به نام خدا

آموزش محیط سیمولینک متلب

کلمات کلیدی

متلب، سیمولینک.

چکیده

در این جزوه آموزش مختصری در مورد سیمولینک متلب فرآهم شده است.

بخش اول

شبیه‌سازی یک مدار ساده

قطعات سیستم قدرت به شما اجازه ساخت و شبیه‌سازی مدارات الکتریکی که شامل المان‌های خطی و غیرخطی هستند را می‌دهد. از بخش ۱ تا بخش ۳ مدار زیر ساخته و شبیه‌سازی می‌شود.

در این بخش با :

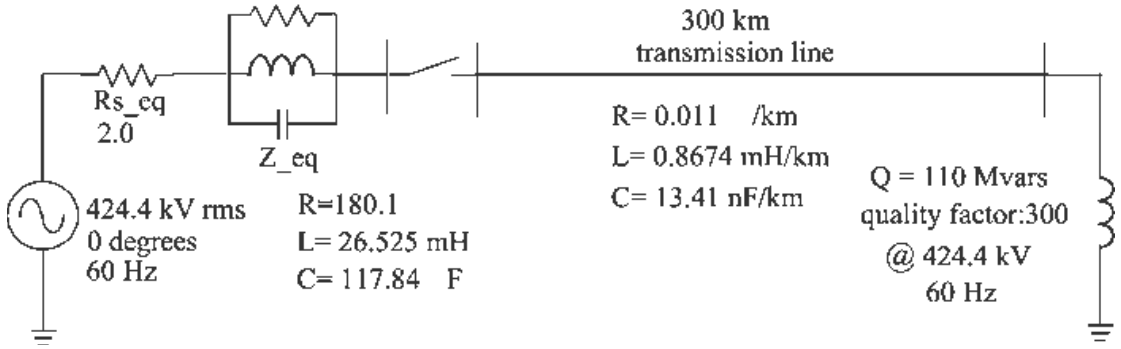
ـ کتابخانه قطعات سیستم قدرت، **powerlib** را بررسی خواهیدکرد.

ـ یاد خواهید گرفت که چگونه یک مدار ساده از کتابخانه **powerlib** بسازید.

ـ قطعات **Simulink** را به مدارتان وصل می‌نمایید.

مثال :

مدار زیر یک سیستم قدرت هم توان را که یک خط انتقال ۳۰۰ کیلومتری را تغذیه می‌کند نشان می‌دهد. خط در طرف تغذیه با القاگر شنت جبران شده‌است. یک **Breaker** اجازه باردار و بی‌بار کردن خط را می‌دهد. برای ساده کردن بحث فقط یکی از سه فاز نمایش داده شده است. پارامترهای نشان داده شده در شکل مقادیر مربوط به سیستم قدرت **powerlib** می‌باشند.



شکل ۱ـ۱: مداری که با قطعات سیستم قدرت باید مدل شود.

