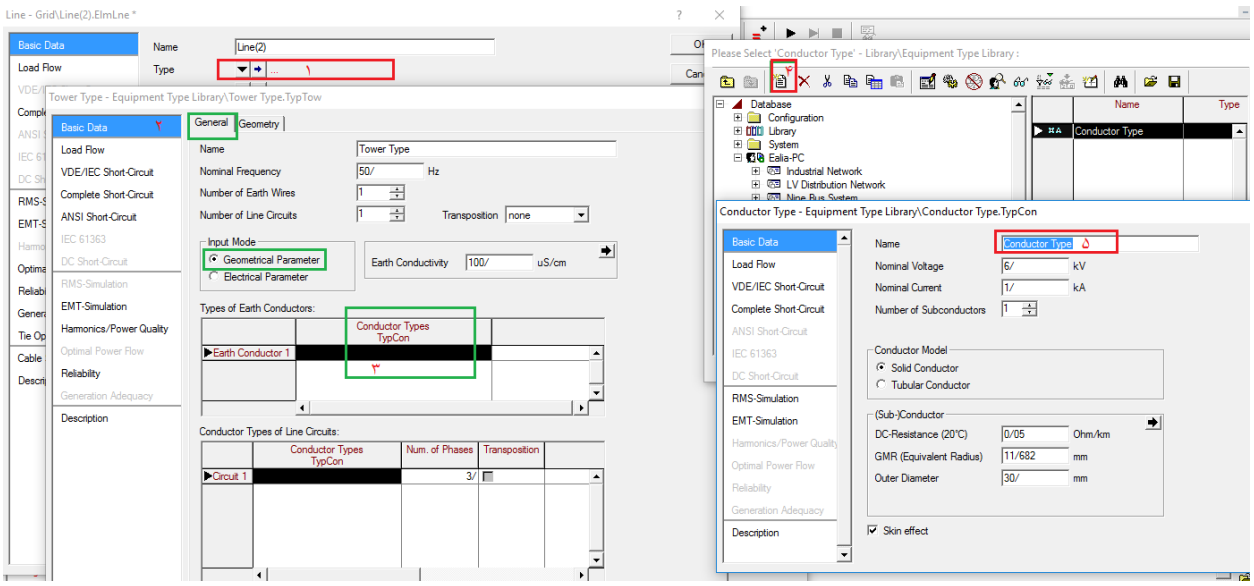
- **Defining Line Sections** یک خط از چندین type مختلف تشکیل شود.



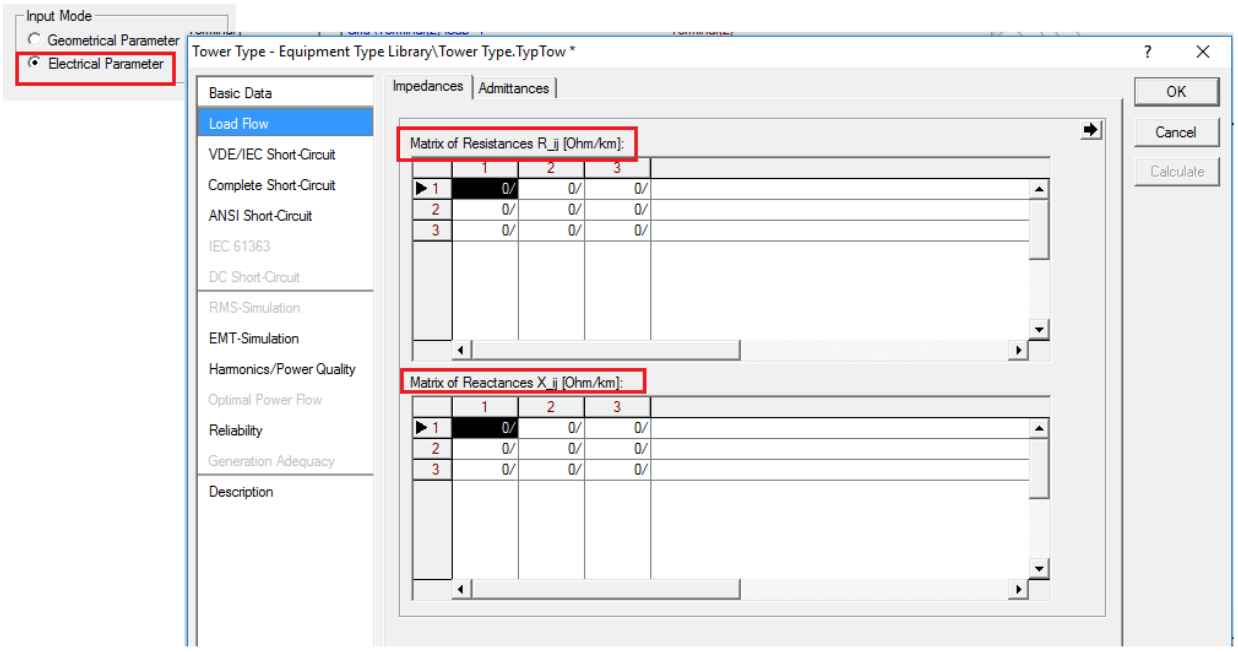
ب) ترسیم خط بر اساس برج

- بر اساس هندسه برج- Geometrical Parameter

یک مدار برای سیستم سه فاز و مداری دیگر برای سیم گارد. برای هر مدار نیز نوع هادی (Conductor Type) مشخص می‌شود.



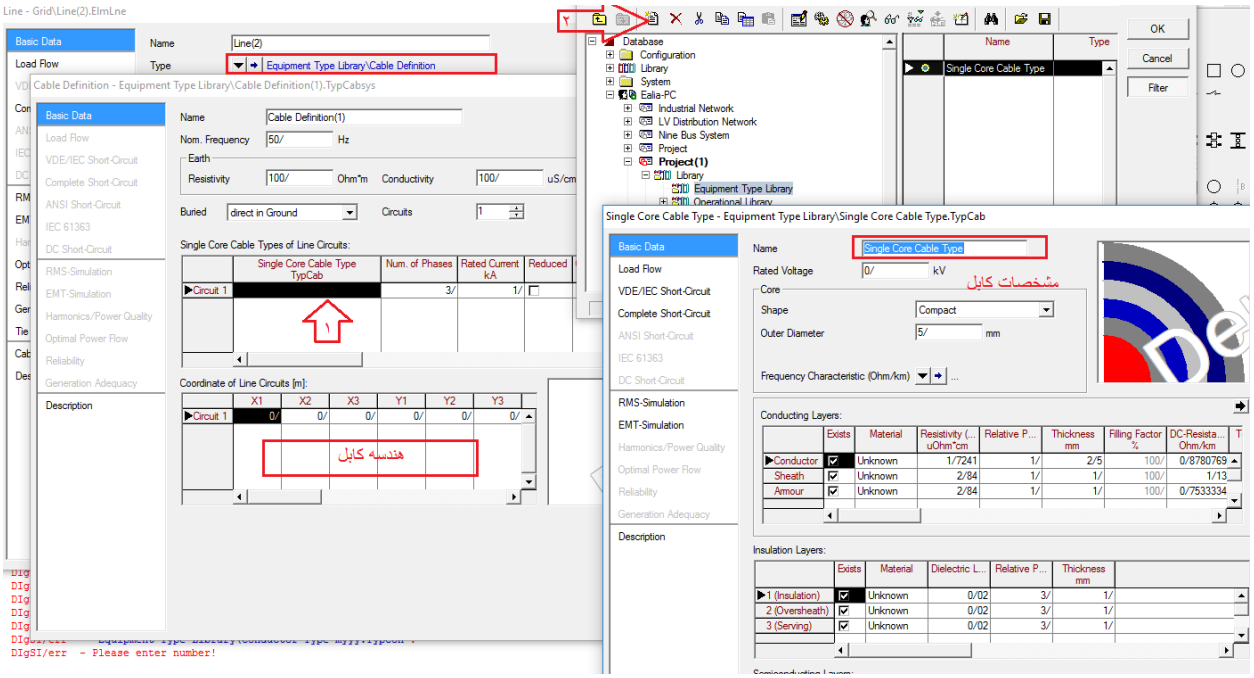
- بر اساس مدل الکتریکی (ماتریس امپدانس)



ج) کابل

خط کابلی بر اساس کابل تک هسته (Single core) بوده که برای مدار سه فاز سه عدد انتخاب می‌شود.

فرکانس، مقاومت و رسانایی با زمین، تعداد فازها، جریان نامی، هندسه چینش کابل ها در مسیر و مشخصات لایه‌های مختلف عایق و هادی کابل وارد می‌شوند. با فشردن دکمه calculate ماتریس امپدانس برای کابل محاسبه می‌گردد.



۲-۳-۶- ترانسفورماتور

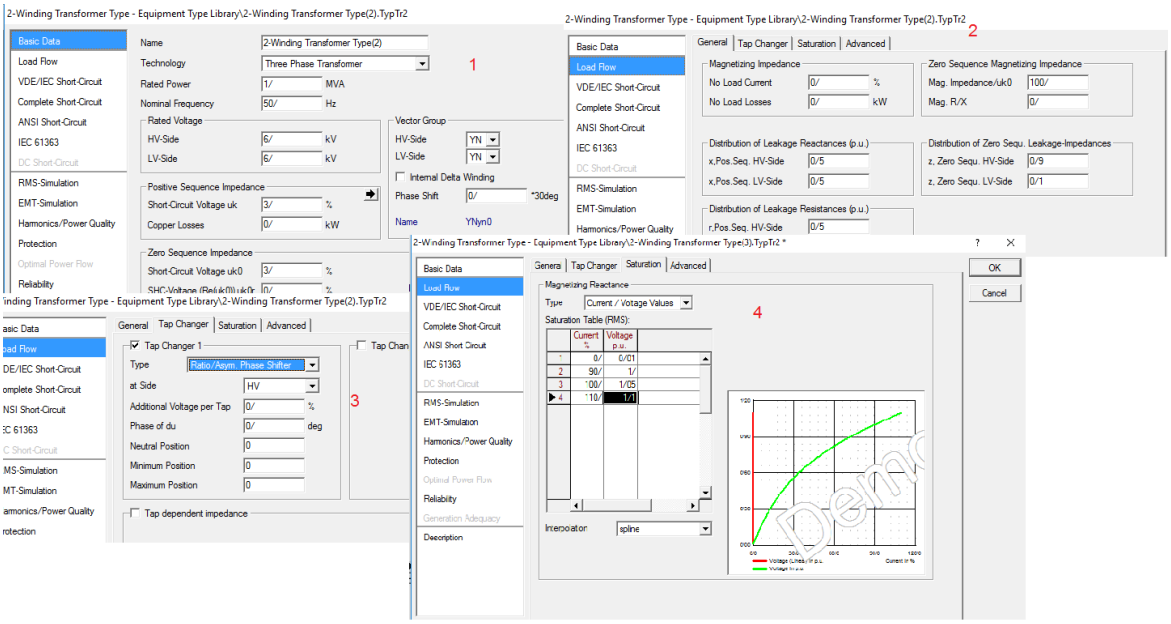
مهم ترین بخش در تخصیص مقادیر در ترانسفورماتورها تعریف Type می‌باشد. از برگه های basic data و load flow نیز باید ا ستفاده نمود. ولتاژهای اولیه و ثانویه، ظرفیت، در صد امپدانس، گروه برداری، جریان بی باری و نمودار B-H، امپدانس توالی، تپ چنجر و ... به عنوان ورودی باید وارد شوند.

Basic Data for Transformer Types☹(فقط اعدادی را که پررنگ هستند می‌توانید وارد کنید. به بقیه پارامترها دست نزنید)

	Name	In Fol...	...	Technology	rtd.Pow. MVA	Nomin... Hz	HV-rtd.... kV	LV-Rtd.... kV	Shc V... %	Cop.Los. kW	Re(Sh... %	Rati...	HV-...	LV-V...	Ph.Shift *30deg	Name	uk0 %	Shc R... %
▶	Type T12	Library		Transformer	250.	50.	230.	16.5	14.4	0.	0.	99999	YN	D	5	YNd5	3.	0.
	Type T56	Library		Transformer	200.	50.	230.	18.	12.5	0.	0.	99999	YN	D	5	YNd5	3.	0.
	Type T98	Library		Transformer	150.	50.	230.	13.8	8.79	0.	0.	99999	YN	D	5	YNd5	3.	0.

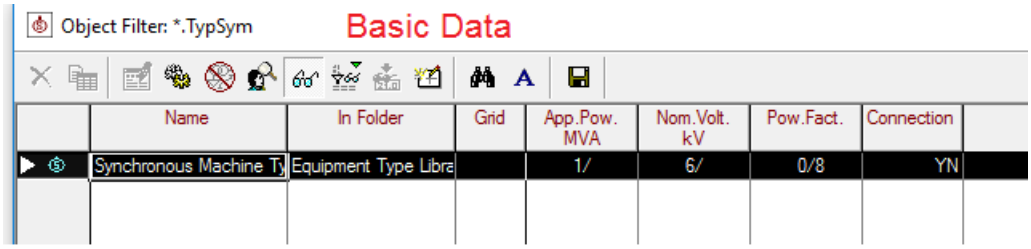
Basic Data for transformer(اگر ستون باس‌ها تفاوت دارند به نکته زیر عمل کنید)

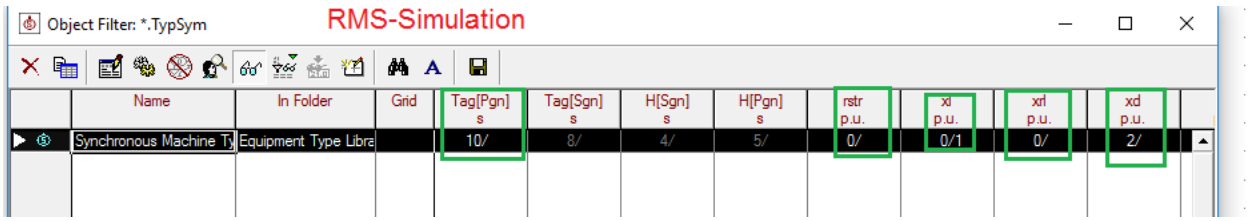
	Name	Grid	Type TypTr2	... ...	HV-Side	L... ...	LV-Side	Zone	A...	Out of Service	E...	Par.no.	Ther... IntT...	Ratin...	Srat MVA
▶ ✔	T12	Grid	Type T12		Bus2		Bus1			☐	☐	1		1.	250.
✔	T56	Grid	Type T56		Bus6		Bus5			☐	☐	1		1.	200.
✔	T98	Grid	Type T98		Bus8		Bus9			☐	☐	1		1.	150.

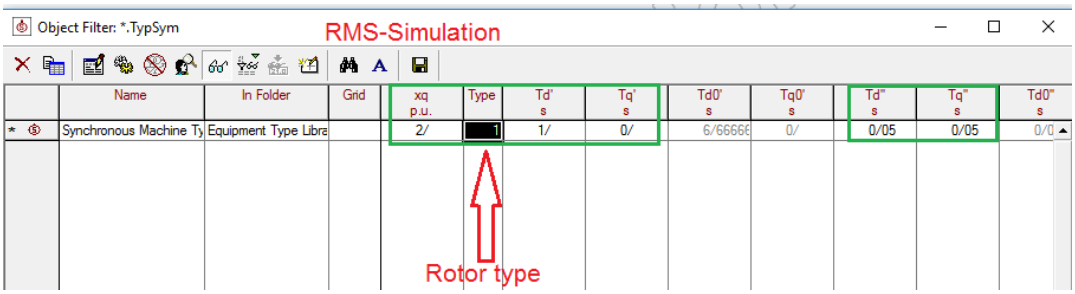


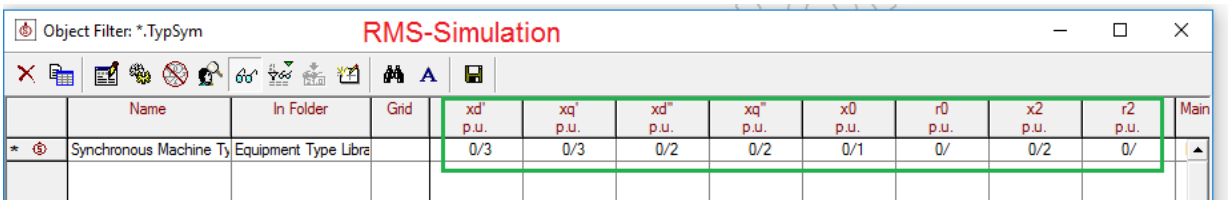
۲-۳-۷- ژنراتور

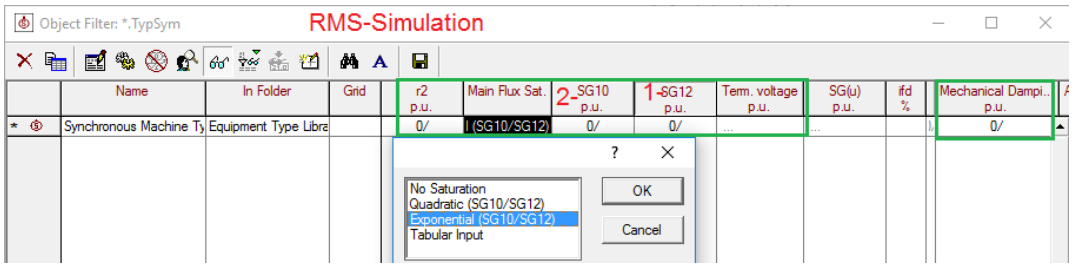
برای ژنراتور، تعریف Type از طریق برگه‌های basic data، load flow و RMS-Simulation انجام می‌گیرد.



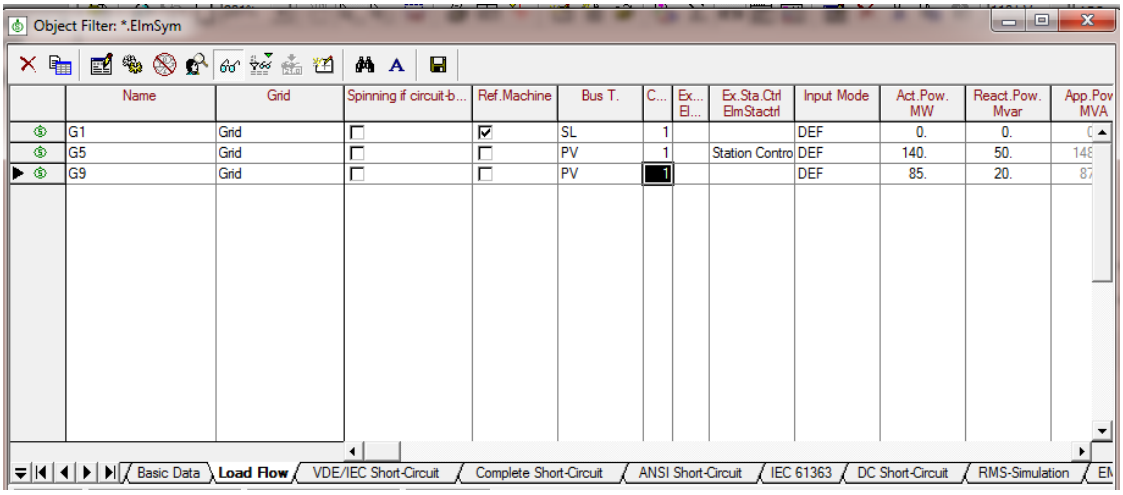


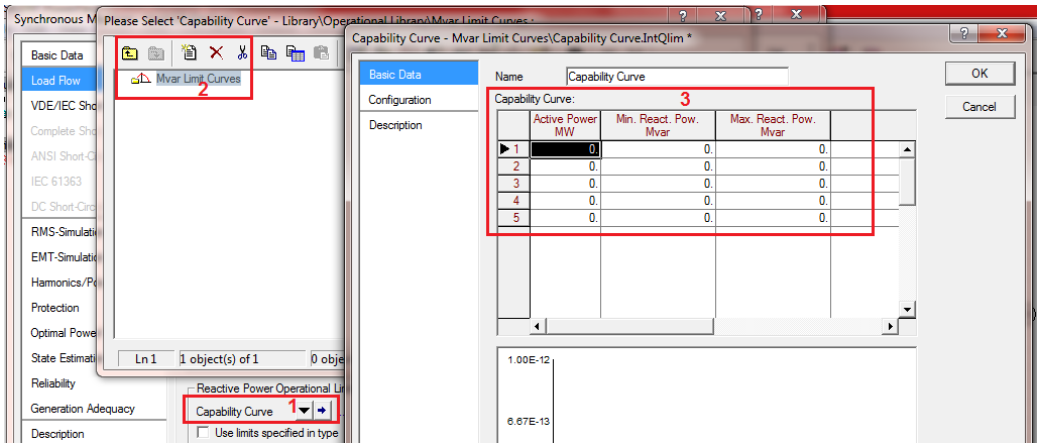






بعد از تعریف Type، نوبت به وارد کردن اطاعات اختصـاصـی به هر ژنراتور می باشـد. از برگه basic data تایپ آن انتخاب می‌شود. از برگه load flow ، نوع شین (اسلک، PV)، توان های اکتیو، راکتیو و ظاهری، زاویه و فاز ولتاژ، ضریب بایاس مربوط به کنترل فرکانس (B)، منحنی قابلیت تولید توان راکتیو (Capability Curve) و محدوده های توان اکتیو و راکتیو تولیدی هر ژنراتور قابل تعیین می‌باشد.





۲-۴- شبکه نمونه ۹ باسه

به عنوان نمونه شبکه ۹ باسه ای با داده های زیر جهت پیاده سازی در نرم افزار ارائه می‌گردد.

الف) مشخصات شین ها

Bus No.	kV	Bus No.	kV
1	16.5	6	230
2	230	7	230
3	230	8	230
4	230	9	13.8
5	18	محدوده مجاز ولتاژ ±5%	

ب) مشخصات بارها

ب-۱)Type

از نوع General load type و سه فاز با ecP=1 و ecQ=2. بقیه ضرایب صفر هستند.

ب-۲) اطلاعات مصرف بار

General load model				
Load No.	Bus	P(MW)	Q(Mvar)	Connection
L1	3	125	50	3PH PH-E
L2	4	90	30	3PH PH-E
L3	7	100	35	3PH PH-E

ج) اطلاعات خطوط

به جز ستون آخر (طول خط) همه اطلاعات در قسمت Type تعریف می شوند. دمای ماکزیمم نیز ۸۰ درجه لحاظ شده است.