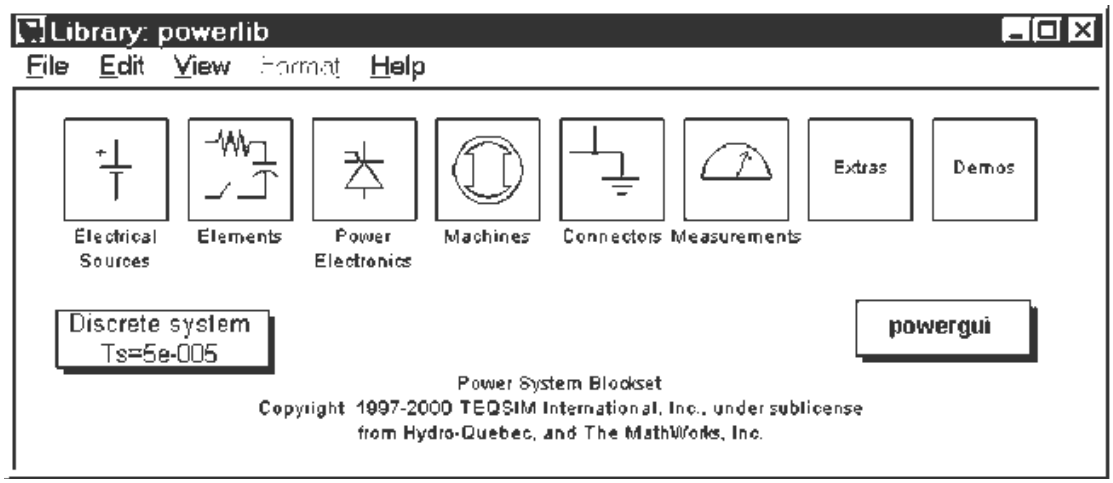
ساختن مدار با کتابخانه powerlib

استفاده از رابط گرافیکی، اتصال قطعات **Simulink** به قطعات قدرت را امکان‌پذیر می‌نماید. قطعات در کتابخانه ویژه‌ای به اسم **powerlib** گردآوری شده‌اند.

با وارد کردن دستور زیر در محیط **MATLAB** ، کتابخانه قطعات سیستم قدرت را باز نمایید:

powerlib

این فرمان یک پنجره **Simulink** را نمایش می‌دهد که آیکون کتابخانه‌های مختلف را نشان می‌دهد.



شما می‌توانید این کتابخانه‌ها را بازنمایید تا قطعاتی که به مدارتان کپی خواهد شد را ببینید. هر قطعه با آیکونی که دارای ورودی و خروجی‌های منطبق بر ترمینالهای قطعه می‌باشد، نمایش داده می‌شود.

۱ـ در پنجره **powerlib** از منوی **File**، یک پنجره جدید که اولین مدار شما خواهد بود باز نمایید. آنرا با نام **circuit1** ذخیره نمایید.

۲ـ کتابخانه منابع تغذیه (**Electerical Sources**) را باز نموده و یک منبع ولتاژ **AC (AC_Voltage_Source)** به پنجره **circuit1** کپی کنید.

۳ـ با دوبار کلیک کردن روی منبع ولتاژ **AC**، پنجره تنظیمات آنرا باز نموده و پارامترهای دامنه (**Peak amplitude (V)**:)، فاز (**Phase (deg)**:) و فرکانس (**Frequency (Hz)**:) را مانند مقادیر نشان داده شده در شکل ۱ـ۱ وارد نمایید.

۴ـ اسم منبع ولتاژ را به **Vs** تغییر دهید.

۵ـ قطعه شاخه موازی **RLC (Parallel RLC Branch)** را که می‌توانید آنرا در کتابخانه عناصر (**Elements**) بیابید به مدار خود کپی نموده و پارامترهای آنرا هماگونه که در شکل ۱ـ۱ نشان داده شده است تغییر دهید و اسم آنرا **Z eq** بگذارید.

۶ـ مقاومت **Rs eq** می‌تواند از شاخه موازی **RLC** درست شود. قطعه شاخه موازی **RLC** که در حال حاضر از مدارتان وجود دارد را دوباره ایجاد نمایید و پارامتر مقاومت (**Resistan R (ohms**:) را طبق شکل ۱ـ۱ تغییر دهید و پارامترهای اندوکتانس (**Inductance L (H**:) و کاپاسیتانس (**Capasitance C(F):**) را به ترتیب به بینهایت (**inf**) و صفر (۰) تغییر دهید.

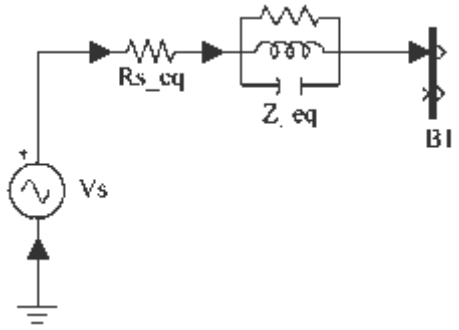
وقتی پنجره تنظیمات را می‌بندید، متوجه می‌شوید که قطعات **L** و **C** نشان داده نمی‌شوند و آیکون در حال حاضر یک مقاومت ساده را نمایش می‌دهد. نتیجه مشابه‌ای می‌تواند با شاخه سری **RLC (Series RLC Branch)** رخ می‌دهد. با تغییر **L** و **C** به ترتیب به صفر و بینهایت.

۷ـ این قطعه را **Rs eq** بنامید.

۸ـ کتابخانه اتصالات (**Connectors**) از **powerlib** را باز نمایید و یک باس‌بار (**Bus Bar**) کپی کنید.

۹ـ پنجره تنظیمات باس‌بار را باز نمایید و پارامترهای آنرا به دو ورودی (**Number of input**) و دو خروجی (**Number of output**) تغییر دهید و نام آنرا **B1** قراردهید. همچنین یک قطعه زمین (**Ground**) کپی کنید (قطعه زمین را با یک خروجی را انتخاب نمایید)

اجزا مختلف را جا به جا نمایید و قطعات را با کشیدن خطوط از خروجی‌ها به ورودی‌های قطعات به هم وصل نمایید.



برای تکمیل مدار مطابق شکل ۱ـ۱ شما نیاز به اضافه کردن یک خط انتقال و یک راکتور شنت دارید. **Breaker** را بعداً در بخش ۳ اضافه خواهید کرد. مدل یک خط با توزیع یکنواخت پارامترهای **R**، **L** و **C** در طول خط شامل یک تاخیر زمانی است که مساوی با زمان انتشار موج در طول خط است. این مدل نمی‌تواند به عنوان یک سیستم خطی شبیه‌سازی گردد. زیرا یک تاخیر، مشابه یک سری حالت سری بی‌کران می‌باشد. ولیکن یک تقریب خوب از یک خط با یک سری از حالات پایدار می‌تواند با سری‌کردن چندین مدار **PI** که هرکدام به عنوان بخش کوچکی از خط ظاهر می‌شود قابل دست‌یابی است.

یک بخش **PI** شامل یک شاخه سری **RL** و دو شاخه شنت **PI** می‌باشد. دقت مدل بستگی به تعداد بخش‌های **PI** دارد که برای مدل استفاده شده‌است. قطعه خط **PI (PI Section Line)** را از کتابخانه عناصر (**Elements**) به پنجره **PI** کپی نمایید و پارامترهای آنرا مانند آنچه در شکل ۱ـ۱ نشان داده شده‌است تغییر دهید و تعداد بخش‌های **PI** خط (**Number of pi Section**) را برابر ۱ قراردهید.

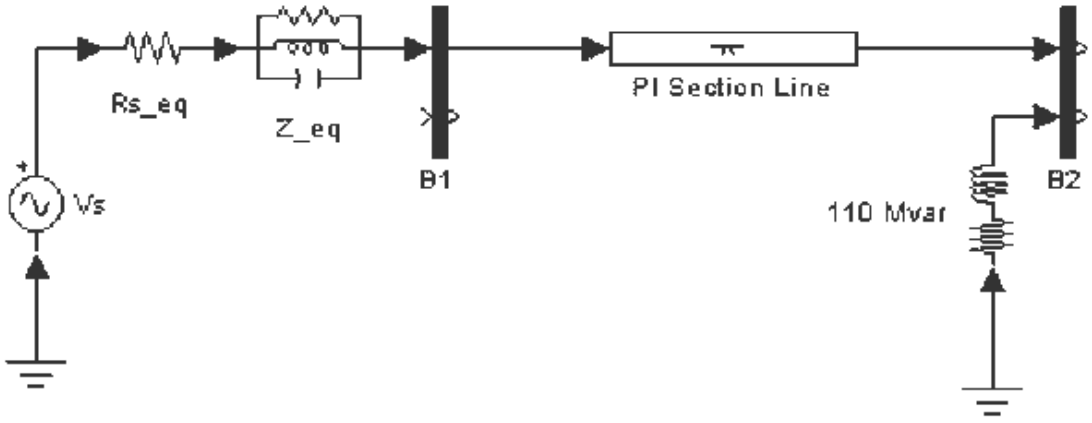
راکتور شنت با یک مقاومت و القاگر سری مدل شده است. می‌توانید از شاخه سری **RLC (Series_RLC_Branch)** برای مدل کردن راکتور شنت استفاده نمایید. مقدار **R** و **L** را بر طبق توان اکتیو و راکتیو که در شکل ۱ـ۱ نشان داده شده‌است تغییر دهید. (**P=110/300=0.37MW** و **Q=110Mvars** در **V=4242.4kV(rms**) و **f=60Hz**)

شما شاید راحت‌تر باشید که از قطعه بار سری **RLC (Series RLC Load)** استفاده نمایید که به شما اجازه می‌دهد مستقیماً توان اکتیو و راکتیو جذب شده توسط راکتور شنت را تعیین نمایید. قطعه بار سری