From Bus	To Bus	Vnom(kV)	Inom(KA)	Cabl/OHL	R(Ω/km)	X(Ω/km)	B(µS/km)	Length(km)
2	3	230	1	OHL	5.29	44.965	120	1
2	4	230	1	OHL	8.993	48.668	120	1
3	6	230	1	OHL	16.928	85.169	150	1
4	8	230	1	OHL	20.631	89.93	150	1
6	7	230	1	OHL	4.4965	38.088	169	1
7	8	230	1	OHL	6.2951	53.3232	169	1

د) اطلاعات ترانسفورماتور

د-۱) تعریف Type

S(MVA)	HV(kV)	LV(kV)	Uk%	Uk0%	Connection
250	230	16.5	14.4	3	Ynd5
200	230	18	12.5	3	Ynd5
100	230	13.8	8.79	3	Ynd5

د-۲) اطلاعات ترانسفورماتور

From Bus	To Bus	Parallel unit
1	2	1
5	6	1
9	8	1

ه) اطلاعات ژنراتورها

ه-۱) تعریف Type

Gen Bus	S(MVA)	kV	Power Factor	Connection	Xd(pu)	Xq (pu)	X0	R0	X2	r2
1	247.5	16.5	1	YN	0.36	0.24	0.1	0	0.2	0
5	192	18	0.85	YN	1.72	1.66	0.1	0	0.2	0
9	128	13.5	0.85	YN	1.68	1.61	0.1	0	0.2	0

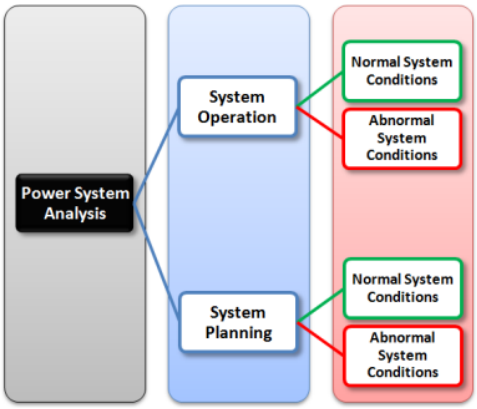
Gen Bus	H(s)	xl(pu)	rst(pu)	rotor	X'd	X'q	X''d	X''q	T'd	T'q	T''d	T''q	Saturation
1	4.775	0.083	0	Salient	0.15	--	0.1	0.1	3.73	---	0.05	0.05	Quadratic(SG10=0.13 , SG12=0.32)
5	1.77	0.14	0.005	Round	0.23	0.32	0.2	0.2	0.8	0.12	0.05	0.05	Quadratic(SG10=0.13 , SG12=0.32)
9	1.175	0.094	0	Round	0.25	0.35	0.2	0.2	0.806	0.12	0.05	0.05	Quadratic(SG10=0.13 , SG12=0.32)

ه-۲) اطلاعات اختصاصی ژنراتورها

Gen Bus	PG	QG	Type	V Pu	angle	$\pm Qlim$
1	0	0	SL	1.04	0	1pu
5	163	6.7	PV	1.025	---	1pu
9	85	-10.9	PV	1.025	---	1pu

۳- محاسبات پخش بار

بعد از ترسیم شبکه و وارد کردن اطلاعات مربوط به تمامی عناصر، نوبت به اجرای تحلیل‌های مختلف بر روی شبکه می‌باشد. بنیادی‌ترین مطالعه شبکه قدرت، پخش بار می‌باشد. پخش بار با هدف بهره برداری و برنامه ریزی و توسعه سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

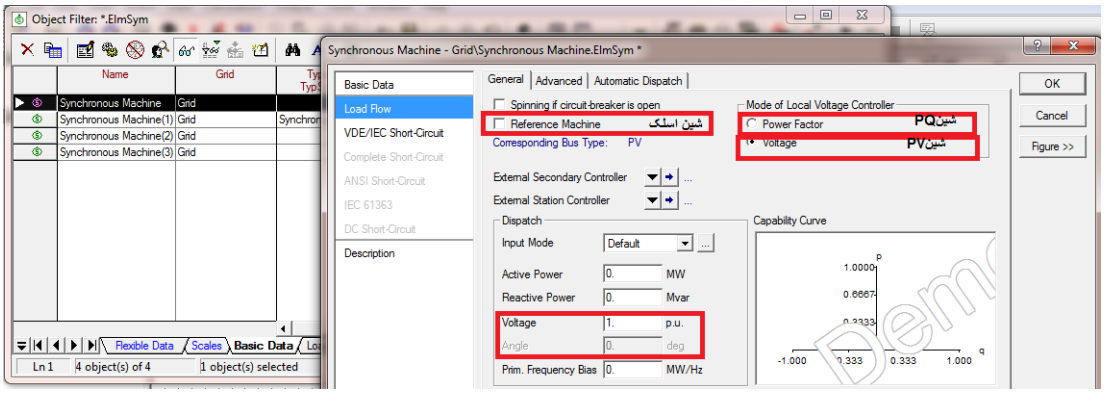


در حالت شرایط نرمال سیستم از پخش بار جهت محاسبه پروفیل ولتاژ، بارگذاری خطوط، توان تولیدی ژنراتورها و تلفات سیستم در بهینه سازی توابع هدف مختلف بهره برداری و ایجاد شرایط اولیه برای مطالعه حوزه زمان استفاده می‌شود. در شرایط غیرعادی نیز جهت ارزیابی امنیت، تحلیل پیشامد و ... نیز بدست می آید.

قبل از اجرای برنامه پخش بار باید نوع باس‌ها تعیین شود.

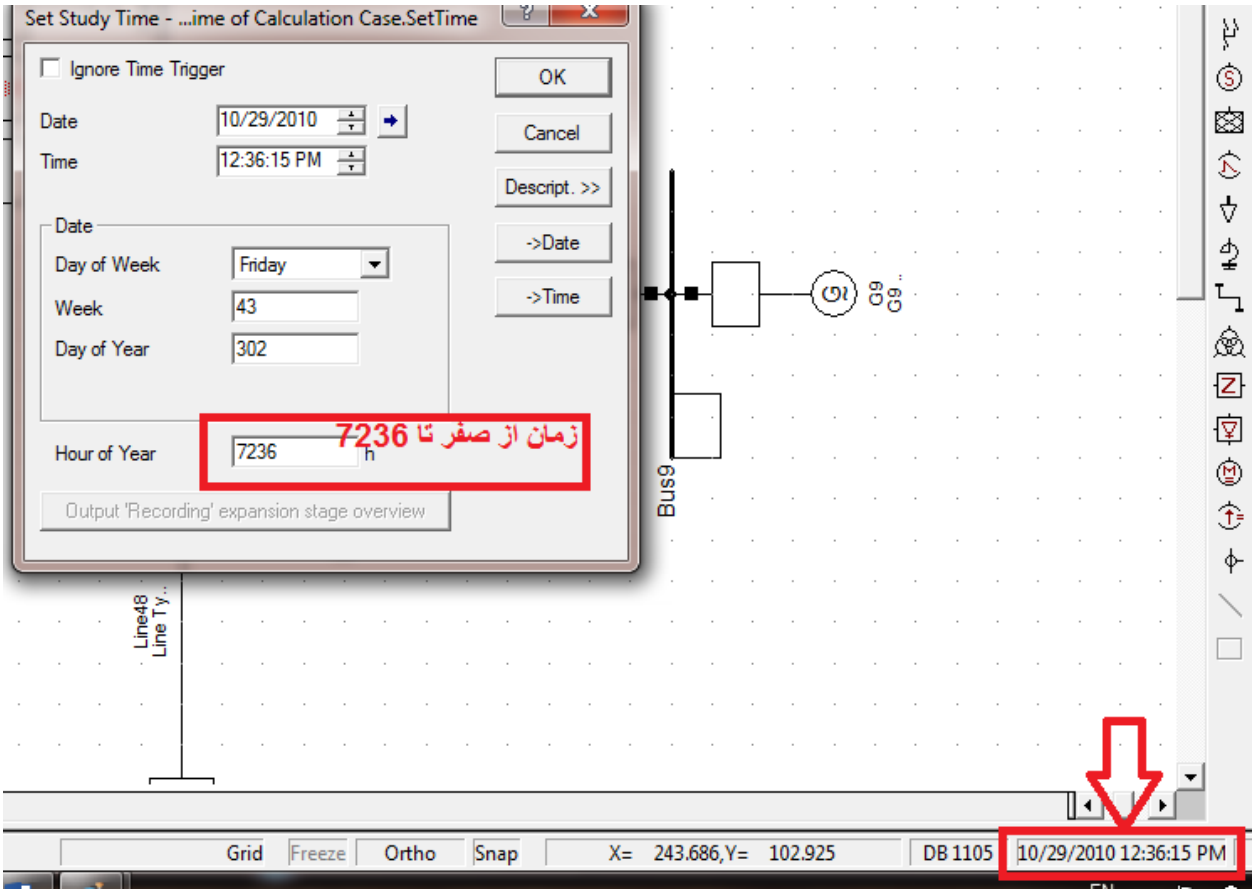
- Controlled power factor ($\cos(\vartheta)$), constant active and reactive power (**PQ**);
- Constant voltage, constant active power (**PV**) on the connected bus;
- Secondary (frequency) controller (*slack*, **SL**).

معمولاً باس های بار بصورت باس PQ در نظر گرفته می‌شوند. اما برای باس‌های ژنراتوری باید در تنظیمات ژنراتور در برگه load flow نوع شین انتخاب شود.



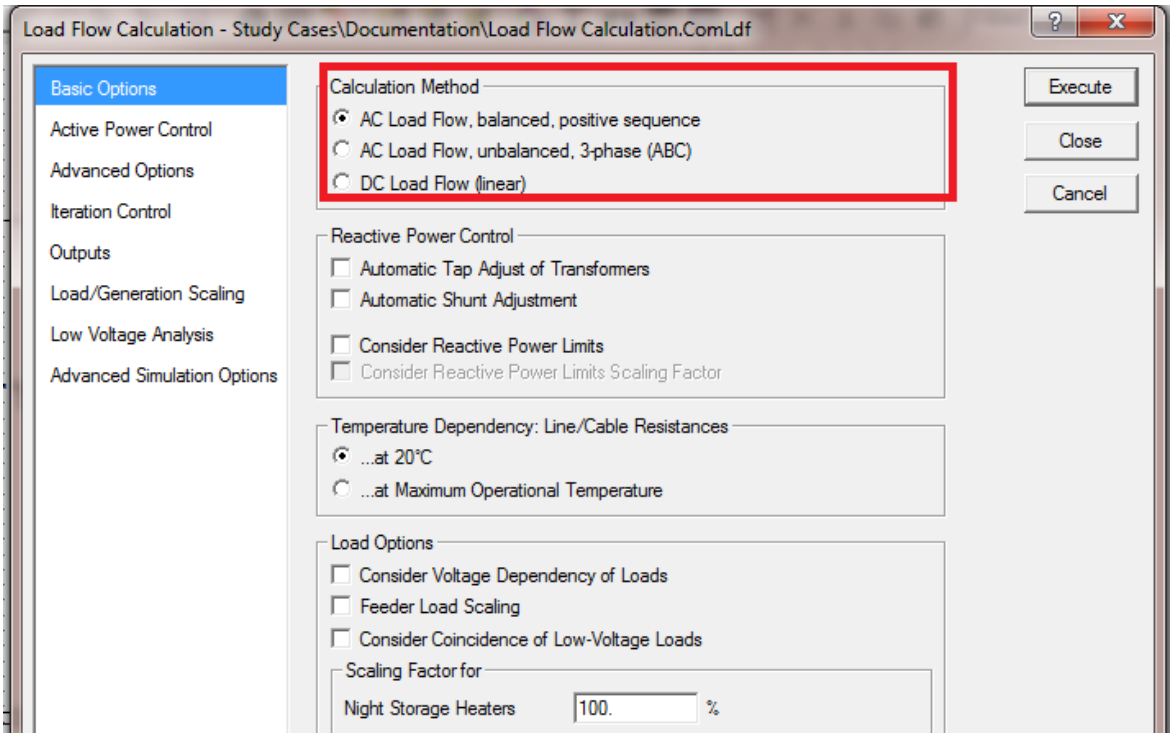
برنامه پخش بار هم از طریق آیکون و هم از منو Calculation و تب Load flow اجرا می شود. با استفاده از منو Calculation می‌توان تنظیمات مختلف برای پخش بار را در نظر گرفت.

در صورتی که تولید یا بار بصورت پروفیلی از زمان تعیین شده باشد اجرای پخش بار را می‌توان در زمان های مشخص انجام داده تا تأثیر پروفیل مشخص شود. جهت تنظیم زمان اجرای پخش بار بصورت شکل زیر می توان عمل کرد.

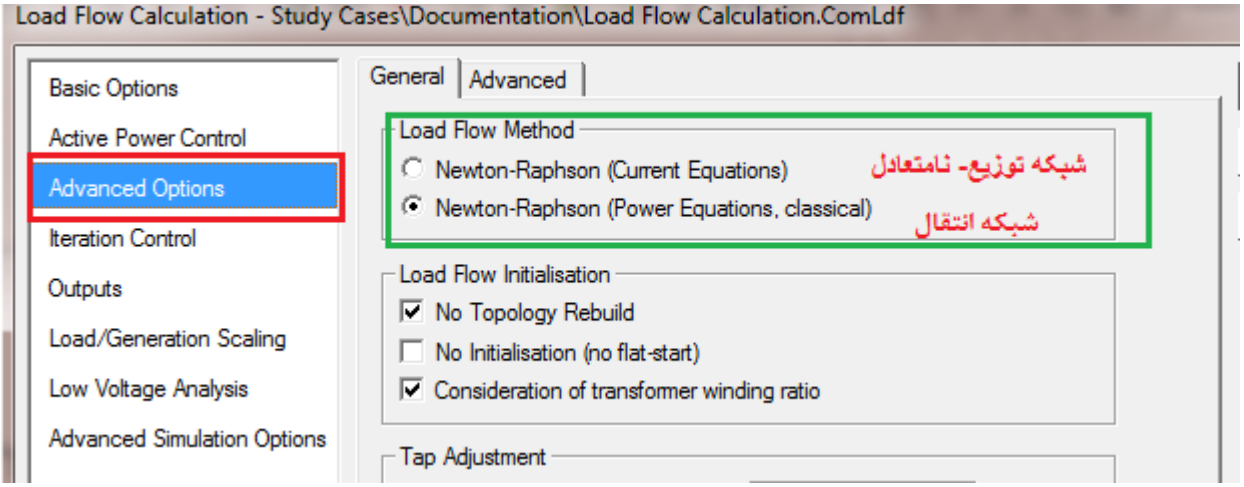


۳-۱- تنظیمات پخش بار

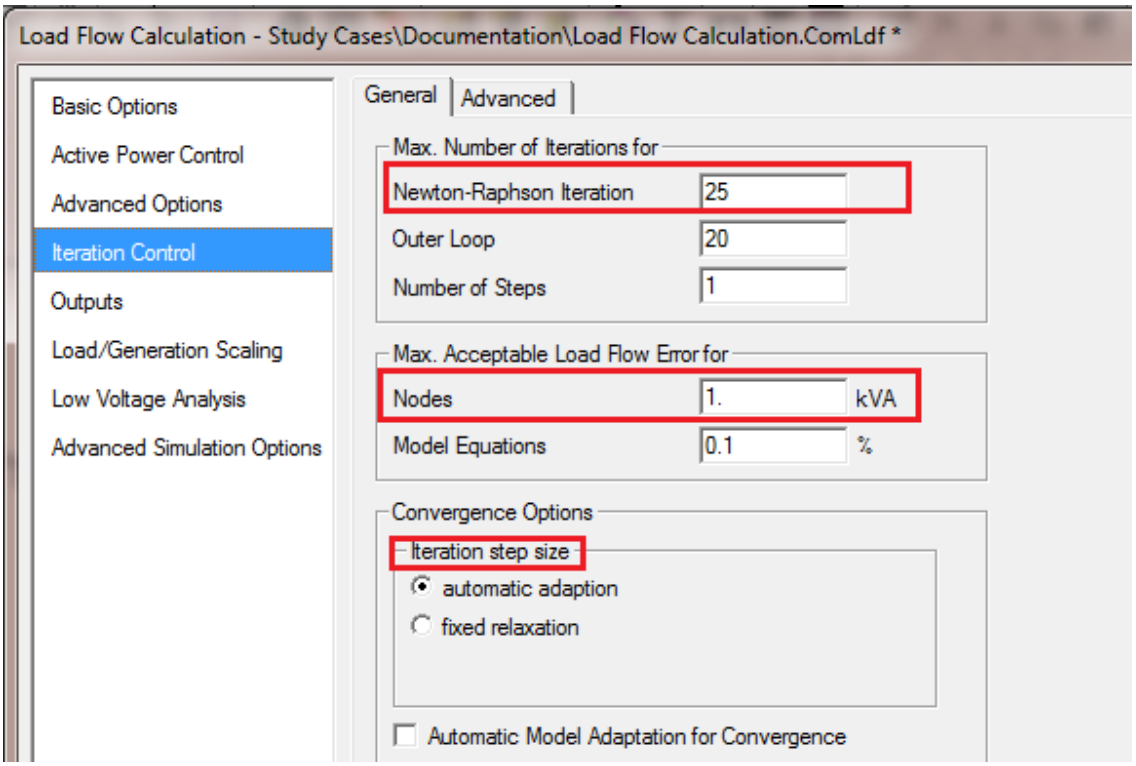
سه نوع برنامه پخش بار متفاوت شامل AC متعادل، AC نامتعادل و DC قابل انتخاب است.



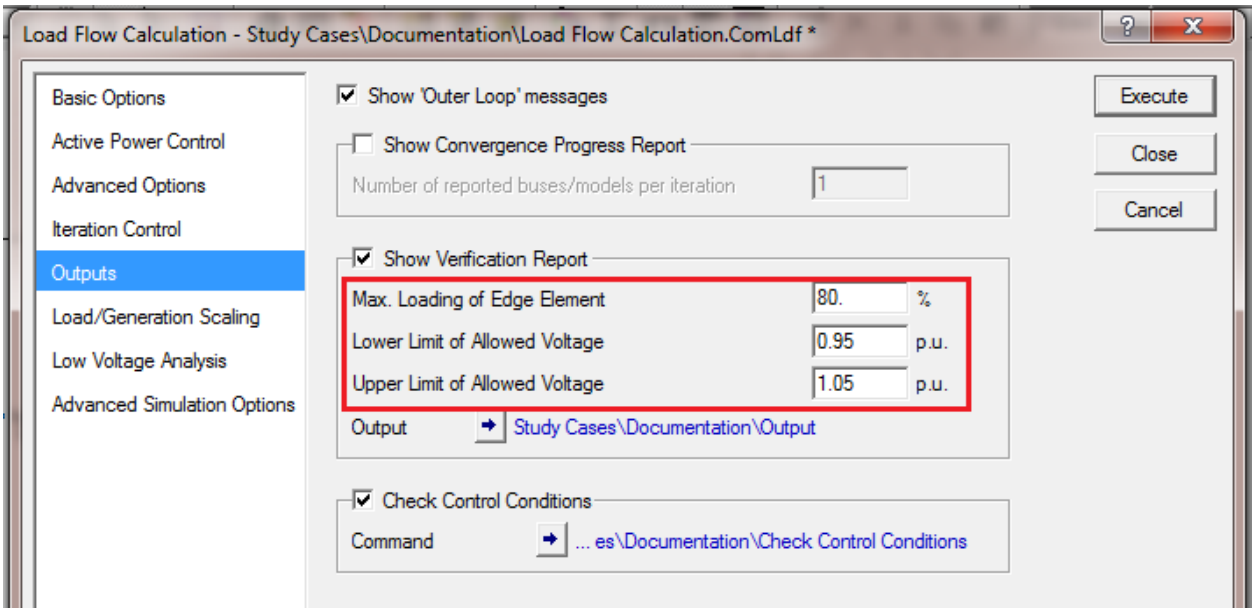
از برگه Advanced option نوع روش پخش بار نیوتن رافسون و همچنین وارد نمودن تپ ترانس در محا سبات قابل انتخاب است.



از برگه Iteration control تعداد تکرارهای الگوریتم نیوتن رافســـون و اندازه گام تکرار و میزان خطای بین دو تکرار قابل انتخاب است.

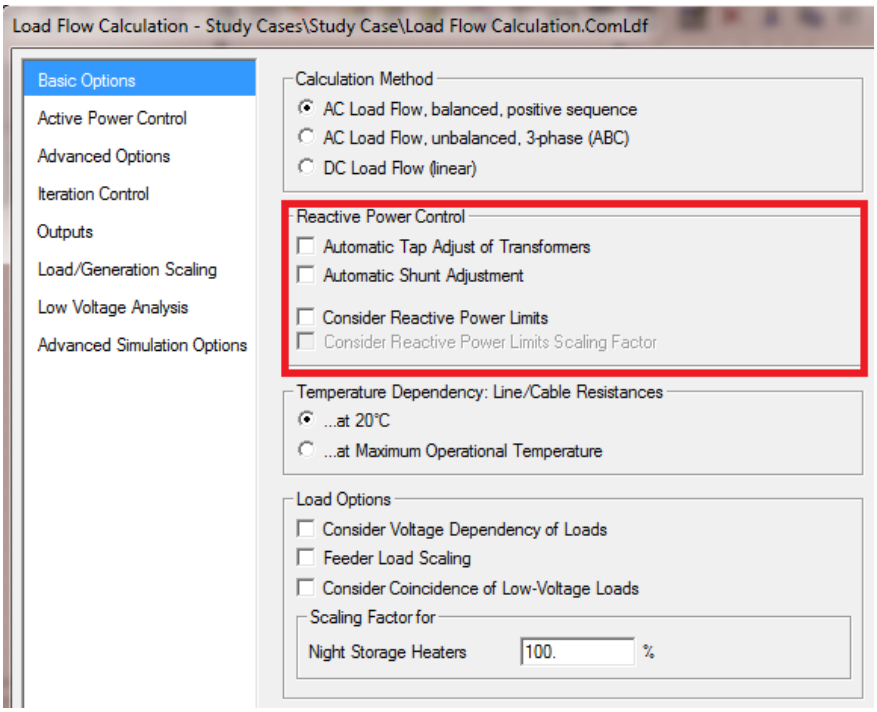


از برگه Output محدوده های ولتاژ و بارگذاری مجاز تعیین می‌شود.



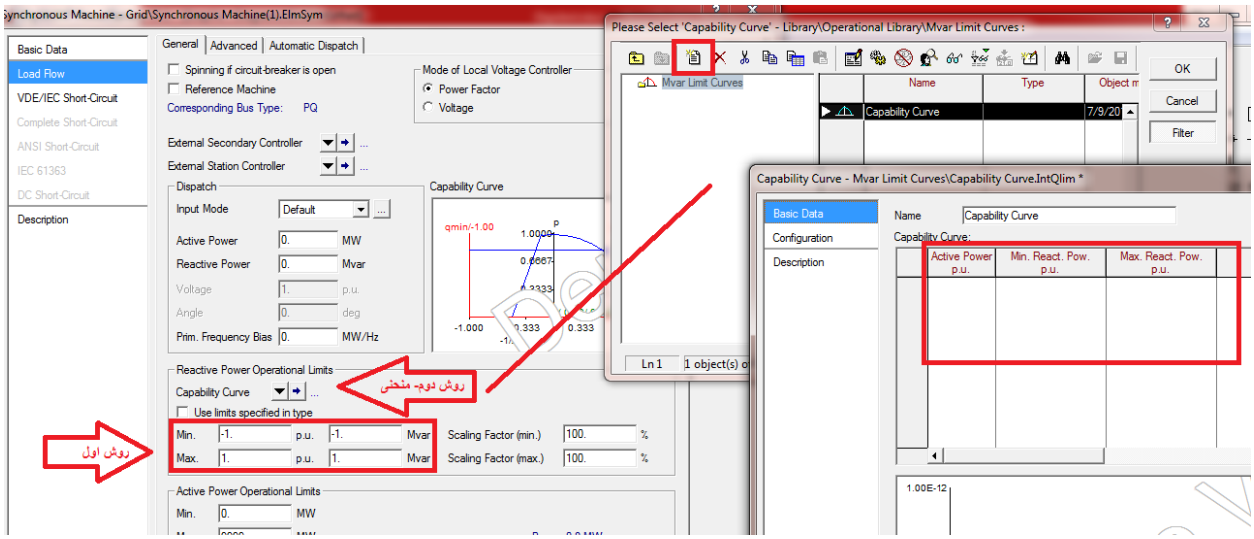
۳-۲-کنترل توان راکتیو

به منظور کنترل توان راکتیو و کنترل ولتاژ در شـــبکه می توان از Reactive Power Control اســـتفاده نمود. روش های مختلف کنترل توان راکتیو با ا ستفاده از محدوده توان راکتیو ژنراتورها، جبرانگر شنت، تپ تراز سفورماتور و کنترل station حاصل می‌گردد. کنترل توان راکتیو و ولتاژ بصورت محلی انجام می‌گیرد.