RLC را که می‌توانید آنرا در کتابخانه عناصر (**Elements**) از **powerlib** بیابید را کپی کنید. اسم آنرا **Mvars**۱۱۰ قرار دهید و پارامترهای آنرا مانند زیر قرار دهید:

Nominal votage Vn (Vrms) : 424.4e3
Nominal frequency fn (Hz) : 60
Avtive power P(W) : 110e6/300
Inductive reactive power QL (positive var) : 110e6
Capasitive reactive power QC (negative var) : 0

توجه کنید که وقتی توان راکتیو خازنی تعیین‌نشده، با بسته شدن پنجره تنظیمات، خازن در آیکون قطعه نمایش داده نمی‌شود. یک باس پایانی گیرنده **PI** با کپی کردن **PI** اضافه نمایید و تمام قطعات جدید را همانطور که نشان داده شده به هم وصل نمایید.

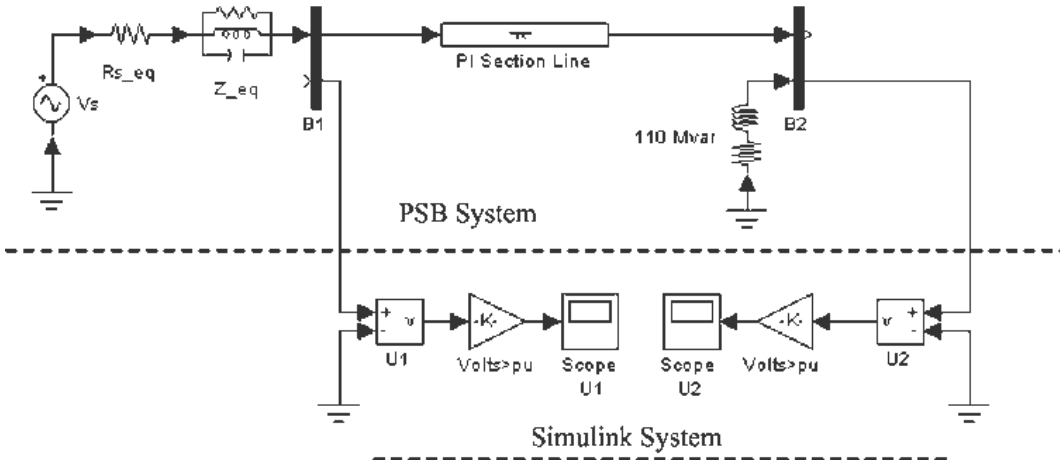


شما یک قطعه اندازه‌گیر ولتاژ (**Voltage Measurement**) برای اندازه‌گرفتن ولتاژ در باس **B1** نیاز دارید. این قطعه در کتابخانه اندازه‌گیرها (**Measurement**) از **powerlib** یافت می‌شود. آنرا کپی کنید و آنرا **U1** بنامید. ورودی مثبت آنرا به خروجی دوم باس‌بار **B1** و ورودی منفی را به یک زمین جدید وصل نمایید.

برای مشاهده ولتاژ اندازه گرفته شده توسط قطعه اندازه‌گیر ولتاژ که **U1** نامیده شده؛ یک سیستم نمایش مورد نیاز است. این سیستم می‌تواند هر وسیله‌ای که در کتابخانه **Sinks** از **Simulink** یافت می‌شود باشد.

کتابخانه **Sinks** از **Simulink** را باز نمایید و قطعه اسکوپ **Scope** را به پنجره مدارتان **circuit1** کپی نمایید. اگر اسکوپ؛ مستقیماً به خروجی اندازه‌گیر ولتاژ وصل شود، ولتاژ را به ولت نمایش می‌دهد. ولیکن مهندسان قدرت در سیستم‌های قدرت با مقادیر نرمال‌شده (سیستم پریونیت) کار می‌کنند. ولتاژ با تقسیم به مقدار پیک ولتاژ نامی سیستم به عنوان مقدار مبنا نرمالیزه می‌شود.

قطعه گین (**Gain**) را از کتابخانه **Simulink** انتخاب کنید و گین (**Gain**) آنرا مطابق بالا واردنمایید. خروجی آنرا به قطعه اسکوپ و خروجی قطعه اندازه‌گیر ولتاژ را به قطعه گین اتصال دهید این سیستم اندازه‌گیر ولتاژ را کپی کنید و در باس‌بار **B2** قراردهید. همانند شکل زیر:

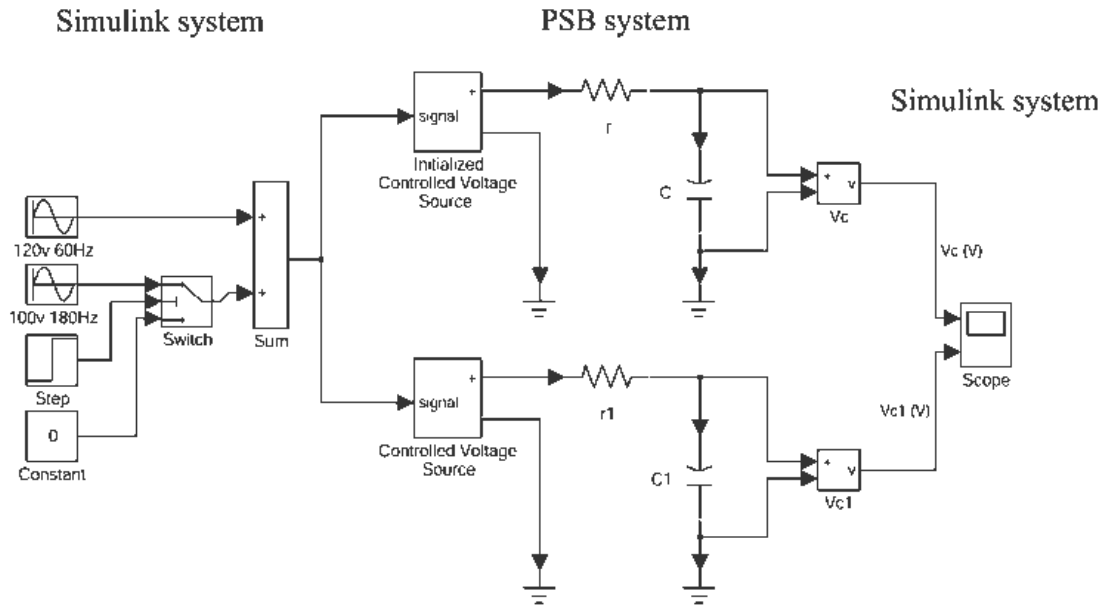


هماهنگ کردن مدار با Simulink

قطعه اندازه‌گیر ولتاژ به عنوان یک هماهنگ کننده بین قطعات **Simulink** عمل می‌نماید. برای سیستم نشان داده شده در بالا؛ ارتباط بین سیستم قدرت و سیستم **Simulink** انجام شده‌است. قطعات اندازه‌گیر ولتاژ، ولتاژهای اندازه‌گیری شده را به سیگنال **Simulink** تبدیل می‌نماید.

توجه کنید که قطعه اندازه‌گیر جریان (**Current Measurement**) از کتابخانه اندازه‌گیرهای **powerlib** می‌تواند برای تبدیل جیران‌های اندازه‌گیری شده به سیگنال **Simulink** مورد استفاده قرارگیرد.

اتصال قطعات **Simulink** به سیستم قدرت نیز امکان‌پذیر می‌باشد. به عنوان مثال، می‌توانید یک قطعه منبع ولتاژ کنترل‌شده (**Controlled Voltage Source**) برای تزریق ولتاژ در یک مدار الکتریکی استفاده نمایید. آنگاه ولتاژ با سیگنال **Simulink** کنترل می‌شود.



شبیه‌سازی مدار :

حال شما می‌توانید شبیه‌سازی را از منوی **Simulation** شروع کنید. طبق انتظار ولتاژ سینوسی و با مقدار پیک ۱**p.u**. می‌باشد.

وقتی شبیه‌سازی در حال اجرا می‌باشد؛ پنجره تنظیمات قطعه **Vs** را باز نمایید و دامنه را تغییر دهید. اثر آنرا روی دو اسکوپ مشاهده نمایید. همچنین می‌توانید فرکانس و فاز آنرا تغییر دهید. به یاد داشته‌باشید که می‌توانید بر روی قسمت مورد علاقه‌تان با کشیدن مسیر بسته روی آن (از کلید چپ موس و کشیدن آن روی ناحیه مورد نظر استفاده کنید) بزرگنمایی داشته باشید.