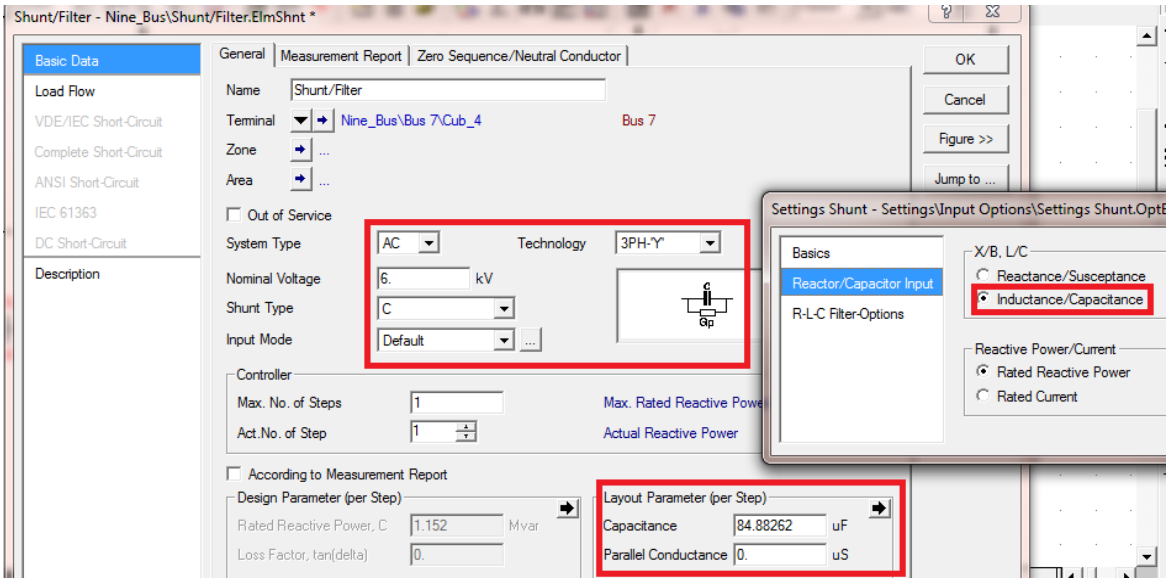
۳-۲-۱- محدوده توان راکتیو ژنراتورها

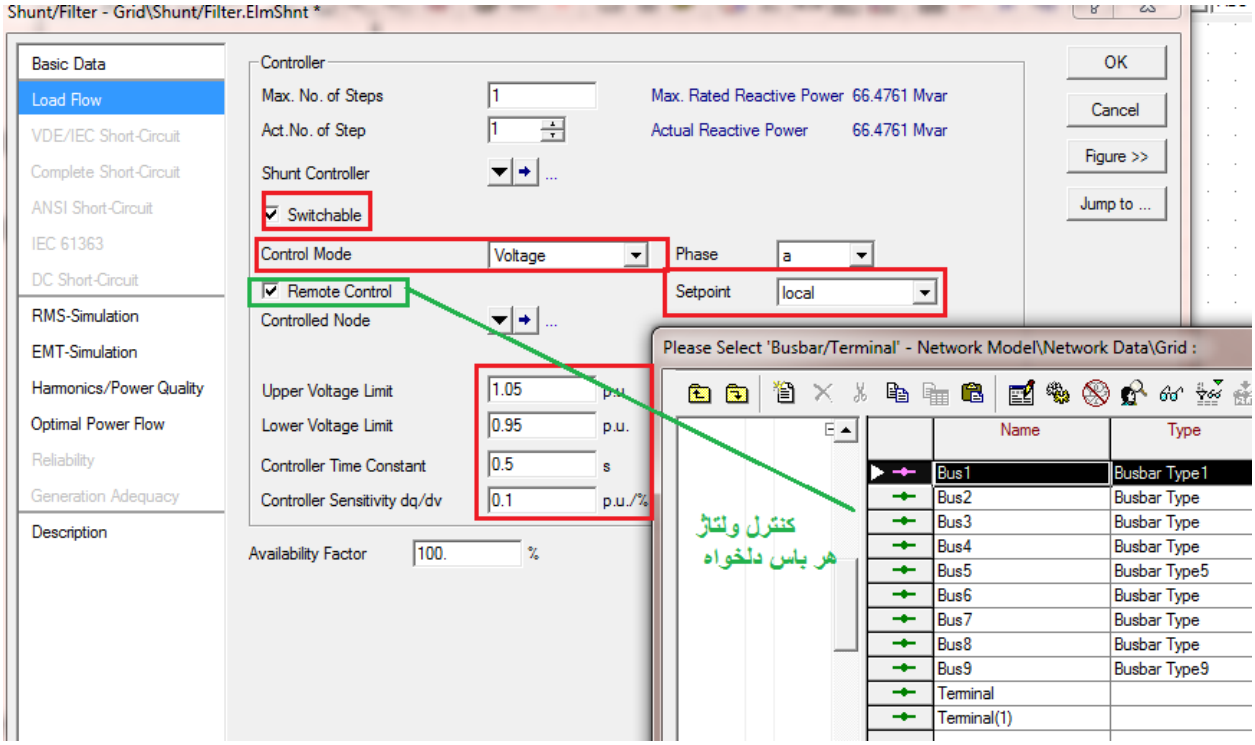
با انتخاب این گزینه، باید به اطلاعات ژنراتورها مراجعه و تنظیمات درســـت را انجام داد. روش اول با فعال نمودن محدوده توان راکتیو و روش دوم استفاده از منحنی قابلیت یا Capability Curve است.



۳-۲-۲- جبرانگر شنت

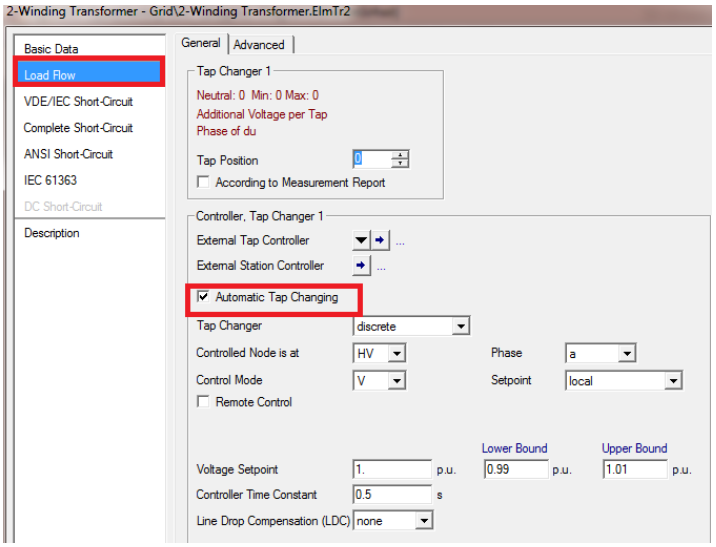
معمولاً بعد از اجرای پخش بار اولیه، باس هایی که ولتاژ آنها از محدوده مجاز کمتر یا بیشتر است، مشخص می‌شوند. یکی از رو شها جبران سازی موازی ا ست که به ترتیب از طریق خازن گذاری و ن صب راکتورها انجام می شوند. از المان Shunt/Filter RLC اســتفاده می‌شــود. ســطح ولتاژ، نوع جبرانگر، نوع اتصــال، ظرفیت جبرانگر (فارارد یا هانری) در آن تعیین می‌شود.



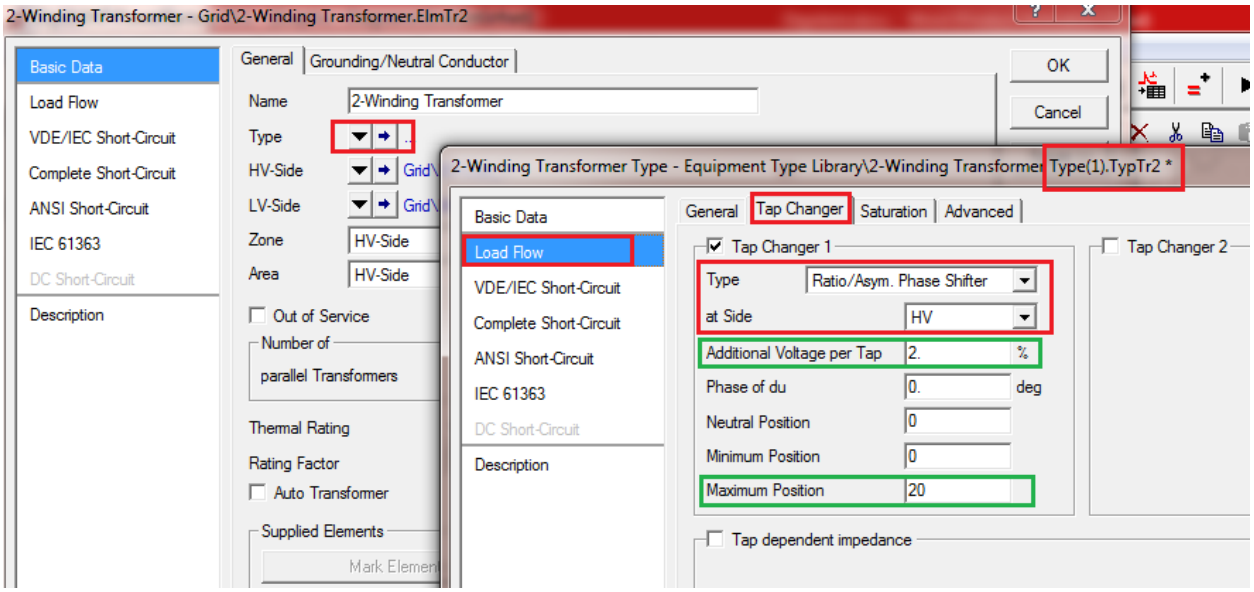


۳-۲-۳- تپ ترانسفورماتور

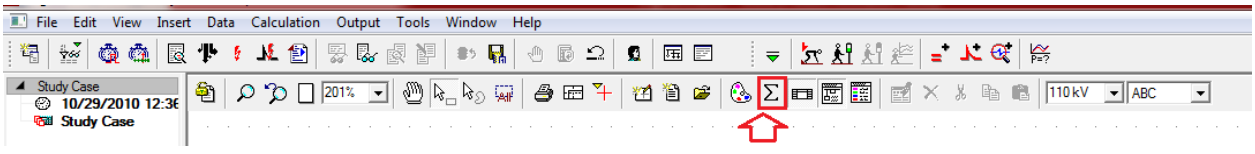
بر روی ترانسی که در کنترل توان راکتیو انتخاب شده است، کلیک کرده و در برگه load flow تیک Automatic Tap changing را بزنید. تنظیمات تپ چنجر که معمولاً سمت HV است شامل مد کنترلی، نقطه تنظیم ولتاژ، محدوده عملکرد تپ چنجر وارد می‌شود.



بعد از زدن تیک Automatic Tap changing، مانند شکل زیر عمل نمایید. وارد Type شده و در برگه load flow و تب Tap changer اطلاعات مربوط به دو ستون را وارد نمایید.



جهت مشـــخص نمودن تپ چنجر ترانس در صـــفحه گرافیکی نرم افزار، باید به layers رفته و Tap Position را به قسمت Visible منتقل نمایید.



۳-۲-۴- کنترل ولتاژ باس با استفاده از Station control

این نوع کنترل، شامل پخش باری است که با کنترل توان‌های اکتیو و راکتیو ژنراتورها، ولتاژ نقطه‌ای از شبکه را به مقدار مورد نظر (معمولاً ۱ پریونیت) می‌رساند.

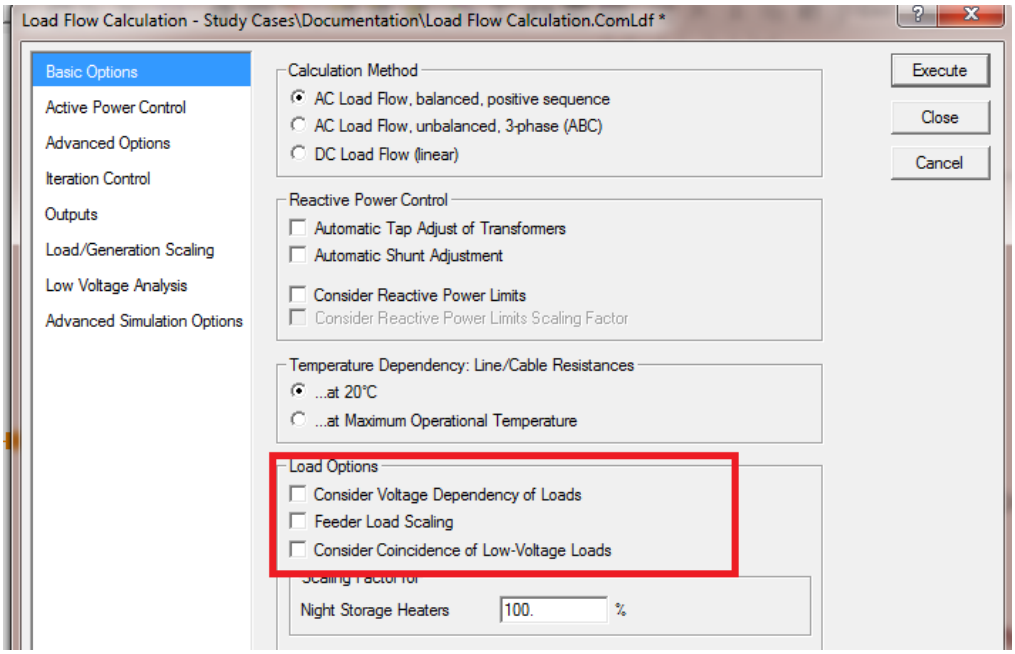
با اعمال تغییرات بر روی ژنراتورها انجام می گیرد.

سپس بر روی ژنراتور G. کلیک راست کرده و گزینه Define و سپس گزینه Station control را انتخاب کرده و در برگه oad Flow ، کلید را در مقابل Controlled Bar را بزنید. سپس کلید Select را بزنید.

به ترتیب گفته شده در شکل زیر، در شبکه فعال، ابتدا Grid و سپس Bus7 را انتخاب کنید. OK بزنید. و پخش بار را اجرا کنید

۳-۳- تنظیمات بار

گزینه بعدی در تنظیمات پخش بار، Load Option است که سه گزینه دارد. در گزینه اول وابستگی ولتاژ بارها (مدل کلی بارها وابسته به ولتاژ است) لحاظ می‌شود. این گزینه در کنترل توان راکتیو و ولتاژ نقش بسزایی دارد. گزینه Coincidence مربوط به ضریب همزمانی بارها در نوع بار LV است که تعدادی مشترک با بار ماکزیمم و ضریب همزمانی تعریف می‌شوند.

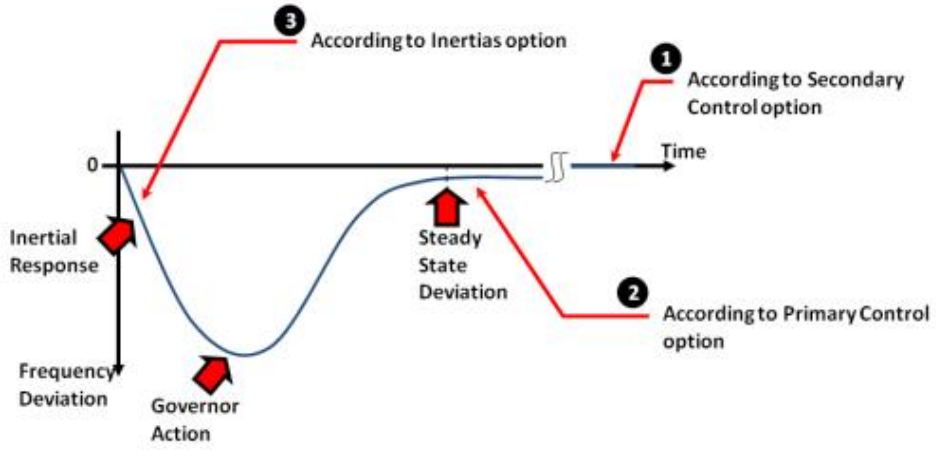


- Feeder load scaling

تنظیم ضریب بارهای مت صل به فیدر بر ا ساس توان معین ورودی فیدر. برای بارها باید scaling factor تیک زده شده باشد.

۳-۴-کنترل توان اکتیو

کنترل توان اکتیو به چهار روش انجام می‌شود.



الف) بطور سنتی و تعیین شده (Dispatched)

بطور سنتی یک ژنراتور بعنوان باس اسلک لحاظ می شود و تعادل بین تولید و مصرف توسط این ژنراتور برقرار می شود. برقراری تعادل توسط باس اسلک از طریق تغییر در مقادیر ماشین سنکرون، بار یا مولدهای مبتنی بر مبدل استاتیک انجام می‌شود.

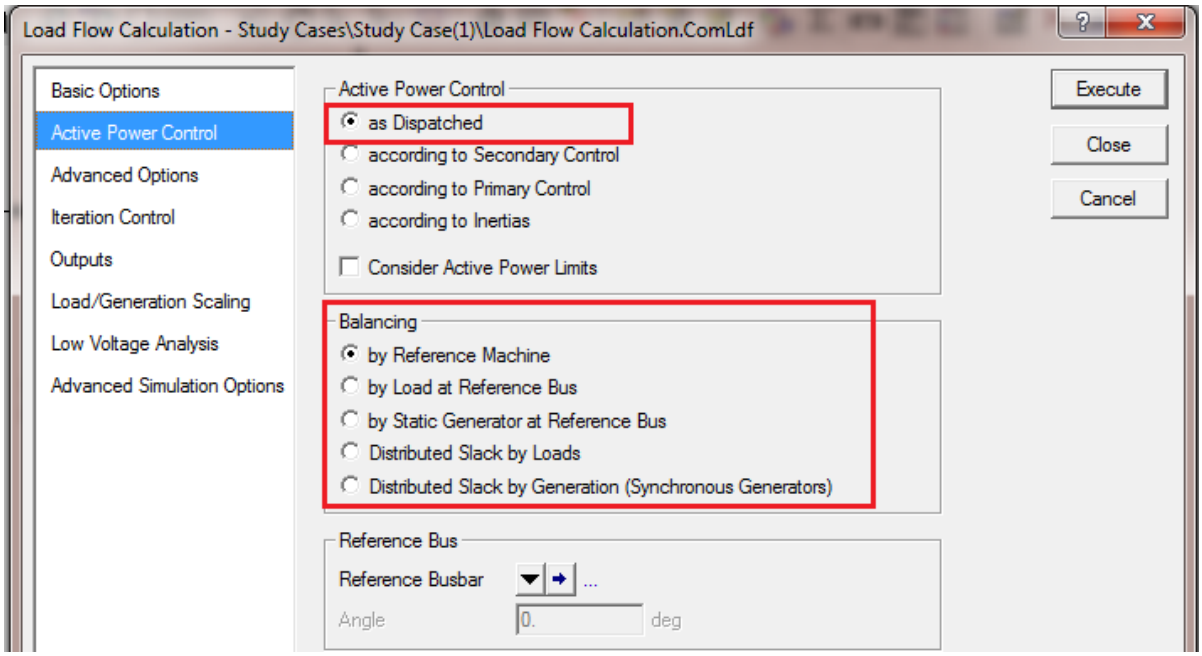
با انتخاب این روش لازم است تا یک باس مرجع نیز انتخاب شود. درصورت عدم انتخاب باس مرجع، ژنراتور مرجع یا همان ژنراتوری که بعنوان اسلک در برگه load flow انتخاب شده است، مرجع تأمین توان خواهد بود.

بطور کلی با انتخاب این گزینه، نامتعادلی از طریق ژنراتور، شبکه یا بار مبنا تأمین می‌شود.

- Reference Machine: روش سنتی.
- Load at reference Busbar: تغییر در بار موجود در باس مرجع انتخاب شده.
- Static generator at reference Busbar تغییر در ژنراتور موجود در باس مرجع انتخاب شده.
- Distributed slack by loads: تغییر بار در شبکه به منظور برقراری تعادل بدون تغییر در مقادیر تولید ژنراتور
- Distributed slack by SG: برقراری تعادل و تولید توان مورد نیاز بر مبنای میزان مشارکت ژنراتورها و توان اکتیو برنامه ریزی شده آنها

در دو حالت آخر ابتدا یک بار یا ژنراتور مجازی در شین اسلک لحاظ شده و سپس بعد از پخش بار، بین بارها/ژنراتورها تقسیم می‌شود.

انتخاب باس مرجع جهت انتخاب مرجعی برای زاویه ولتاژ است که می تواند از باس اسلک متفاوت باشد.