تذکر: برای شبیه‌سازی این مدار الگوریتم پیش‌فرض (**ode45**) استفاده شده‌است. ولی به سبب نیاز بیشتر قطعات سیستم قدرت مدارات شما شامل کلیدها و سایر مدل‌های غیرخطی خواهدبود. در چنین مواردی شما باید الگوریتم کامل سازی متفاوتی تعیین نمایید. این موضوع در بخش ۳ قسمت شبیه‌سازی حالت گذرا، هنگامیکه یک **Breaker** به مدارتان وصل می‌شود مورد بحث قرار می‌گیرد

بخش دوم

تحلیل یک مدار ساده

در این بخش با :

ـ از قطعه **powergui** (نمایشگر گرافیکی) استفاده خواهید نمود.

ـ خروجی‌های حالت پایدار سیستم را بدست می‌آورید.

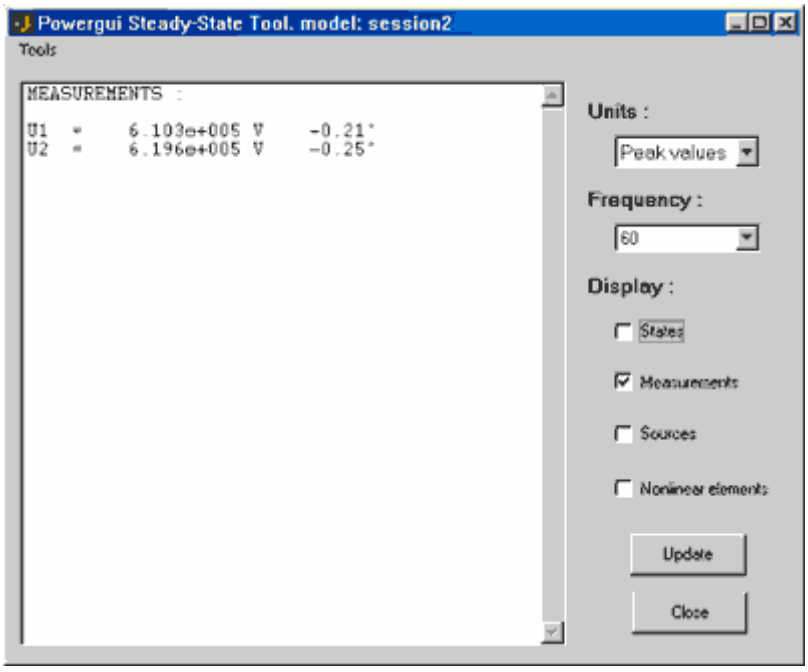
ـ مدارتان را با تابع **power2sys** تحلیل می‌نمایید.

ـ یک مدار الکتریکی را در ناحیه فرکانسی تحلیل می‌نمایید.

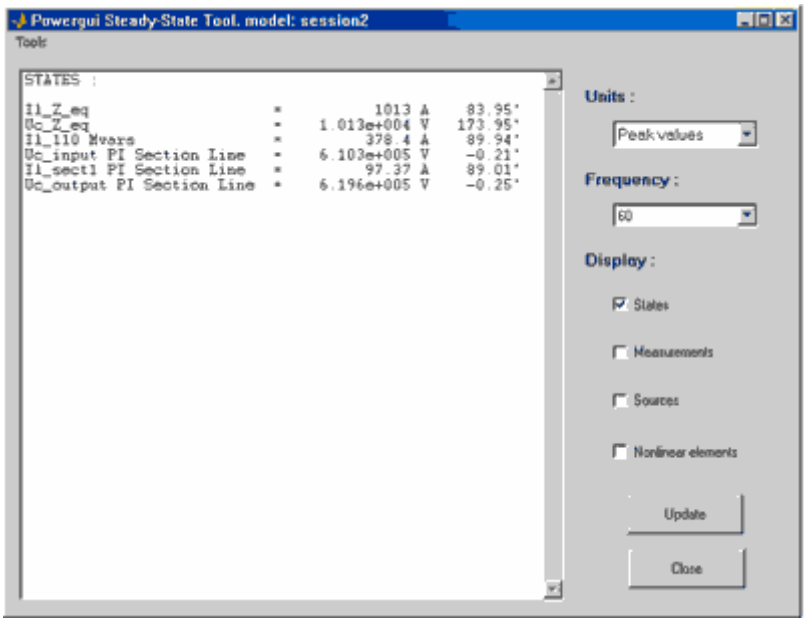
تحلیل حالت پایدار

برای آسان کردن تحلیل حالت پایدار، یک نمایشگر گرافیکی **(powergui)** در کتابخانه **powerlib** در نظر گرفته شده است. قطعه نمایشگر گرافیکی **(powergui)** را به پنجره **circuit1** کپی نمایید و روی آیکون آن دو بار کلیک کنید تا صفحه آن باز شود.

پنجره حالت پایدار را با کلیک روی دکمه ولتاژها و جریان‌های حالت پایدار **(Steady State Voltages and Currents)** باز نمایید که در آن فازورهای اندازه گرفته شده توسط دو قطعه اندازه‌گیری به فرم قطبی نشان داده شده‌است.



خروجی هر اندازه‌گیر با تطبیق آن با اسم قطعه اندازه‌گیر مشخص می‌شود. اندازه فازورهای **U1** و **U2** با مقدار پیک ولتاژ سینوسی تطبیق یافته‌اند. در پنجره حالت پایدار، همچنین می‌توانید مقدار حالت پایدار منبع ولتاژ یا مقدار حالت پایدار شرایط را با علامت زدن در جعبه علامت کنار هر یک از منابع **(Sources)** یا شرایط **(States)** انتخاب نمایید تا نمایش داده شوند.



اسم متغییرهای حالت؛ شامل اسم قطعه‌ای می‌باشد که در آن القاگر یا خازن وجود دارد. معرفی شده‌ها با پیشوند **(Il_)** برای جریان القاگر و یا معرفی شده‌ها با پیشوند **(Uc_)** برای ولتاژ خازن می‌باشند.

قرارداد علامت منابع ولتاژ و جریان و متغییرهای حالت بر مبنای وضعیت آنها در مدار می‌باشد.

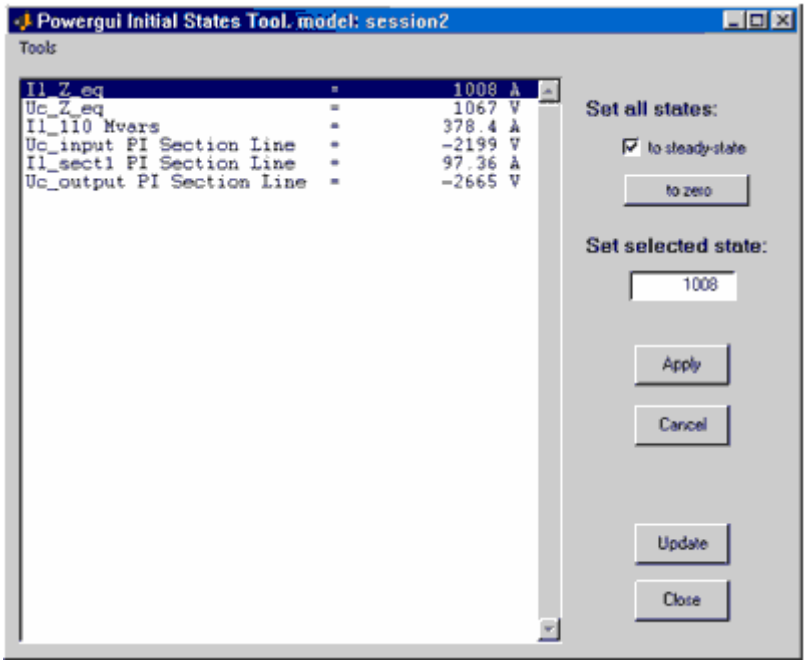
ـ جریان القاگرها اگر در جهت فلش جاری باشد مثبت است.

ـ ولتاژ خازن‌ها عبارت است از ولتاژ خروجی قطعه منهای ولتاژ ورودی قطعه

تذکر:

بر حسب موقعیت دقیق چندین قطعه در دیاگرام **circuit1** ممکن است مقادیر حالت پایدار قطعات همانند آنچه که در مدار دیده می‌شود نمایش داده نشود.