ب) مبتنی بر کنترل ثانویه

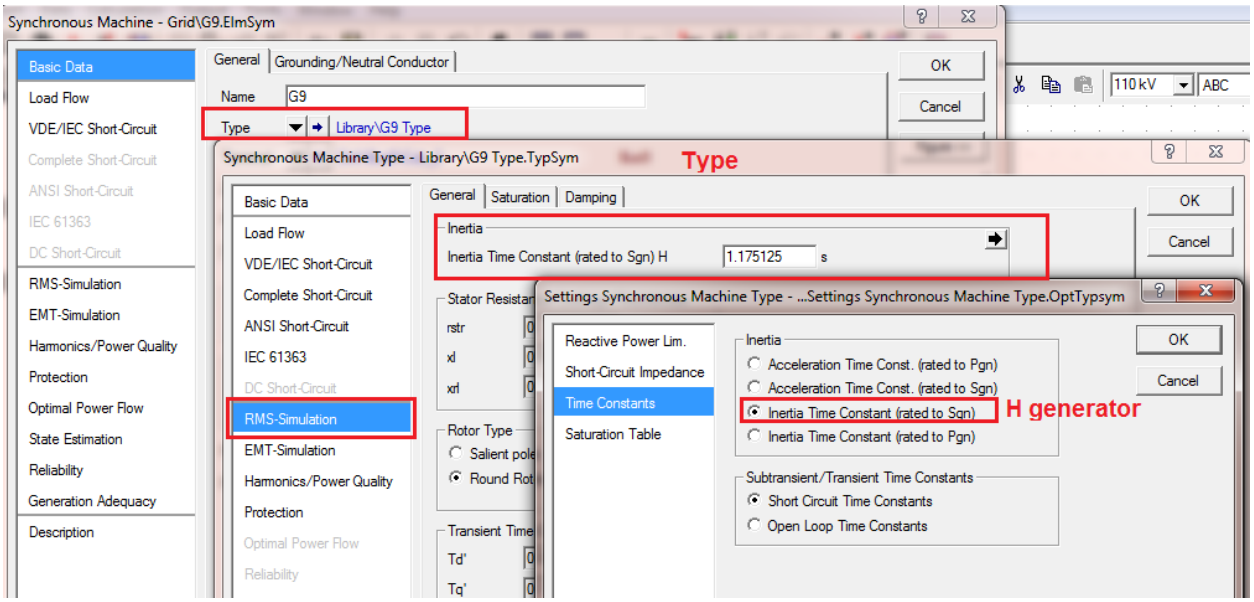
کنترلرهای توان فرکانسی ثانویه جهت بازیابی فرکانس به مقدار نامی البته بعد از عملکرد کنترل اولیه استفاده می‌شوند. با فعال شدن این گزینه، ژنراتورها نامتعادلی توان را بر اساس ضرایب مشارکت خود تقسیم می‌کنند.

ج) مبتنی بر کنترل اولیه

پیاده سازی عملکرد حالت ماندگار سیستم گاورنر از طریق این گزینه انجام می‌گیرد. ژنراتورها با بهره Kpf توان را تقسیم می‌کنند. نامتعادلی توان منطبق بر ضرایب کنترل دروپ ژنراتورها تقسیم می شود. در برگه Load flow مقدار Prim. frequency Bias (MW/Hz) باید وارد شود.

د) مبتنی بر اینرسی

مشارکت هر ژنراتور به منظور جبران سازی توان اکتیو به نسبت انرژی جنبشی ذخیره شده در آنها یا همان اینرسی آنها می باشد. در تعریف Type ژنراتورها به برگه RMS-Simulation رفته و مانند شکل زیر اینرسی وارد می‌شود.

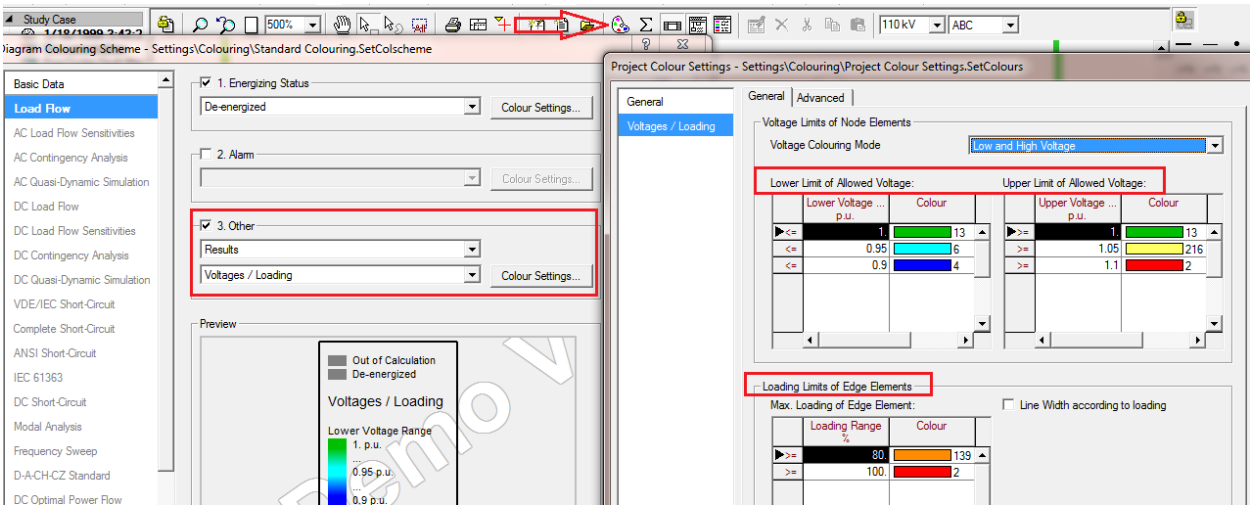


۳-۵- خروجی برنامه پخش بار

خروجی‌های مختلفی را می‌توان از برنامه پخش بار استخراج نمود.

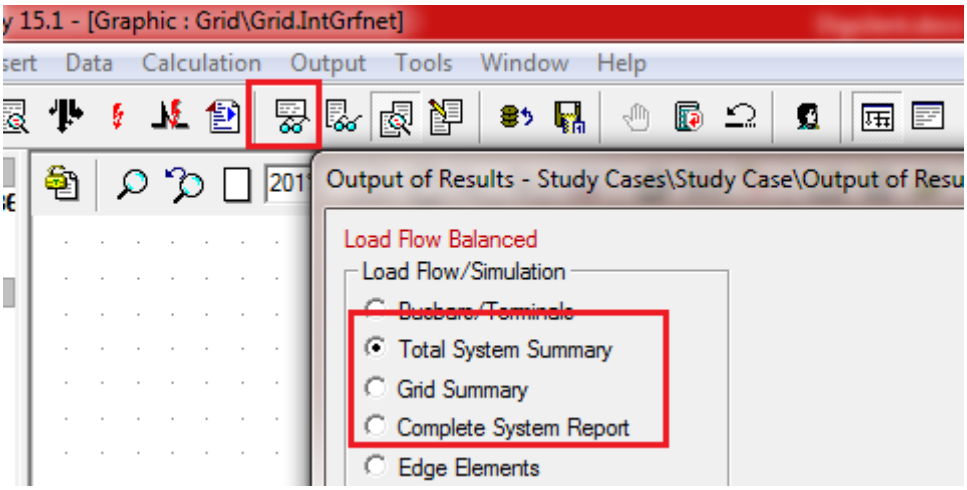
۳-۵-۱- نمایش رنگی

با انتخاب بوم رنگ در نوار ابزار مانند شـکل زیر می توان رنگ‌های مختلفی را به عناصـر نسـبت داد. باس ها با ولتاژ بیشتر یا کمتر از محدوده مجاز با رنگ هایی مشخص داده می شود. هم چنین میزان بارگذاری ترانسفورماتورها، خطوط و ژنراتورها با رنگ قرمز نمایش داده می شود. تنظیمات رنگ ها مانند شکل زیر است.



۳-۵-۲- فایل متنی

خروجی‌های متفاوتی از اطلاعات کامل تا خلاصه را می توان از نتایج پخش بار استخراج نمود.



در summary: میزان تولید، مصرف و تلفات مشاهده می‌شود.

Load Flow Calculation — Grid Summary

AC Load Flow, balanced, positive sequence		Automatic Model Adaptation for Convergence	No
Automatic Tap Adjust of Transformers	No	Max. Acceptable Load Flow Error for	
Consider Reactive Power Limits	No	Nodes	1.00 kVA
		Model Equations	0.10 %

Grid: Nine_Bus — System Stage: Nine_Bus — Study Case: Documentation — Annex: / 1

Grid: Nine_Bus — Summary

No. of Substations	0	No. of Busbars	10	No. of Terminals	0	No. of Lines	7
No. of 2-w Trfs.	3	No. of 3-w Trfs.	0	No. of syn. Machines	3	No. of asyn.Machines	0
No. of Loads	4	No. of Shunts	0	No. of SVS	0		

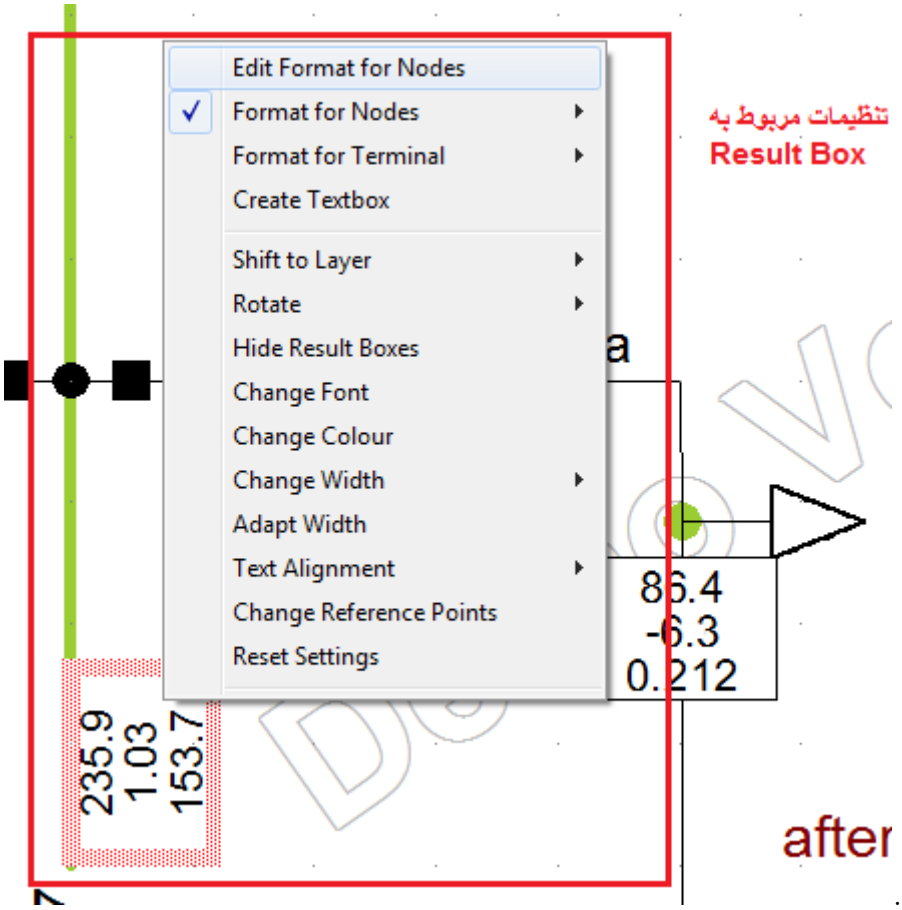
Generation	=	319.64	MW	22.77	Mvar	320.45 MVA
External Infeed	=	0.00	MW	0.00	Mvar	0.00 MVA
Inter Grid Flow	=	0.00	MW	0.00	Mvar	
Load P(U)	=	315.00	MW	115.00	Mvar	335.34 MVA
Load P(Un)	=	315.00	MW	115.00	Mvar	335.34 MVA
Load P(Un-U)	=	0.00	MW	0.00	Mvar	
Motor Load	=	0.00	MW	0.00	Mvar	0.00 MVA
Grid Losses	=	4.64	MW	-92.23	Mvar	
Line Charging	=			-140.60	Mvar	
Compensation ind.	=			0.00	Mvar	
Compensation cap.	=			0.00	Mvar	

۳-۵-۳- جعبه نتایج (Results Box)

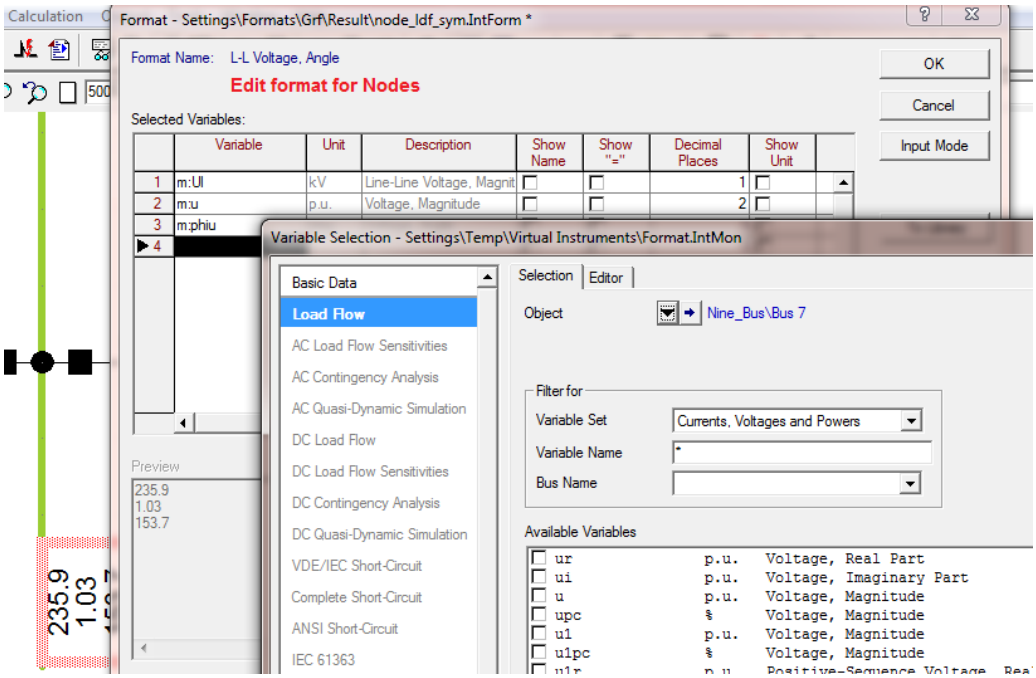
در صفحه نمایش گرافیکی، در کنار هر عنصر یک جعبه نمایش داده شده است که بعد از اجرای برنامه پخش بار، اطلاعاتی در آن نمایش داده می‌شود. با راست کلیک بر روی هر عنصر، می توان این آیتم را پنهان یا نمایش داد.

با راست کلیک بر روی خود جعبه نتایج، می‌توان تنظیمات متفاوتی بر روی آن اعمال نمود. تغییرات در ابعاد، فونت و رنگ تا انتخاب کمیت هایی که نمایش داده شوند.

در گزینه Format for Nodes/Edges چندین مجموعه کمیت وجود دارد که می‌توان هر مجموعه را جهت نمایش در جعبه نتایج انتخاب کرد.

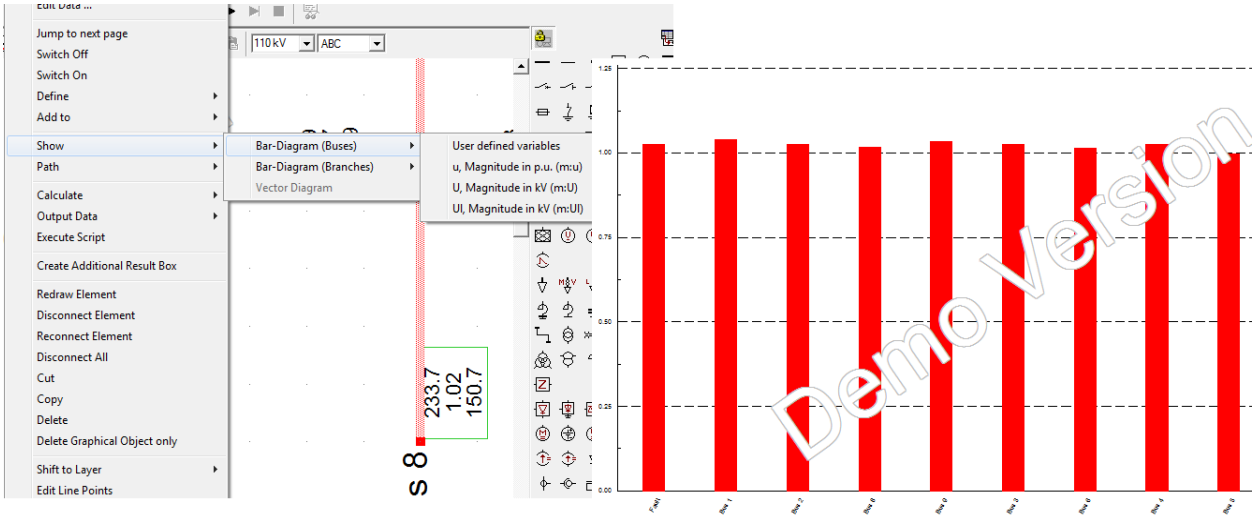


جهت نمایش کمیت های بیشتر از گزینه Edit format for Nodes/Edges مانند شکل زیر استفاده نمود.



۳-۵-۴- رسم نمودارهای مرتبط با پخش بار

- با راســـت کلیک بر روی هر باس یا خط انتقال و گزینه SHOW و گزینه های Bar Diagram و Vector Diagram به ترتیب میزان جریان/ ولتاژ و اختلاف بین ولتاژ و جریان نمایش داده می شود.



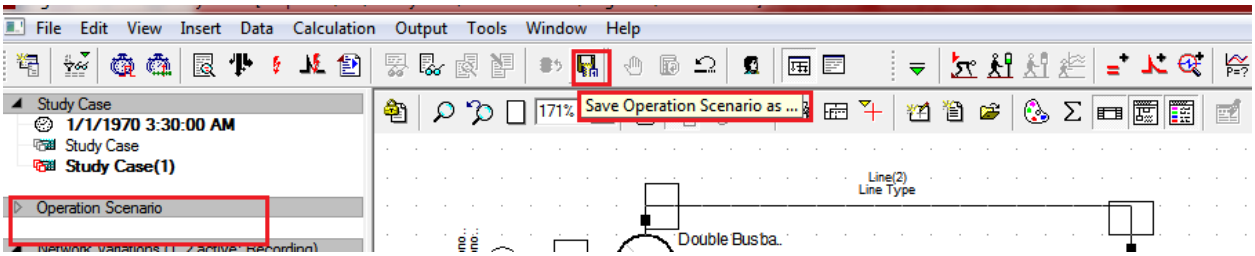
- نمایش گرافیکی جهت عبور جریان خطوط

ابتدا از منو + تیک Animated load flow زده شود.

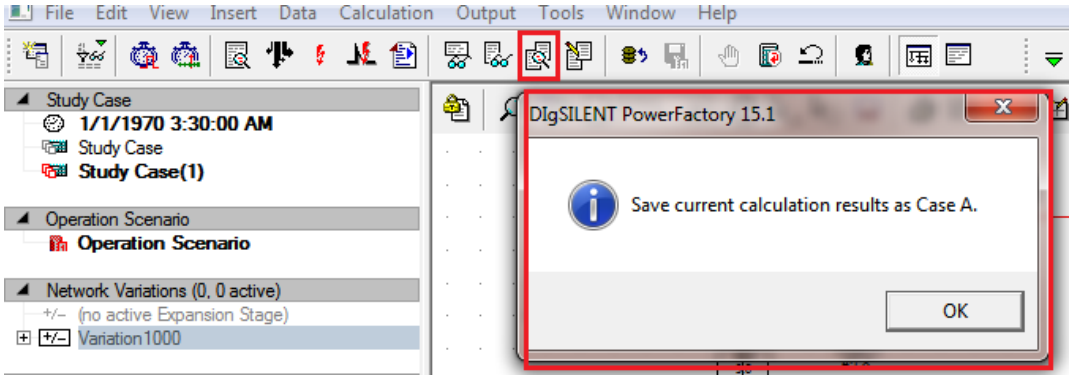
در صفحه گرافیکی در یک قسمت سفید، کلیک راست کنید. کلید Show Layer را بزنید. از قسمت Invisible، مقدار Direction Arrows را انتخاب کنید و با فلش >> آن‌را به قسمت Visible ببرید. با این‌کار جهت توان در شکل‌ها دیده می‌شود.

۳-۶-سناریوهای بهره برداری

سناریوهای بهره برداری مختلفی را می توان در نظر گرفت. شکل زیر طریقه ساخت سناریو را نشان می دهد. بهتر است همواره یک سناریو بهره برداری بعنوان مدل پایه وجود داشته باشد تا معیار مقایسه باشد.

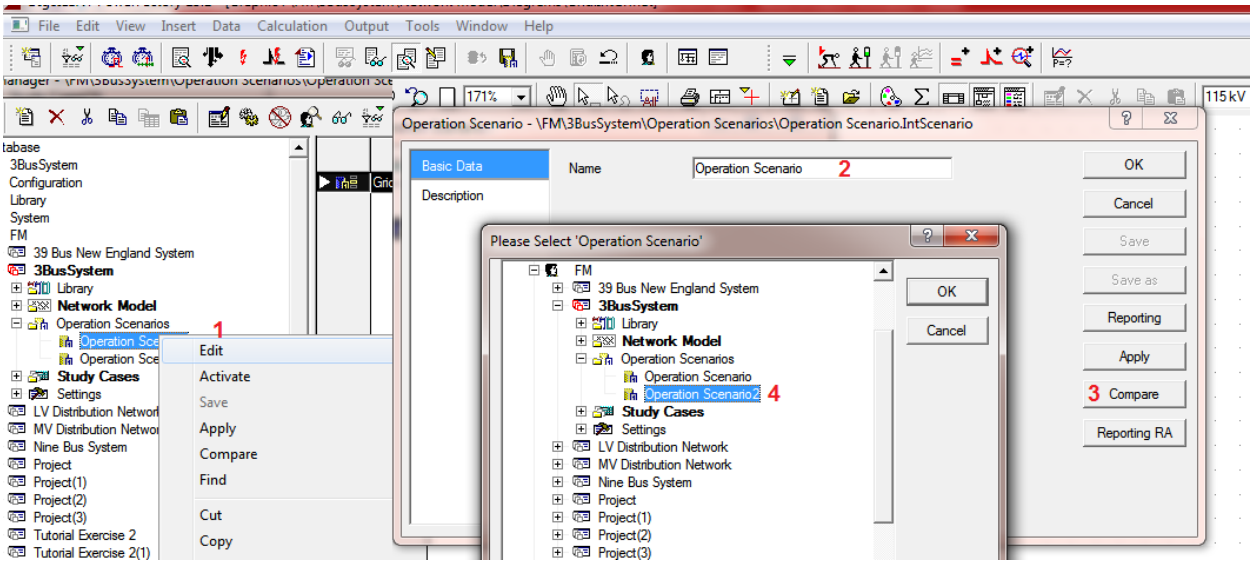


با فعال نمودن هر سـناریو، پارامترهای بهره برداری برای هر تجهیز قدرت در برگه های موردنظر خودش به رنگ آبی قابل مشـاهده و قابل تغییر می باشـد. هر سـناریو را ابتدا فعال نموده و سـپس شـبیه سـازی انجام می گیرد. به منظور مقایسه می‌توان به دو صورت عمل نمود.



ابتدا یک سناریو را اجرا کرده و بعنوان case A ذخیره و سپس سناریو بعدی را اجرا کرده و بعنوان case B انتخاب می کنیم. مقایسه نتایج در Result Box بصورت درصدی از تغییرات نشان داده می‌شود.

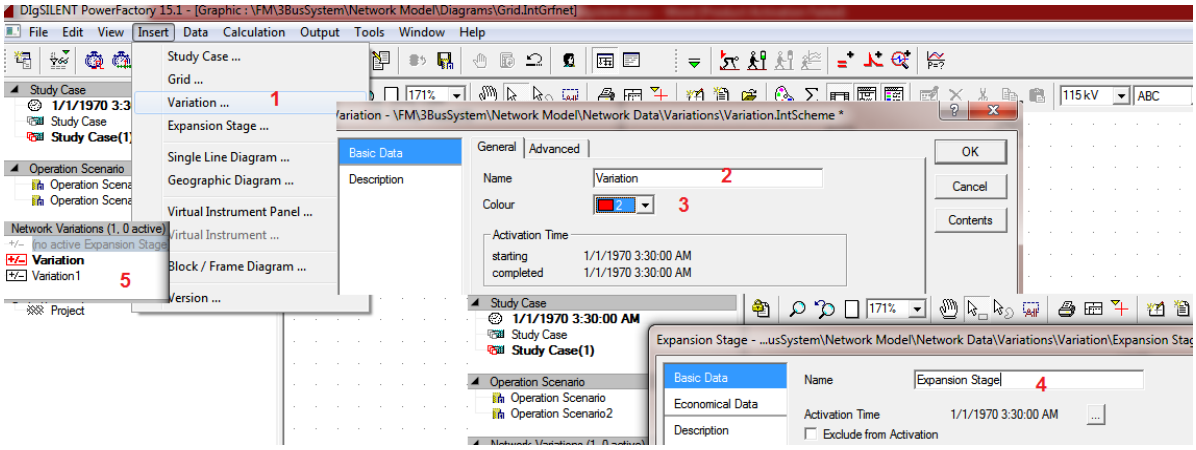
روش بعدی مقایسه نتایج از روی فایل متنی است.



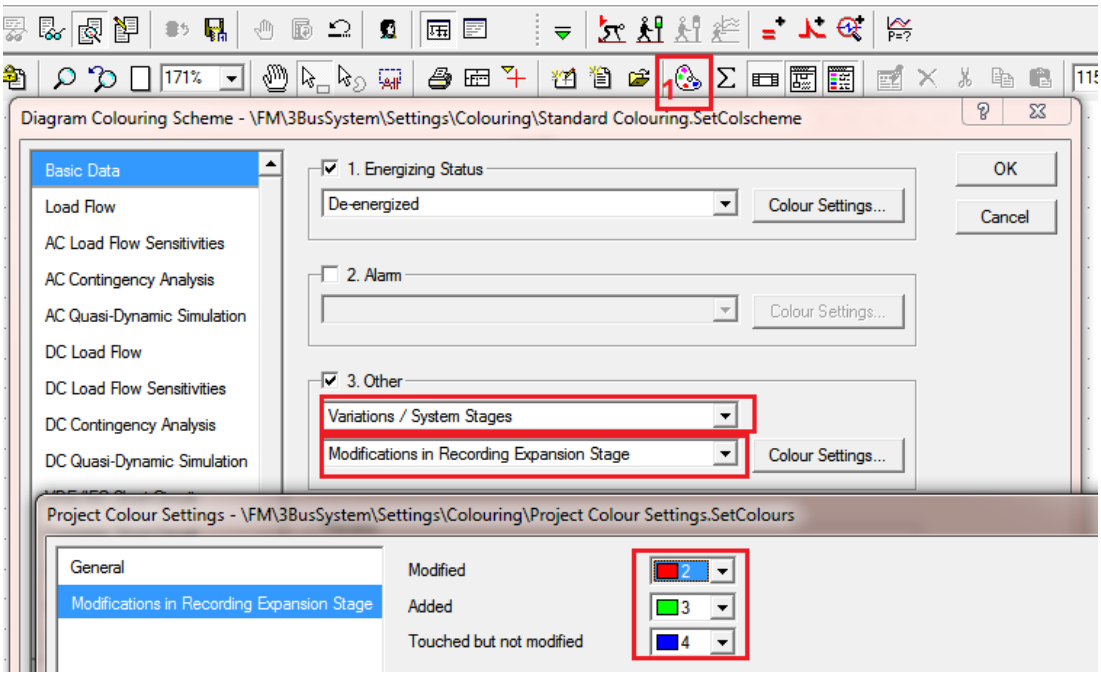
```
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------
Operation Scenario Comparison Report

Scenario S1: '\FM\3BusSystem\Operation Scenarios\Operation Scenario.IntScenario'
Scenario S2: '\FM\3BusSystem\Operation Scenarios\Operation Scenario2.IntScenario'


Operation Scenario Subset  for Grid:

  'k Model\Network Data\Grid\Line(3).ElmLne'                    S1                    S2
    Out of Service                                             0                    --
```

۳-۷- تغییرات شبکه (Network Variation)

هدف آن ست که بتوان ملاحظه کرد که با تغییر در توپولوژی شبکه چه تغییراتی در نتیاج خروجی آنالیزهای مختلف شبکه بوجود خواهد آمد. بعنوان مثال با ا ضافه نمودن خطوط جدید، تراز سفورماتورها، تایپ های جدید بدون تغییر در شبکه ا صلی، مطالعات مختلف را مقایسه نمود. ابتدا مشابه سناریو بهربرداری، تغیرات جدیدی را تعریف و فعال نموده و ســـپس مطالعه مورد نظر را اجرا نمود. البته می توان یک Variation را انتخاب نموده و در داخل آن Expansion های متفاوتی از تعریف خط جدید تا تعریف تایپ جدید بکار گرفت.



قابل توجه است جهت فعال شدن رنگ تغییرات، ابتدا به ابزار Color رفته و تنظیمات زیر را انجام داد.



مشابه با موارد فوق، می توان نتایج آنرا نیز مقایسه نمود.

۳-۸- تمرین

الف) ساختن شبکه ۹ شینه – ورود اطلاعات به تفکیک اجزای سیستم و ساختن تایپ های مختلف المان ها

ب) از شبکه فوق پخش بار گرفته و خروجی مربوط به ولتاژ شین ها، خطوط و .... را مشاهده نمایید.

- مشاهده خروجی بصورت فایل متنی
- تنظیمات مربوط به Result Box و انتخاب کمیت بارگذاری خطوط بر حسب درصد جهت نمایش در آن
- مشاهده Bar Diagram مربوط به ولتاژ شین ها و بارگذاری خطوط
- مشاهده Vector Diagram برای ولتاژ و جریان یک خط نمونه

ج) بار L3 را به 200+j200 تغییر داده و مراحل بالا را برای مشاهده خروجی تکرار نمایید.

- ولتاژ شین ها و بارگذاری ژنراتورها چه تغییری نموده است؟

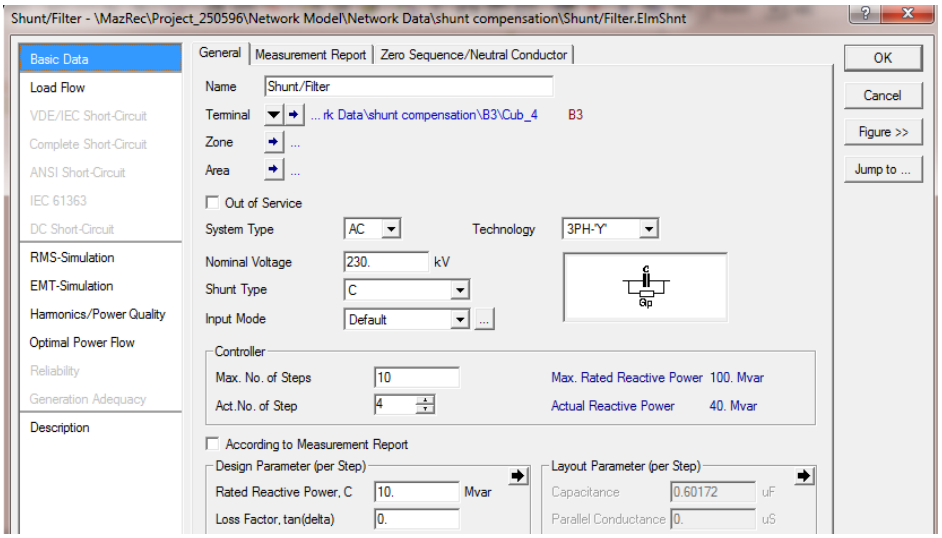
د) بار L3 را به مقدار 400+j400 برسانید و پخش بار بگیرید. با چه پیغامی روبرو می‌شوید؟

ه) جهت مشاهده تأثیر ولتاژ بر میزان توان بارهای شبکه، گزینه Voltage Dependency load را تیک زده و پخش بار بگیرید، چه تغییراتی نسبت به حالت غیرفعال بودن گزینه فوق مشاهده می‌نمایید؟

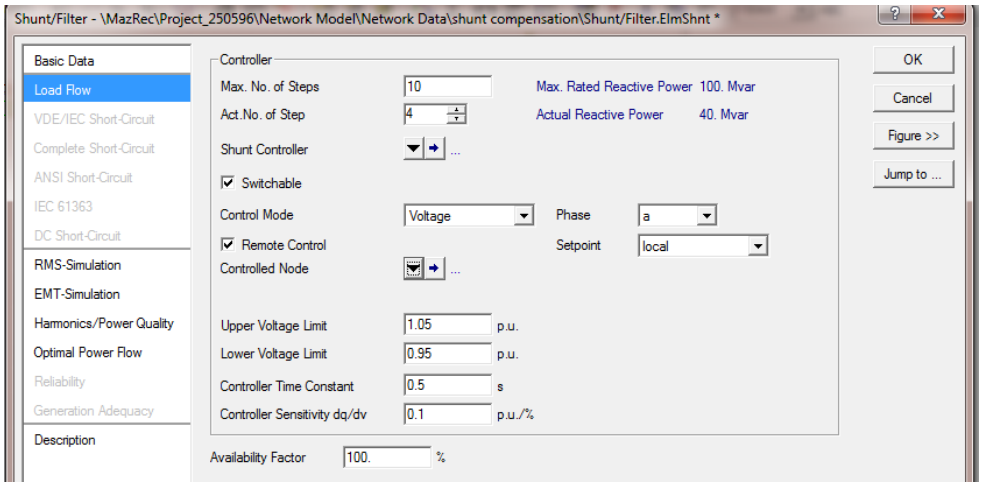
- جهت مشاهده میزان تغییرات بهتر است گزینه Compare را فعال کرده و یک بار بدون فعال بودن و بار دیگر با فعال بودن گزینه فوق، پخش بار گرفته و میزان درصد تغییرات را مشاهده نمایید.

و) جهت جبران سازی توان راکتیو و بهبود ولتاژ شین ها، از جبران سازی موازی استفاده نمایید. در ابتدا جهت آشنایی بیشتر، یک Case Study جدید با نام Shunt Compensation بسازید و Grid را در آن با اکتیو نمودن Grid وارد case study جدید نمایید. سپس یک خازن شنت را انتخاب و در شین ۳ قرار دهید.

مشخصات خازن: یک خازن 230kV، 100MVAR در ۱۰ پله 10MVAR .



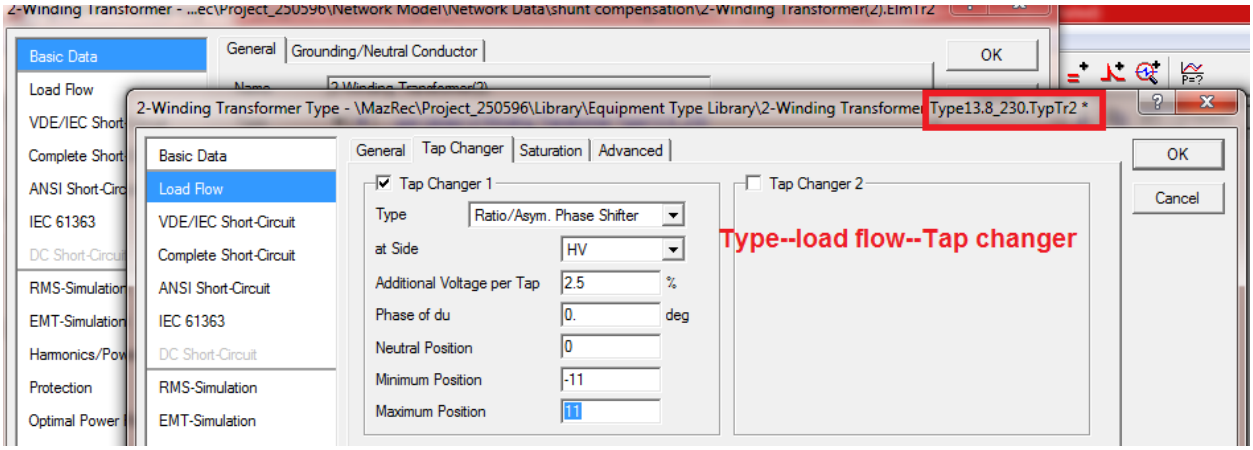
- جبران سازی بصورت دستی: ابتدا پله خازن را در ۴ (Act.No. of Step=4) قرار داده و پخش بار بگیرید.
- بصورت خودکار جهت تنظیم ولتاژ شین خود.



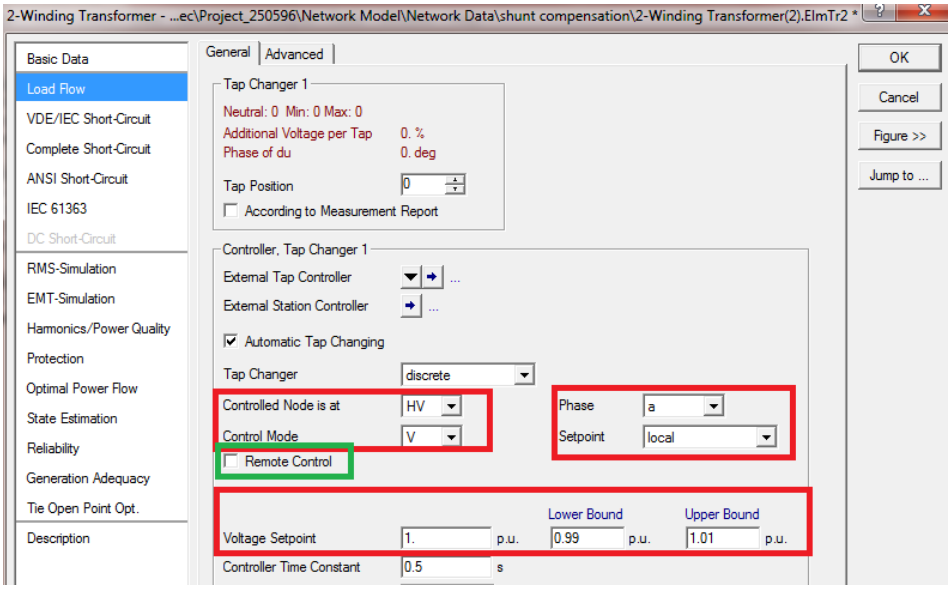
- جبران سازی را جهت بهبود ولتاژ شین دیگر (شین ۴) انجام دهید. Remote Control را تیک زده و شین مورد نظر را انتخاب نمایید.

ز) در این قسمت سناریو بهره برداری جدید تعریف می گردد.

- سناریو اول: سناریویی با عنوان اعمال محدودیت توان راکتیو ژنراتورها در نظر بگیرید. از منو پخش بار تیک مربوطه را فعال نمایید. نتایج را مشاهده نمایید.
- سناریو دوم: هدف از این سناریو تأثیر تپ ترانسفورماتور بر ولتاژ شین ها برر سی می شود. بدین جهت یک سناریو با عنوان Optimal Tap تولید نموده و سپس به سه روش، تغییرات تپ را اعمال نمایید. (تپ مربوط به ترانس T3)



- بصورت دستی در تپ ۲
- بصورت اتوماتیک جهت کنترل ولتاژ شین خود



- بصورت اتوماتیک جهت کنترل ولتاژ شین ۴، کادر سبز رنگ.

- سناریو سوم: تعریف سناریو برای سه سطح بار مختلف. پیک، میان باری و کم باری. میزان بار شبکه اولیه معادل میان باری بوده و ضرایب مربوط به بار پیک و کم باری به ترتیب برابر ۱/۴۴ و ۰/۶۵ نسبت به بار میان باری است.

ک) تعریف Variation در شبکه. ابتدا یک variation جدید از قسمت data manager قسمت network data بسازید.

- اضافه نمودن خط جدید بین شین ۷ و ۸ --
- تغییر Type خط ۳ به ۶ -
- تغییر Type ترانسفورماتور T1 --
- تعریف یک Schedule زمانی برای برنامه های توسعه فوق

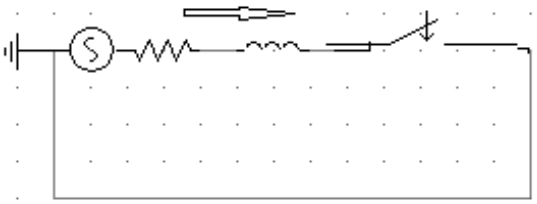
س) کنترل توان اکتیو:

- بر اساس کنترل اولیه: میزان توان مورد نیاز برای تعادل توان بر اساس ضریب بایاس بین ژنراتورهای شبکه تقسیم می شود. ضرایب کنترل دروپ برای ژنراتورها برابر است با ۱۰۰، ۶۵ و ۴۳,۵ مگاوات بر هرتز.
- بر اساس اینرسی ژنراتورها که متناسب با H تقسیم می گردد.
- روش سنتی: در این روش گزینه های مختلفی برای تعادل توان وجود دارد.
  - ✓ Reference machin: همان باس اسلک سنتی.
  - ✓ Reference load: باید یک باس که دارای بار می باشد را انتخاب نمود. باس شماره ۷
  - ✓ Distributed slack load: میزان توان مورد نیاز برای برقراری تعادل را بین بارهای موجود در شبکه بر اساس میزان توان هر بار به کل بار تقسیم می کند.
  - ✓ Distributed slack generator: میزان توان مورد نیاز برای برقراری تعادل را بین ژنراتورهای موجود در شبکه بر اساس میزان مشارکت هر یک تقسیم می کند.

ی) تعریف پروفیل زمانی برای بار ها و ژنراتورها و اجرای پخش بار در ساعت مشخص

۴- مطالعات اتصال کوتاه (Short Circuit Analysis)

یکی از کاربردهای مهم مطالعات اتصال کوتاه تعیین جریان حداکثر اتصال کوتاه که در طراحی کابل ها و تجیزات بکار می رود و حداقل جریان اتصال کوتاه که در اتظیم رله های حفاظتی استفاده می شود.



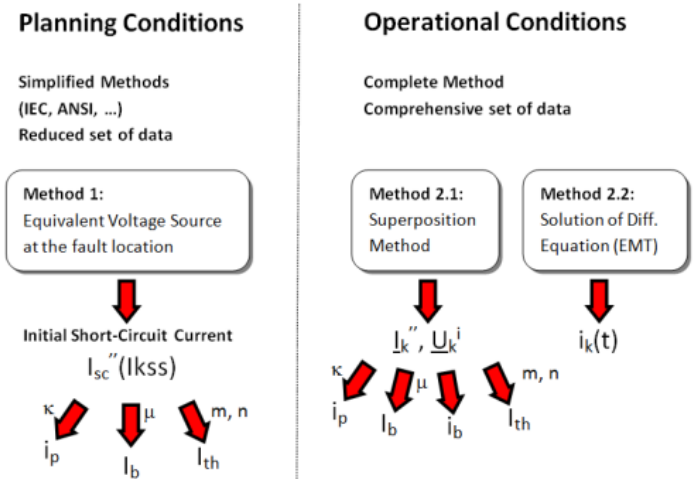
با نوشتن معادله دیفرانسیل و حل آن جریان اتصال کوتاه بصورت زیر خواهد بود:

$$i = \frac{Vmax}{|Z|}[\sin(wt + \alpha - \theta)] - e^{\frac{-Rt}{L}}\sin(\alpha - \theta)$$

رابطه فوق دارای دو مولفه می باشد. مولفه متغیر با زمان که ماندگار بوده و مولفه DC که میرا شده و بعد از چند سیکل صفر خواهد شد. مولفه DC به مقدار ولتاژ در زمان اتصال کوتاه و نسبت R و X بستگی دارد.

۴-۱- روش های مختلف اتصال کوتاه

محاسبه اتصال کوتاه در شبکه به روش های مختلفی محاسبه می گردد. در هر روش پارامترهای مختلفی از جریان محاسبه شده و کمیت های مختلفی در محاسبه آن دخیل خواهد بود.



دو روش کلی برای محاسبه جریان اتصال کوتاه وجود دارد.

الف) روش اول: روش ساده شده بر اساس استانداردهای ANSI , IEC60909 و ... منبع ولتاژ معادل در محل خطا (مدار معادل تونن): پارامترها و ضرایب زیر در محاسبه جریان اتصال کوتاه به شرح زیر می باشد:

ب) روش کامل (Complete methode)

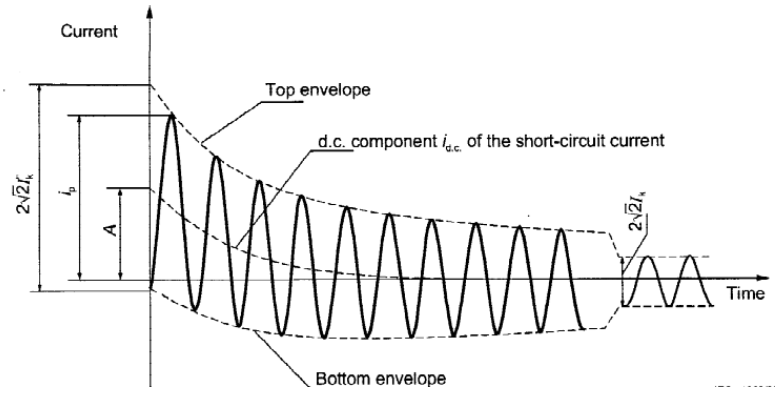
- روش جمع آثار

- معادلات دیفرانسیل

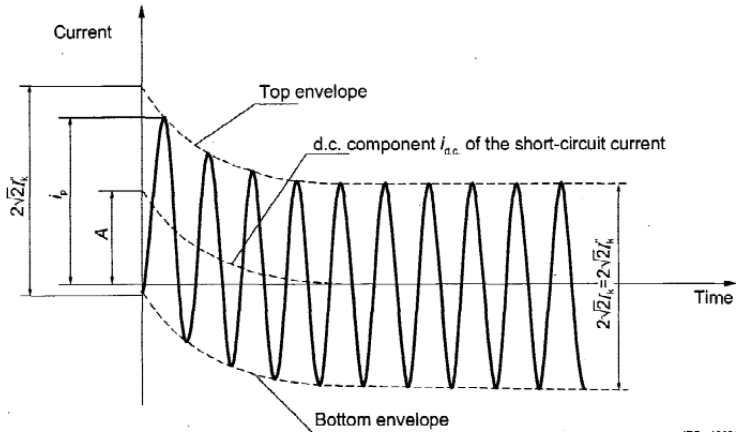
تعریف پارامترها

- Ikks: جریان اتصال کوتاه متقارن اولیه
- Ip جریان پیک لحظه ای
- Ib جریان قطع متقارن
- Ith جریان اتصال کوتاه معادل حرارتی
- K ضریبی برای محاسبه جریان پیک
- u ضریبی برای محاسبه جریان قطع متقارن
- m ضریبی برای محاسبه اثر حرارتی مولفه DC
- N ضریبی برای محاسبه اثر حرارتی مولفه AC

جریان اتصال کوتاه با توجه به فاصله از ژنراتور به دو نوع شکل موج متفاوت تقسیم می گردد. هرچه خطا به ژنراتور نزدیک تر باشد، تاثیر راکتانس های زیرگذرا وگذرا بیشتر، پیک جریان و مولفه میراشونده بزرگتر و سهم قسمت متقارن و دائمی اتصال کوتاه نسبت به حالت اولیه کمتر می باشد.



محل خطا نزدیک ژنراتور



محل خطا دور از ژنراتو

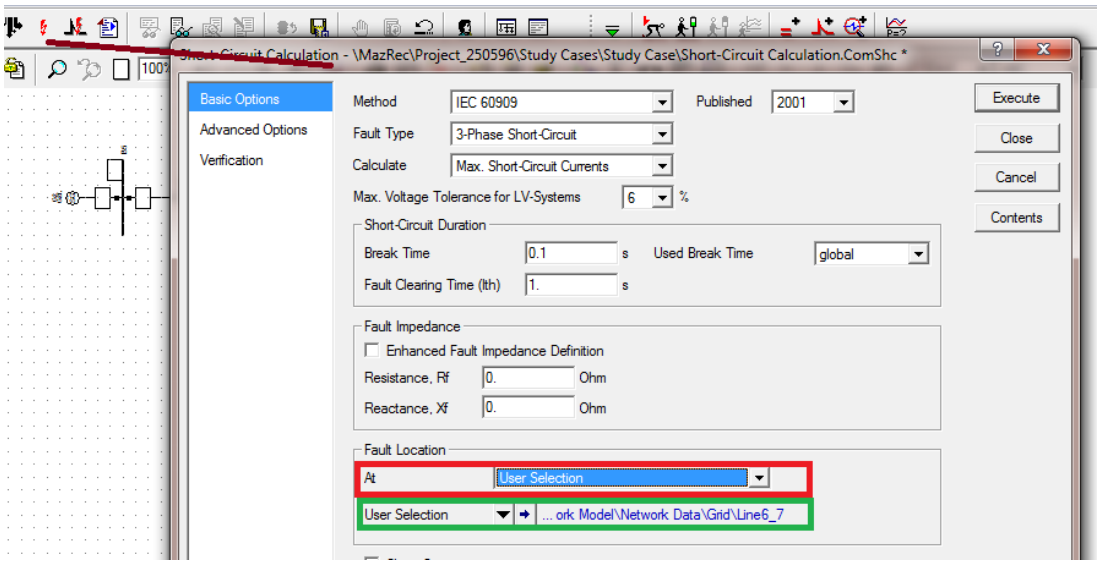
روش های مختلف فرضیات مختلفی را در نظر می گیرند. در VDE0102 و IEC60909 یک منبع ولتاژ معادل لحاظ شده و مستقل از پخش بار و نقطه کار سیستم است و بر مبنای نقطه نامی می باشد.

۴-۲-اجرای محاسبات اتصال کوتاه

برای محاسبات اتصال کوتاه باید محل خطا را مشخص نمود. از این رو در دیگسایلنت چند روش برای وقوع اتصال کوتاه بر روی شین ها یا بر روی خطوط وجود دارد.

۴-۲-۱- تعریف خطا در صفحه اتصال کوتاه

در این روش وارد منو اتصال کوتاه شده و المان مورد نظر برای وقوع اتصال کوتاه انتخاب می شود.



در کادر قرمز رنگ خطا بر روی تمامی شین های شبکه قابل اجرا است.

در کادر سبز رنگ (user selection) می توان هر تجهیز دلخواه شبکه را انتخاب نموده تا اتصال کوتاه در آن رخ دهد.

۴-۲-۲- تعریف خطا در دیاگرام تک خطی

در این روش بر روی هر تجهیز داخواه در صفحه اصلی شبکه راست کلیک نموده و از Calculate----short circuit خطا در آن المان انتخاب شده ایجاد گردد. البته برای اجرای همزمان چندخطا در یک لحظه در شبکه می توان از گزینه Multiple fault استفاده نمود. در این حالت تنها با روش complete می‌توان جریان های اتصال کوتاه را محاسبه نمود.

۴-۳-روش IEC 60909/VDE0102

در این روش فرضیات زیر لحاظ می شود:

- ولتاژ قبل خطا برابر ولتاژ نامی است
- جریان بار لحاظ نشده است

۴-۳-۱- فاکتورهای اصلاحی

در این روش نیازی به اجرای پخش بار نمی باشد و با در نظر گرفتن ولتاژ به میزان یک پریونیت محاسبات جریان اتصال کوتاه را بصورت استاتیک انجام می‌دهد. جهت افزایش دقت این روش از فاکتورهای اصلاحی استفاده می شود. این فاکتورهای اصلاحی عبارتند از:

الف) فاکتور اصلاحی ولتاژ

ولتاژ نامی	جریان اتصال کوتاه ماکزیمم (Cmax)	جریان اتصال کوتاه مینیمم (Cmin)
LV Un<1 kV	1.05برای حالتی که Umax<1.06 Un 1.10برای حالتی که Umax<1.1 Un	0.95
1kV<Un<35kV	1.1	1
Un>35kV	1.1	1

ب) فاکتور اصلاحی امپدانس

در روش IEC پارامترهای نامی المان های شبکه در محاسبات اتصال کوتاه استفاده می‌شود. هرچند با داشتن اطلاعات کمتری می‌توان محاسبات را در این روش انحام داد، اما نیاز است تا مشارکت المان ها در جریان اتصال کوتاه با توجه به نقطه کار آنها درنظر گرفته شود. بعنوان مثال برای ژنراتورها ولتاژ تحریک یا تپ چنجر برای ترانسفورماتورها. از این رو فاکتور اصلاحی امپدانس برای المان های شبکه لحاظ می‌گردد. در حقیقت این فاکتورها در محاسبه جریان تصال کوتاه ماکزیمم یا مینیمم دخیل می باشند. در محاسبه جریان مینیمم امپدانس های اصلاح شده با فاکتور مربوطه بزرگتر می باشند. اصلاحات زیر در برگه VDE/IEC مربوط به Typeهر المان باید وارد شود.

- فاکتور اصلاحی امپدانس برای خطوط: دمای بهره برداری در ماکزیمم درجه لحاظ می گردد.
- فاکتور اصلاحی امپدانس برای ترانسفورماتور: فعال بودن تپ چنجر یا غیرفعال بودن، On load بودن آن.
- فاکتور اصلاحی امپدانس برای ژنراتور: تعریف محدوده تنظیم ولتاژ در برگه VDE/IEC هر ژنراتور

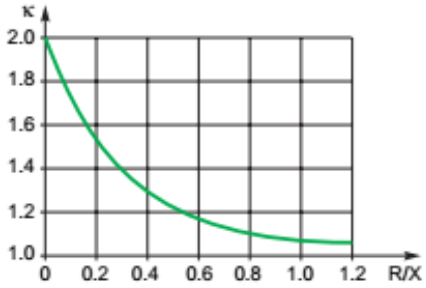
۴-۳-۲- محاسبه انواع جریان های اتصال کوتاه

الف) جریان اتصال کوتاه متقارن اولیه I_k''

$$I_k'' = \frac{C \times U_n^2}{\sqrt{3}} \frac{1}{Zk}$$

ب) پیک جریان اتصال کوتاه i_p

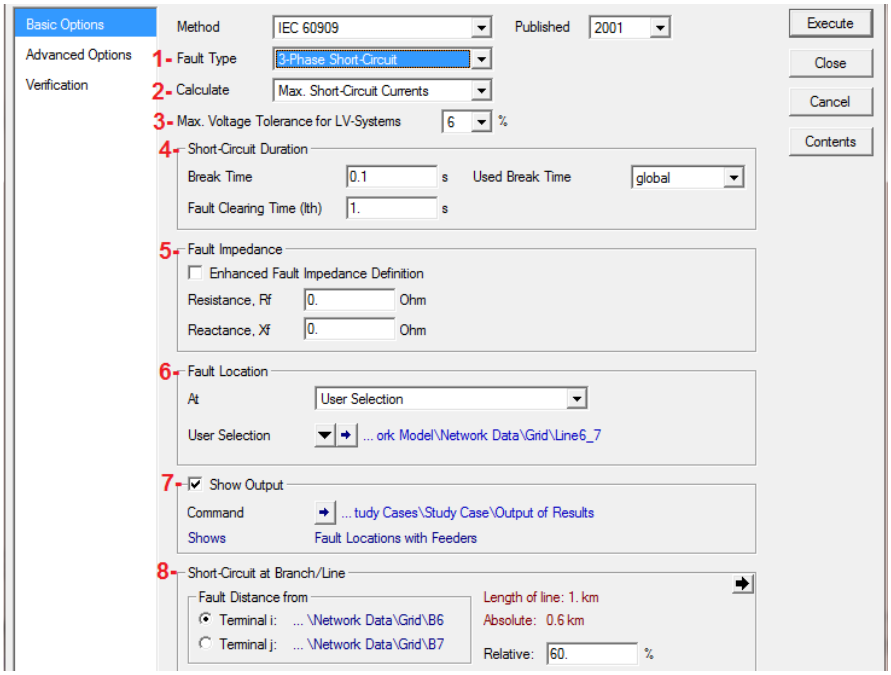
$$i_p = \mathrm{k} \times \sqrt{2} \times I_k''$$



ج) مولفه DC

$$idc = \sqrt{2} \times I_k'' \times e^{-2\pi f \frac{R}{X} t}$$

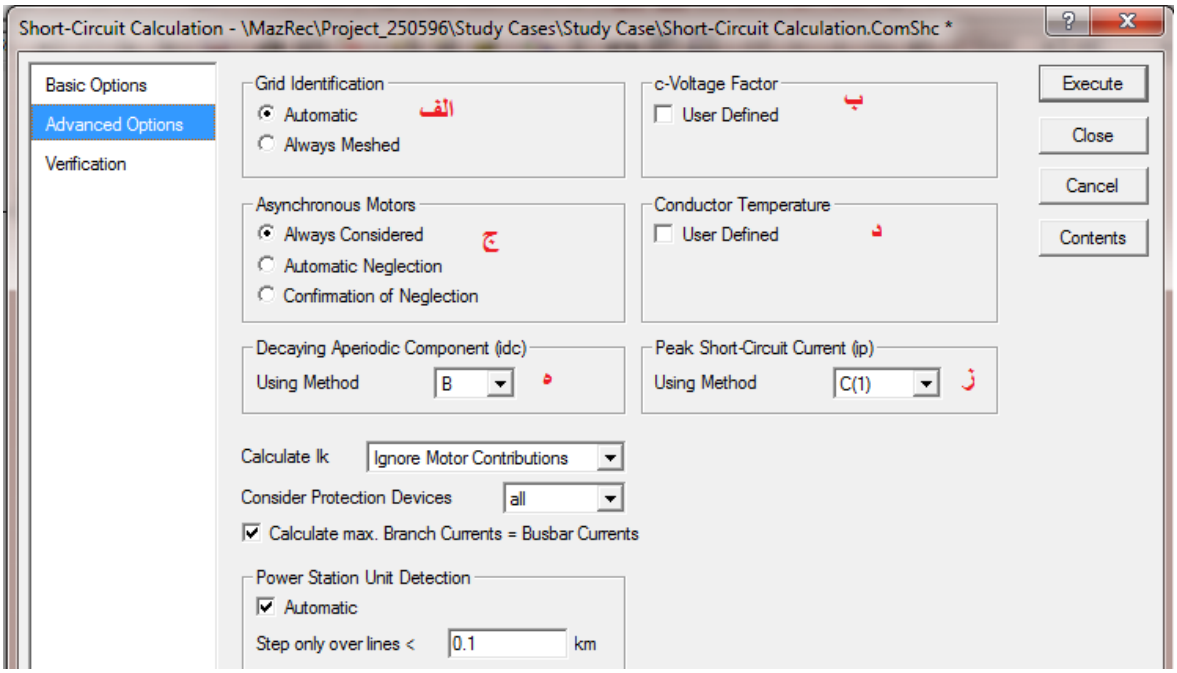
۴-۴- گزینه های پایه برای تمامی روش ها



- ۱) نوع خطا: انواع خطاهای متقارن و نامتقارن شامل خطای سه فاز، دو فاز، تکفاز و .....
- ۲) محاسبه ماکزیمم یا مینیمم جریان اتصال کوتاه: با بکارگیری ضریب اصلاحی برای ولتاژ و امپدانس. برای مینیمم جریان، خطوط باید در دمای ماکزیمم بهربرداری شوند. تنظیمات مربوط به تپ چنجر ترانسفورماتورها نیز باید لحاظ شود.
- ۳) برای سیستم های فشار ضعیف با توجه به جدول فاکتور اصلاحی ولتاژ یکی از دو حالت باید انتخاب شود.
- ۴) زمان مربوط به عملکرد بریکر می باشد. زمانی که فرمان قطع به بریکر داده می‌شود.
- ۵) امپدانس محل خطا- حتی می توان امپدانس خطا بین فازها را نیز درنظر گرفت.
- ۶) محل خطا: وقوع خطا بر روی تمامی شین ها یا وقوع خطا بصورت user selection
- ۷) نمایش خروجی بصورت متنی
- ۸) در صورت وقوع خطا در خطوط، فاصله وقوع از شین ورودی خط بصورت درصدی تعریف می‌شود.

هم چنین در روش complete، در برگه basic اتصال کوتاه، باید اطلاعات پخش بار درنظر گرفته شود. بدین منظور باید از زبانه load flow نوع پخش بار و تنظیمات دلخواه پخش بار را وارد نموده تا با اجرای پخش بار محاسبات اتصال کوتاه انجام شود.

۴-۵-گزینه Advanced روش VDE/IEC



الف) برای انتخاب ضریب kappa در محاسبه جریان پیک، مش بودن یا شعاعی بودن شبکه مهم می باشد. با انتخاب گزینه Automatic نرم افزار بصورت خودکار نوع شبکه را مشخص می نماید.

ب) فاکتور ولتاژ C: در محاسبه جریان ماکزیمم و مینیمم از Cmax یا Cmin استفاده می شود. نرم افزار بطور خودکار طبق استاندارد با توجه به جدول انتخاب می‌نماید. البته می توان بطور دستی نیز آنرا وارد نمود.

ج) این گزینه به منظور وارد نمودن اثر جریان موتورهای القایی در محاسبات اتصال کوتاه آورده شده است. که در سیستم قدرت معمولاً لحاظ نمی شود.

د) روش محاسبه جریان میراشونده DC: سه روش پیشنهاد شده است.

$$idc = \sqrt{2} \times I_k'' \times e^{-2\pi f \frac{R}{X} \times Tb}$$

Tb زمان قطع بریکر می باشد.

- روش B: امپدانس معادل در محل خطا با ضریب امنیت ۱/۱۵ محاسبه می‌شود.
- روش C: نسبت R/X با روش فرکانس معادل محاسبه می شود که خود فرکانس معادل وابسته به زمان قطع می باشد.

fn× Tb	<1	<2.5	<5	<12.5
fc/fn	0.27	0.15	0.092	0.055

که $idc = \sqrt{2} \times I_k'' \times e^{-2\pi f \frac{Rf}{Xf} \times Tb}$. $R/X = Rf/Xf \times fc/fn$

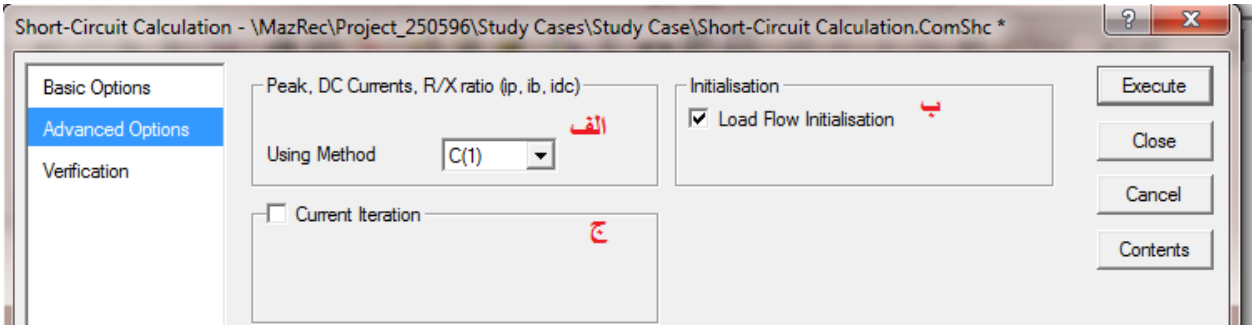
- روش 'C: در این روش نسبت $^{fc}/_{fn}$ برابر با ۰/۴ درنظر گرفته می شود.

ز) محاسبه جریان پیک: سه روش وجود دارد.

- روش B: با توجه به نسبت $^{R}/_{X}$ در محل خطا، مقدار ضریب kappa از روی نمودار بدست می آید.
- روش C(1): امپدانس دیده شده در فرکانس ۲۰ هرتز در محل خطا محاسبه شده و سپس ضریب kappa از روی نمودار بدست می‌آید.
- روش C(012): مشابه روش فوق اما امپدانس توالی مثبت منفی و صفر نیز لحاظ می شود.

۴-۶- گزینه Advanced روش Complete

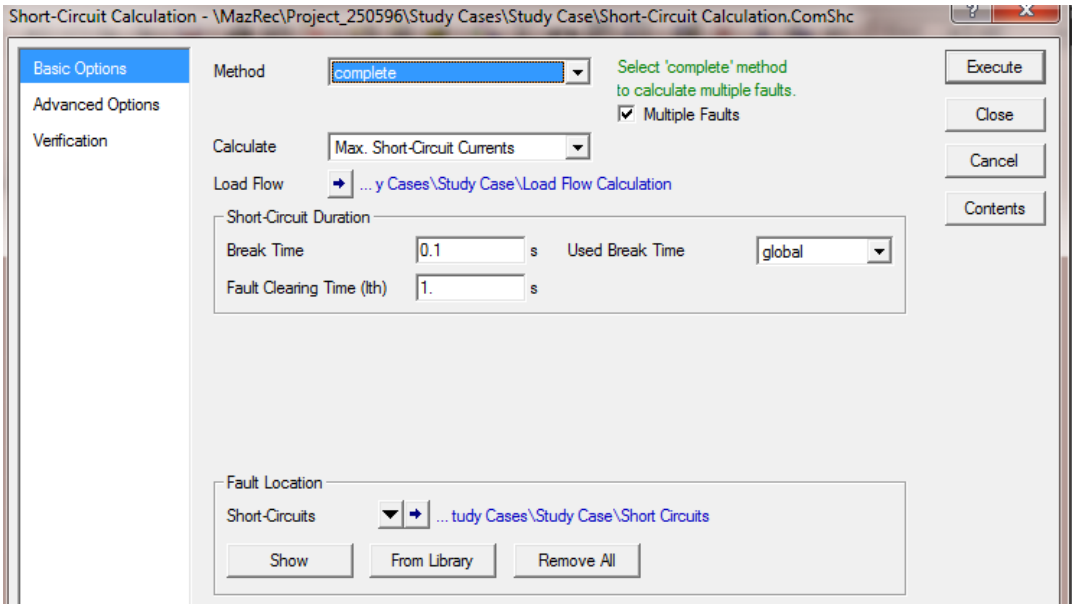
- الف) محاسبه جریان میراشوند که مشابه با حالت IEC می باشد.



- ب) محاسبات اتصال کوتاه با استفاده از نتایج پخش بار انجام می‌گیرد.
- ج) با توجه به حل دقیق در این روش، تعداد تکرار ها و حد مجاز برای توقف محاسبات را می توان وارد نمود.

۴-۷-اجرای اتصال کوتاه Multiple fault

در صورتی که اتصال کوتاه در چند نقطه مختلف و بطور همزمان رخ دهد باید از گزینه Multiple fault استفاده نمود. بدین جهت المان های موردنظر جهت وقوع اتصال کوتاه در آنها را انتخاب نموده، سپس را ست کلیک نموده و از منوی Calculate گزینه Multiple fault انتخاب می شود. با انتخاب این گزینه، صفحه ای باز شده که تمامی المان‌های انتخاب شده نمایش داده می شوند. جهت ویرایش (حذف، اضافه نمودن، محل وقوع خطا در خطوط و ...) از این صفحه استفاده می‌شود. با بستن این صفحه، صفحه اصلی اتصال کوتاه باز خواهد شد.



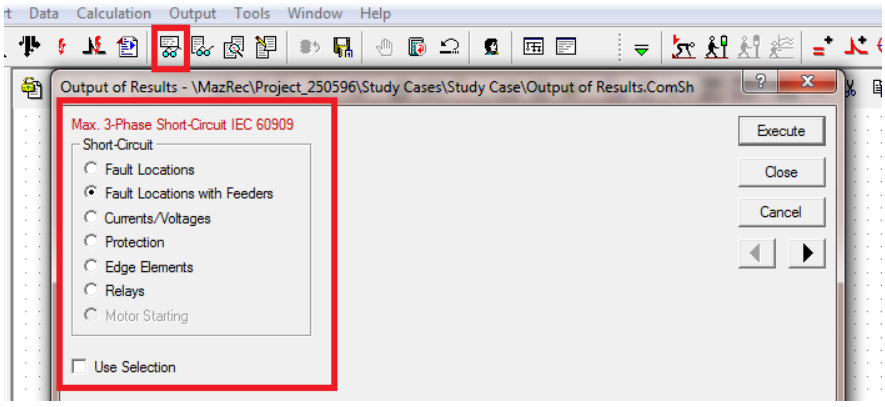
گزینه Multiple fault بطور اتوماتیک تیک خورده است. روش محاسبه بر اساس روش Complete می‌باشد. هم چنین می توان از گزینه fault location گزینه show را انتخای نمود که تمامی المان های انتخابی در اتصال کوتاه نمایش داده می شود.

۴-۸- نتایج خروجی

به سه روش نتایج خروجی محاسبات اتصال کوتاه قابل نمایش می باشد.

۴-۸-۱- فایل متنی

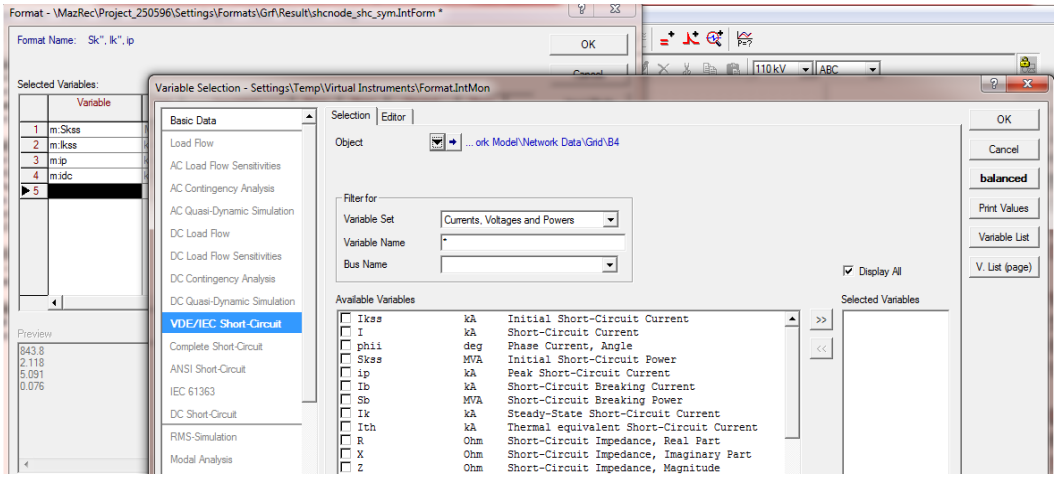
بعد از اجرای اتصال کوتاه، با فشردن دکمه output صفحه ای جدید باز می شود که می توان خروجی های برنامه اتصال کوتاه را مشاهده نمود.



Fault Locations with Feeders												
Short-Circuit Calculation / Method : IEC 60909					3-Phase Short-Circuit		/ Max. Short-Circuit Currents					
Asynchronous Motors Always Considered		Grid Identification Automatic			Short-Circuit Duration Break Time 0.10 s Fault Clearing Time (Ith) 1.00 s							
Decaying Aperiodic Component (idc) Using Method B		Conductor Temperature User Defined No			c-Voltage Factor User Defined No							
Grid: Grid		System Stage: Grid							Annex: / 1			
	rtd.V. [kV]	Voltage [kV]	[deg]	c-Factor	Sk" [MVA/MVA]	Ik" [kA/kA]	[deg]	ip [kA/kA]	Ib [kA]	Sb [MVA]	Ik [kA]	Ith [kA]	idc [kA]
B4	230.00	0.00	0.00	1.10	843.83 MVA	2.12 kA	-83.08	5.09 kA	2.12	843.83	2.12	2.15	
Line2_4	B2				516.03 MVA	1.30 kA	96.26	3.11 kA					
Line4_8	B8				327.89 MVA	0.82 kA	97.95	1.98 kA					

۴-۸-۲- جعبه نتایج

با اجرای محاسبات اتصال کوتاه، نتایج خروجی در جعبه نتایج مربوط به هر المان نمایش داده می شود. جهت نمایش کمیت های دلخواه می توان با راست کلیک کردن بر روی جعبه نتایج و انتخاب گزینه Edit هر کمیتی را حذف یا اضافه نمود. با انتخاب دکمه Edit، صفحه شامل کمیت‌های از پیش تعریف شده نشان داده می شود. جهت اضافه نمودن کمیت جدید، در همان صفحه راست کلیک نموده و Append row را فشرده و سطر جدید ایجاد می گردد. در ستون اول سطر جدید دبل کلیک نموده و صفحه زیر باز می شود. از این صفحه کمیت مورد نظر را می توان براحتی انتخاب نمود.



۴-۸-۳- نمودار میله ای

در این روش بر روی هر المان که خطا در آن اتفاق افتاده ا ست را ست کلیک کرده و از گزینه Show، Bar Diagrm را انتخاب نموده و نوع کمیت دلخواه جهت نمایش میله‌ای را انتخاب نمود.

۴-۹- مثال

الف) اتصال کوتاه متقارن روی شین شماره ۷ به روش IEC

ب) نمایش خروجی بصورت متنی و جعبه نمایش

ج) اتصال کوتاه نامتقارن دوفاز بهم در شین ۷

د) اتصال کوتاه نامتقارن تکفاز در خط ۶-۳ در ۶۰درصد فاصله از شین شماره ۳ با امپدانس خطا ۰/۵ اهم

ه) اتصال کوتاه متقارن روی شین با اثر تپ چنجر ترانسفورماتور T3 (بدون حضور تپ چنجر، با تپ چنجر و تپ چنجر بصورت onload)

و) اتصال کوتاه متقارن به روش Complete روی شین ۷

ز) اتصال کوتاه متقارن به روش Complete روی شین ۷ با تپ چنجر ترانسفورماتور T3 (تپ روی شماره ۳)

ف) اجرای Multiple fault بصورت متقارن روی شین ۷ و خط ۷-۶

ل) اضافه نمودن خطای متقارن روی خط ۶-۳

۵- مطالعات پایداری

مسائل مربوط به پایداری شبکه با استفاده از مطالعات پایداری گذرا در این نرم افزار انجام می پذیرد.

در مطالعات پایداری وضعیت سیستم در سه حالت قبل خطا، حین خطا و بعد از خطا مورد بررسی قرار می گیرد. با تعریف خطاهای مختلف در شبکه، پایداری شبکه مورد تحلیل قرار می گیرد. این خطاها می تواند بصورت خروج یا ورود ژنراتور، تغییرات پله‌ای بار، خروج خط، اتصال کوتاه، تغییر مقادیر تنظیمی کنترلرها و ... تعریف گردد.

شبیه سازی در حالت RMS از حالت ماندگار و متقارن شبکه الکتریکی پسیو استفاده می نماید. مطالعات زیر در این حالت بررسی می شود:

- پایداری گذرا (زمان بحرانی رفع خطا)
- پایداری میان مدت
- پایداری نوسانی
- راه اندازی موتور

شبیه سازی در حالت EMT بر اساس مقادیر لحظه ای بوده و رفتار دینامیکی عناصر در نظر گرفته می‌شود. مطالعات زیر در این حالت مورد بررسی قرار می گیرد:

- رفتار غیرخطی تجهیزات مانند اشباع
- پدیده اضافه ولتاژ
- برخورد صاعقه
- سیستم HVDC

جهت مطالعات پایداری گذرا چند مرحله اصلی وجود دارد. مرحله اول محاسبه شرایط اولیه شبکه می‌باشد. با استفاده از نتایج پخش بار، تمامی متغیرهای مربوط به تجهیزات و کنترلرها یک مقدار اولیه خواهند دا شت. زاویه و ولتاژ همه شین ها نیز محاسبه خواهد شد.

درگام بعدی باید رخداد مورد نظر را که می تواند اتصال کوتاه، کلید زنی خط و .... باید تعزیف نمود.

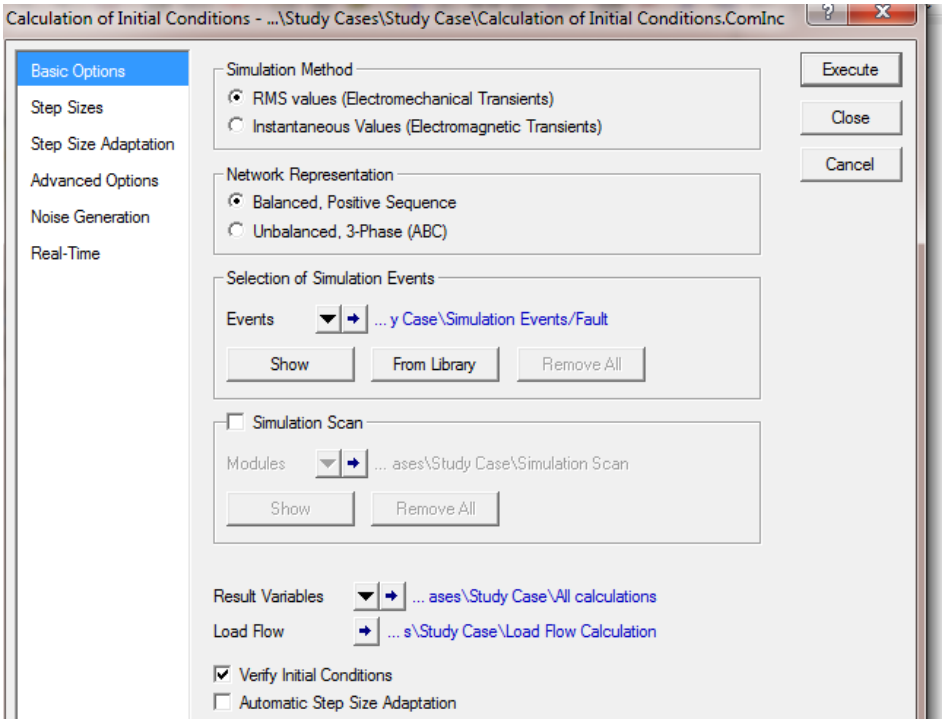
در گام بعدی با استفاده از شرایط اولیه و تعریف رخداد، در یک بازه زمانی مشخص معادلات دیفرانسیل حاکم بر شبکه حل شده و نتایج طی نمودارها بدست می آیند.

- شماره ۱) محاسبه شرایط اولیه
- شماره ۲) حل معادلات و شبیه سازی در بازه زمانی مشخص
- شماره ۳) ویرایش رخداد

- شماره ۴) تعریف رخداد

۵-۱- محاسبه شرایط اولیه

برگه مربوط به محاسبه شرایط اولیه بصورت زیر می باشد.



۵-۱-۱- Basic options

- Simulation method: نوع شبیه سازی (RMS,EMT) انتخاب می‌شود.
- Network representation: ساختار شبکه (متعادل یا نامتعادل بودن) انتخاب می شود.
- Selection simulation event: تعریف رخداد مورد نظر می باشد. با استفاده از گزینه show می توان رخدادهای تعریف شده را مشاهده نمود.
- Load flow: تنظیمات مربوط به پخش بار
- Verify initial condition: در صورتیکه مشتق متغیرهای حالت برابر صفر نبا شد، سیستم قدرت مجدد شبیه سازی می گردد.
- Automatic step size: در بازه هایی که تغییراتی اتفاق نمی افتد، گام های زمانی بزرگتر انتخاب می شود.

۵-۱-۲- Step size:

ماکزیمم و مینیمم گام زمانی برای شبیه سازی را می توان وارد نمود.

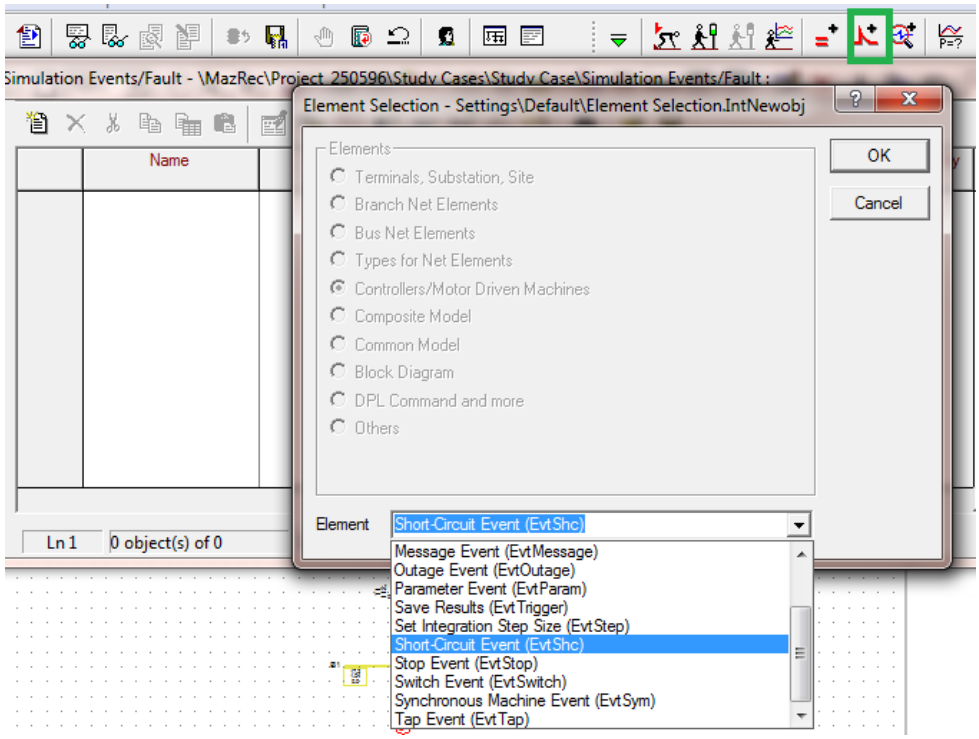
معمولا start time از زمان ۰/۱- انتخاب می شود و اولین رخداد بطور پیش فرض در لحظه صفر اتفاق می افتد.

۵-۱-۳- Advanced option

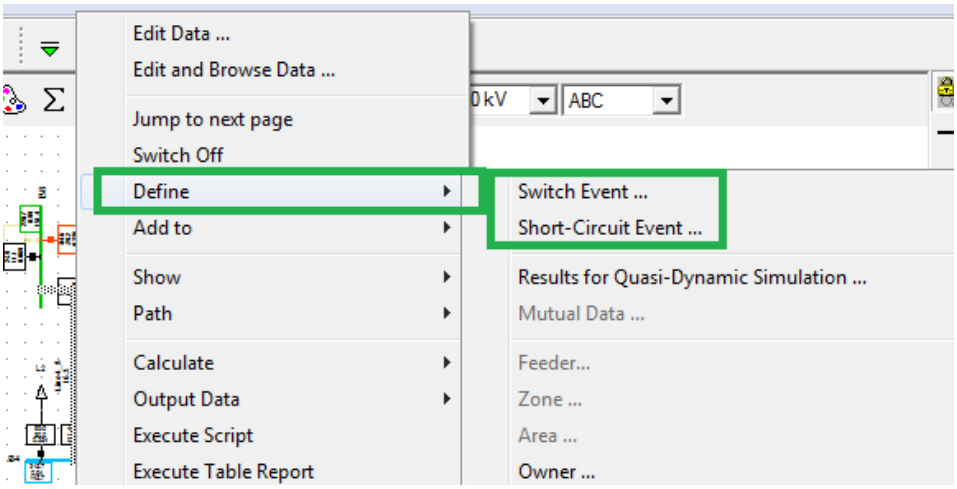
۵-۲-تعریف رخداد

رخدادهای رایج در نرم افزار بصورت رخداد کلیدزنی، وقوع اتصال کوتاه، تغییر گشتاور ورودی ماشین سنکرون، خروج تجهیزات، و .... می باشد. تعریف رخداد به دو صورت انجام می گیرد.

- روش اول: بصورت شکل زیر.

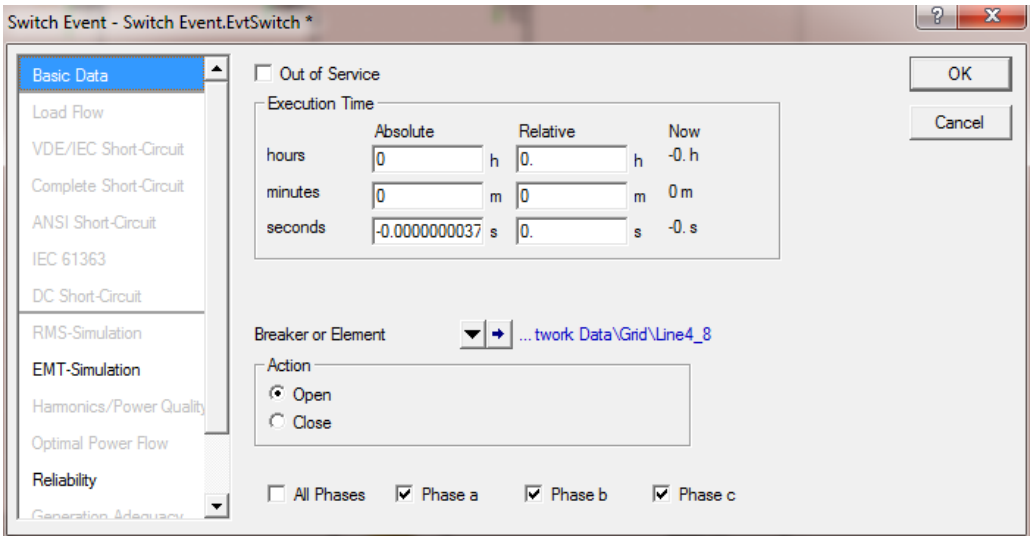


- روش دوم: راست کلیک بر روی هر المان و انتخاب گزینه Define و انتخاب نوع Event دلخواه.



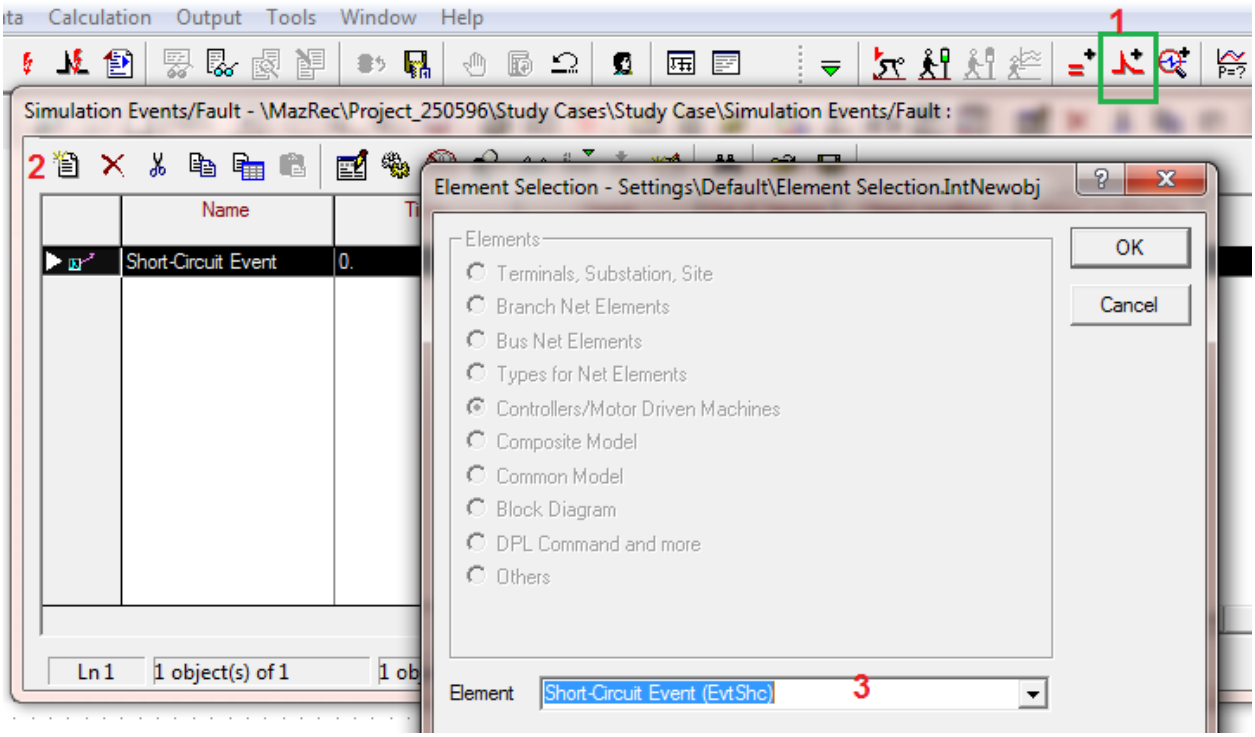
۵-۲-۱- Switch event

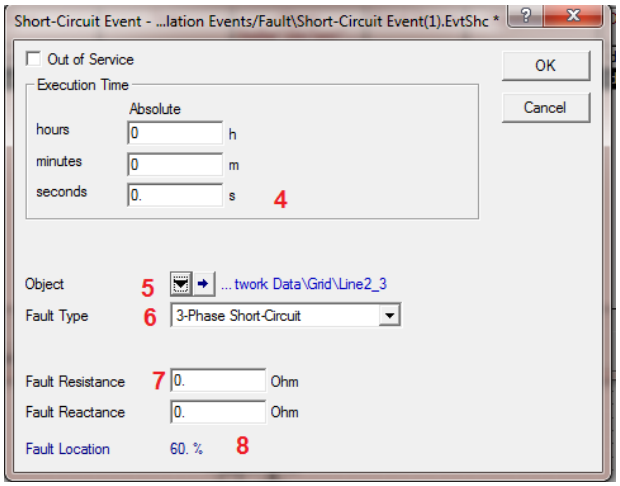
باز و بسته شدن کلیدهای دو طرف هر المان (خط، ترانسفورماتور، ژنراتور و ...) در زمان دلخواه و برای تمامی فازها یا هر فاز دلخواه.



۵-۲-۲- **Short circuit event**

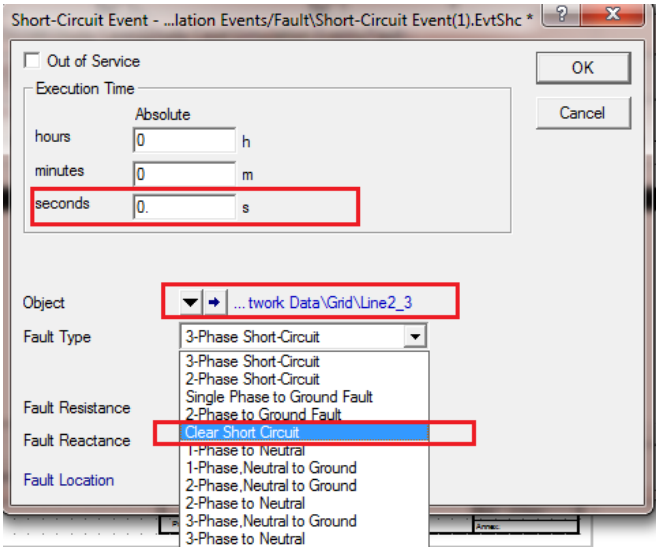
تعریف رخداد اتصال کوتاه های مختلف در باس، خط و ... با درنظر گرفتن امپدانس اتصال کوتاه.





مکان خطا در صورت انتخاب رخداد برای خط، قابل تغییر می با شد. مقدار پیش فرض ۵۰ در صد می با شد که برای تغییر آن باید به برگه اتصال کوتاه خود خط مورد نظر رفته و مکان پیش فرض خطا را تغییر داد.

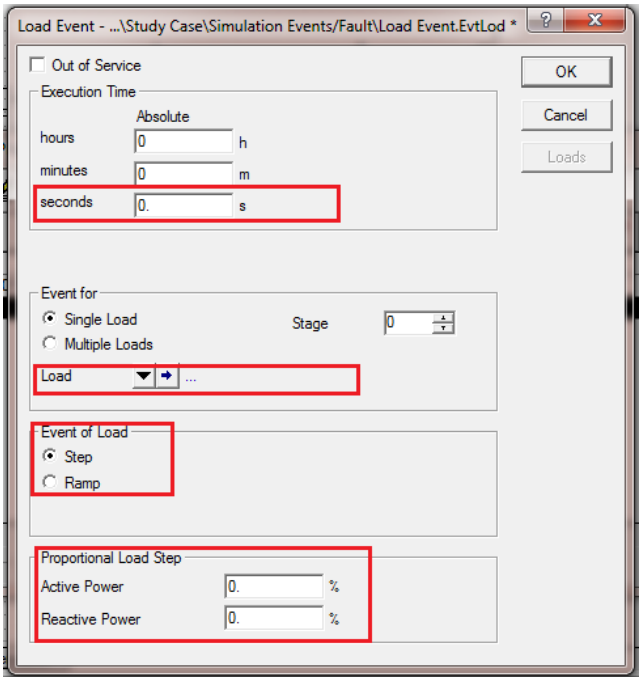
نکته مهم در رخداد اتصال کوتاه، رخداد بعد آن می با شد. بدین معنی که بعد از اتصال کوتاه، المان خطادار از مدار حذف می شود یا خود خطای اتصال کوتاه پاک می شود. در حالت اول باید یک switch event را تعریف نمود که زمان آن بعد از رخداد اتصال کوتاه با شد که اختلاف زمان بین آنها در حقیقت مدت زمان رخداد اتصال کوتاه خواهد بود. در حالت دوم باید یک رخداد اتصال کوتاه دیگر به نام Clear fault تعریف نمود که اختلاف بین این دو رخداد، زمان اتصال کوتاه است.



۵-۲-۳- Synchronous Machine Event

در این رخداد تنها می توان گشتاور مکانیکی ماشین سنکرون را بر حسب پریونیت در زمان دلخواه تغییر داد.

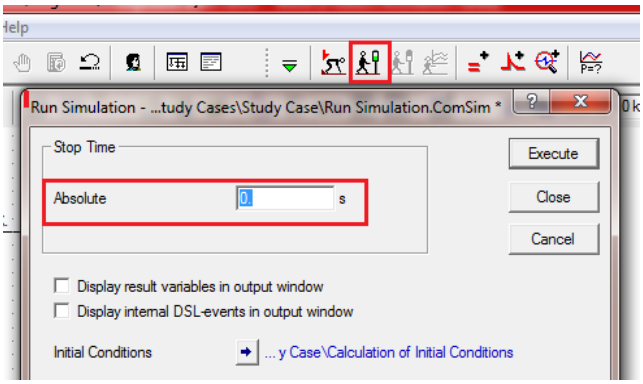
۵-۲-۴- Load Event



سه روش وجود دارد:

- تغییرات افزایشی: مقدار اضافی به مقدار فعلی بر حسب درصدی از آن اضافه می گردد.
- تغییرات مطلق
- تغییرات نامی

۵-۳- اجرای شبیه سازی حوزه زمان



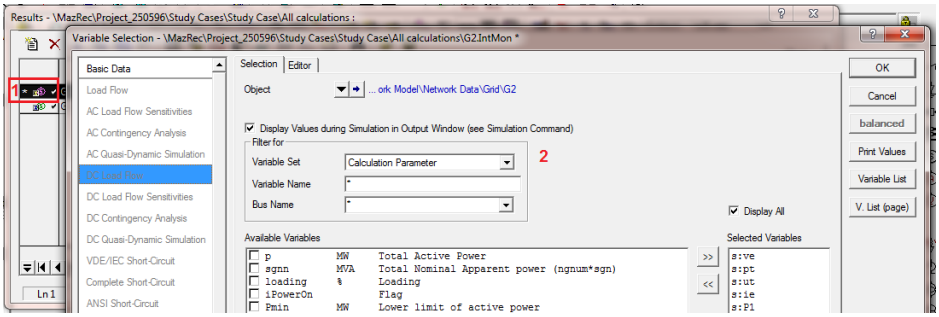
۵-۴-نتایج خروجی

بعد از اجرای شبیه سازی حوزه زمان، جهت م شاهده نتایج خروجی، باید متغیرهایی دلخواه از المان های شبکه را انتخاب نمود. سپس نمودار مربوط به آنها را ر سم نمود. دو گام برای م شاهده نمودارهای خروجی اجرا می گردد. شایان ذکر است ابتدا باید شرایط اولیه محاسبه شود تا این گزینه فعال گردد.

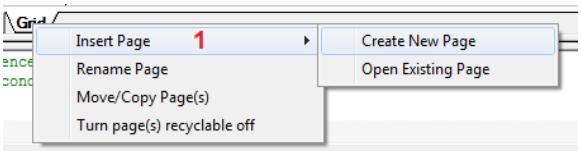
۵-۴-۱- تعریف متغیرهای موردنظر برای نمایش

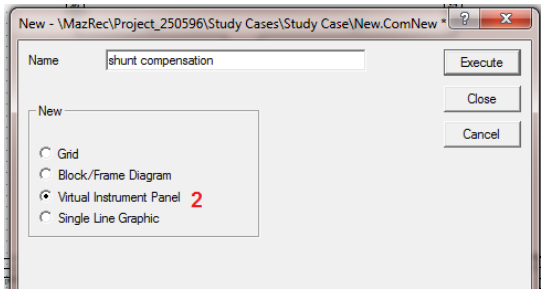
بر روی هر المان که نمودار متغیر مربوط به آن را باید رسم نمود، راست کلیک کرده و Define----Result for RMS انتخاب می شود. بر روی المان دلخواه نمایش داده شده در صفحه دبل کلیک کرده تا صفحه مربوط به تمام متغیرهای المان نمایش داده شود. متغیر دلخواه انتخاب می گردد.

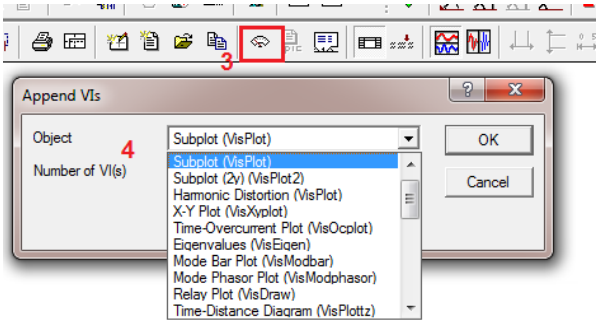
جهت ویرایش متغیرهای تعریف شده از گزینه $=^{+}$ می توان استفاده نمود.



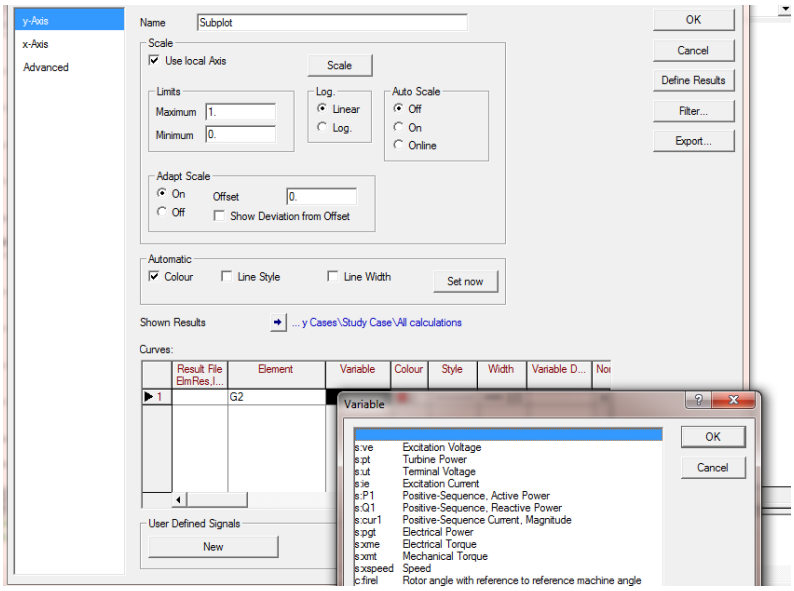
۵-۴-۲- ترسیم نمودارها







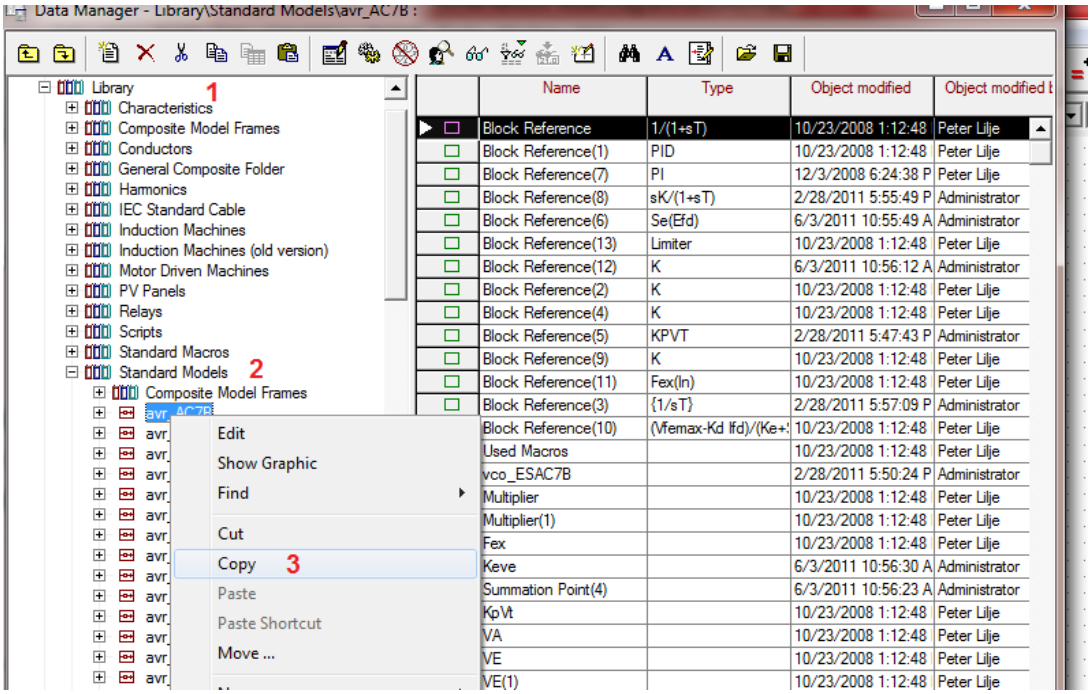
بر روی صفحه سفید ایجاد شده راست کلیک کرده و گزینه Edit انتخاب می گردد. با فشردن این گزینه، صفحه زیر ایجاد می گردد. ابتدا باید نام المان مورد نظر و سپس نوع متغیر مربوط به آن انتخاب گردد.

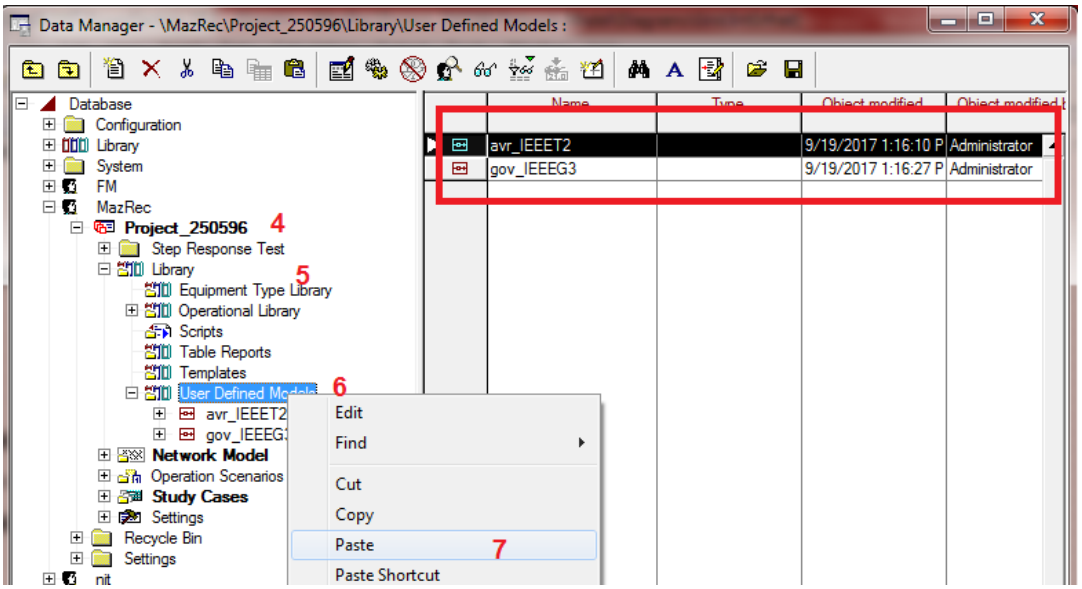


۵-۵- مدل های مرکب

در پایداری گذرا وجود کنترلرها بر روی عملکرد سیستم تاثیر مستقیمی دارند. به منظور اضافه نمودن کنترلرهای مختلف بر المان های سیستم، از مدل مرکب استفاده می شود. مهم ترین کنترلرها مربوط به کنترلرهای ژنراتور می‌باشد که عبارتند از رگولاتور خودکار ولتاژ (AVR)، گاورنر (Governor) و پایدار ساز سیستم قدرت (PSS).

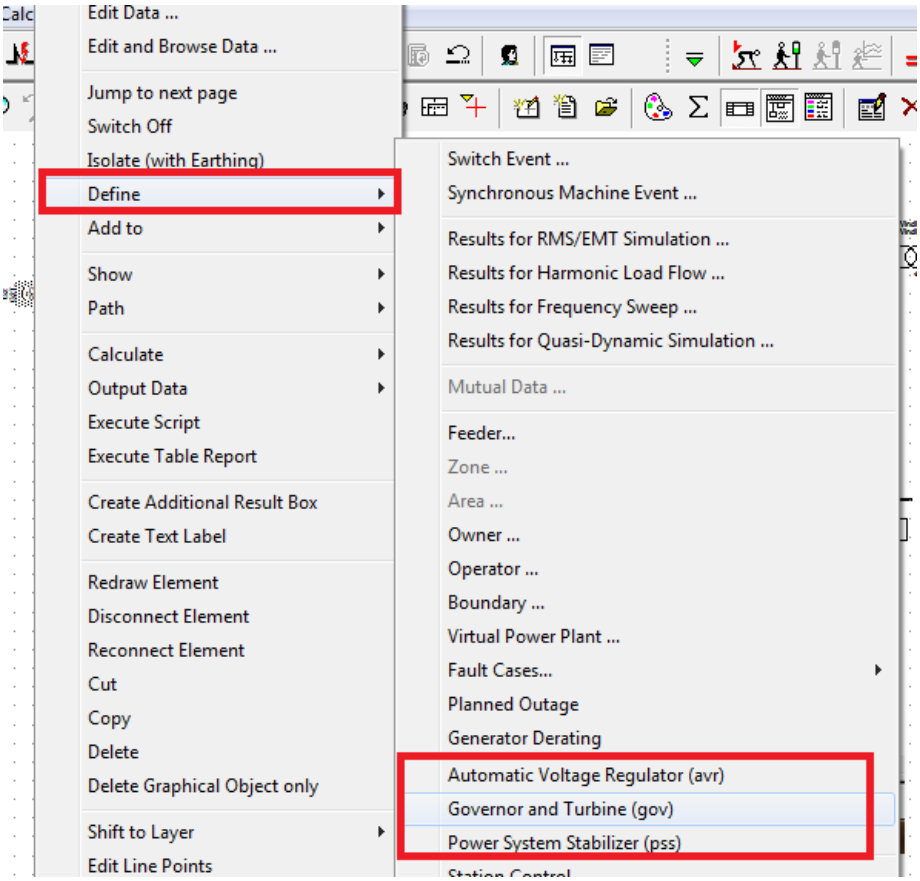
جهت اعمال کنترلرهای مختلف بر المان های سیستم، ابتدا باید کنترلرهای مختلف را ایجاد نمود. یکی از روش ها استفاده از Libraryخود نرم افزار می باشد که در آن مدل های پیش ساخته بسیاری برای کنترلرهای فوق الذکر وجود دارد. بدین منظور وارد کتابخانه نرم افزار شده و از قسمت Standard Models، مدل مربوط به کنترلر را کپی کرده و در قسمت کتابخانه خود پروژه فعال و در زیرمنو User Defined model قرار داد. با این کار کنترلرهای مورد نظر وارد پروژه فعال شده و می توان از آن ها استفاده نمود.



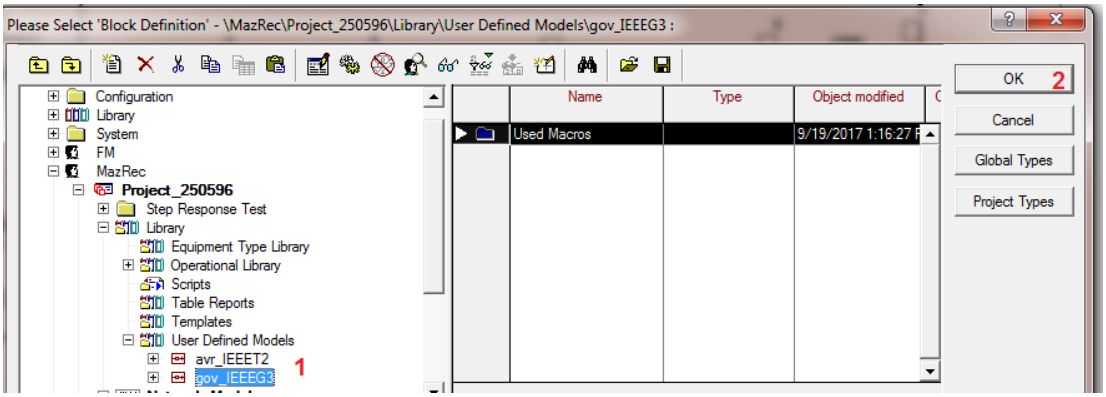


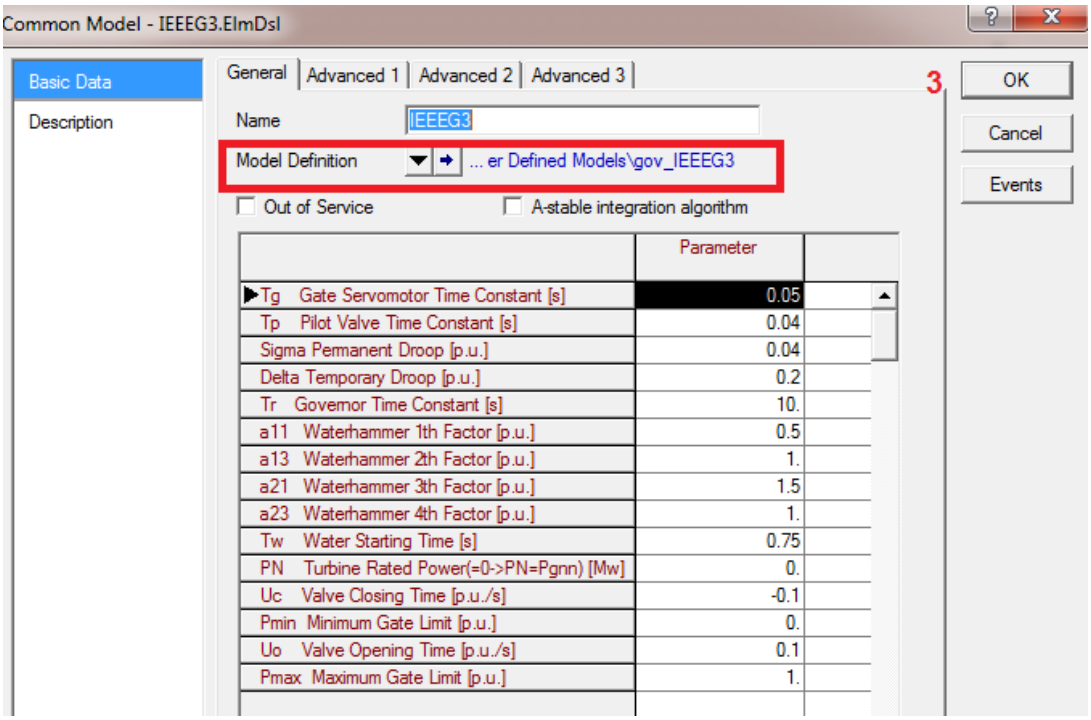
در شکل فوق دو کنترلر به پروژه فعال اضافه شده است.

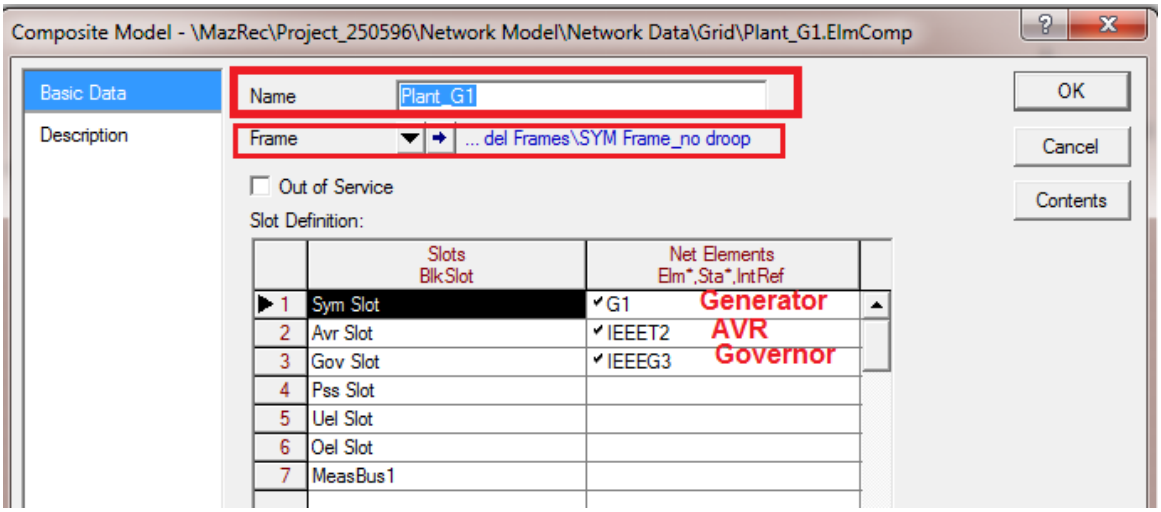
در مرحله بعد بر روی هر ژنراتور دلخواه راست کلیک کرده و از منو Define می توان سه کنترلر فوق را بطور دلخواه به ژنراتور مورد نظر اعمال نمود.



پس از انتخاب کنترلر مورد نظر، صفحه جدید باز شده که باید کنترلر را از بین کنترلرهای وارد شده به قسمت کتابخانه پروژه انتخاب نمودو سپس کلید ok را زد. با زدن این دکمه، صفحه جدیدی باز شده که مشخصات خود کنترلر نمایش داده می‌شود. سپس ok داده و صفحه جدید باز می شود. در صفحه جدید نام المان (ژنراتور و ..) به همراه انواع کنترلرهای مختلف برای آن المان نمایش داده می‌شود. کنترلر انتخاب شده هم در مکان مناسب وجود دارد.







۵-۶-مثال

تعاریف رخداد ها:

الف) اتصال کوتاه متقارن در باس ۷ در ثانیه ۲ و پاک شدن آن بعد از ۱۰۰ میلی ثانیه

- تعیین شرایط اولیه
- شبیه سازی به مدت ۲۰ ثانیه
- مشاهده دامنه ولتاژ شین ۷، زاویه روتور ژنراتورها،

ب) اتصال کوتاه متقارن در خط ۳-۲ در ۸۰ درصد فاصله از شین ۲ در ثانیه ۲ و باز شدن کلیدهای دوطرف خط بعد از ۱۰۰ میلی ثانیه.

- تعیین شرایط اولیه
- شبیه سازی به مدت ۲۰ ثانیه
- مشاهده دامنه ولتاژ شین های دو طرف خط، زاویه روتور ژنراتورها،
- محاسبه زاویه بحرانی رفع خطا

ج) تغییرات پله ای بار شماره ۳ به میزان ۱۰درصد در ثانیه ۵.

- تعیین شرایط اولیه
- شبیه سازی به مدت ۲۰ ثانیه
- مشاهده توان اکتیو و راکتیو بار، فرکانس شبکه، زاویه روتور ژنراتورها