حالا از جعبه ابزار نمایشگر گرافیکی **(powergui)** روی دکمه تنظیم مقادیر اولیه **(Initial States Setting)** کلیک نمایید. مقادیر اولیه شش شرط مدار (جریان سه القاگر و ولتاژ سه خازن) نشان داده می‌شوند. این مقادیر اولیه برای شروع شبیه‌سازی حالت پایدار تنظیم شده‌اند.



تحلیل فرکانسی

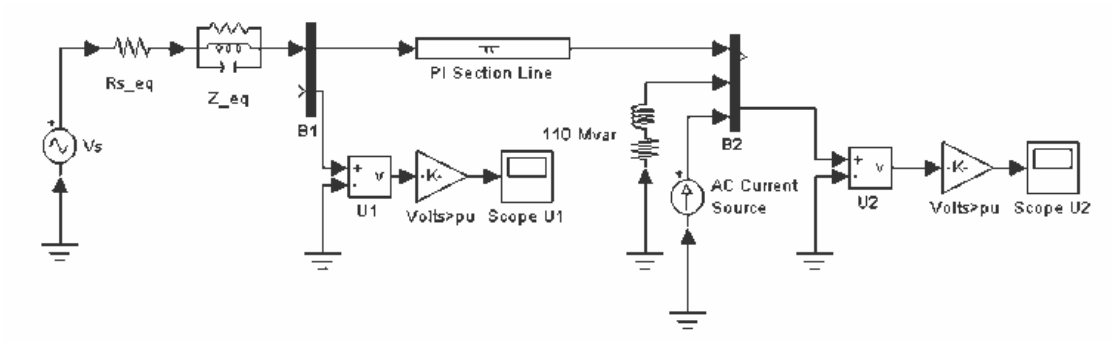
کتابخانه اندازه‌گیرها **(Measurments)** از **powerlib** دارای قطعه اندازه‌گیر امپدانس **(Impedance Measurment)** می‌باشد که امپدانس بین دو گره از یک مدار را اندازه می‌گیرد. در دو بخش آتی شما امپدانس بین **B2** و زمین مدارتان را به دو روش اندازه می‌گیرید.

ـ محاسبه از مدل فضای حالت

ـ اندازه‌گیری اتوماتیک یه کمک اندازه‌گیر امپدانس دو قطعه نمایشگر گرافیکی **(powergui)**

بدست آوردن امپدانس متقابل فرکانسی از مدل فضای حالت

برای اندازه‌گیری امپدانس متقابل در باس‌بار **B2**، به یک منبع جریان در باس‌بار **B2** نیازمندید تا یک ورودی دوم برای مدل فضای حالت ایجاد نمایید. کتابخانه منابع الکتریکی **(Electrical Sources)** را باز نمایید و قطعه منبع جریان **AC** را به مدار خود کپی نمایید. این منبع را به باس‌بار **B2** همانند شکل زیر اتصال دهید و اندازه ماکزیمم منبع جریان **(Peak amplitude (A):)** را به صفر و فرکانس **(Frequency (Hz):)** آنرا به **60Hz** تغییر دهید. قطعات را مانند زیر مرتب نمایید:



شکل ۱ـ۲: منبع جریان **AC** در باس‌بار **B2** (مدار **cicuit1-1**)

حالا مقادیر فضای حالت مدار **circuit1-1** را با تابع **power2sys** محاسبه نمایید. دستور زیر را در خط فرمان **MATLAB** وارد نمایید:

[A,B,C,D,x0,states,inputs,outputs]=power2sys('circuit1-1');

تابع **power2sys** مدل فضای حالت مدارتان را در چهار ماتریس **A**، **B**، **C** و **D** ارایه می‌کند. **x0** بردار شرایط اولیه‌ای است که شما در قطعه نمایشگر گرافیکی **(powergui)** نیز دیده‌اید. اسم متغییرهای حالت ، ورودی‌ها و خروجی‌ها در سه ماتریس ستونی داده می‌شود.

شرایط	***States=***
	Il_110 Mvars
	Uc_input PI Section Line
	Il_sect1 PI Section Line
	Uc_output PI Section Line
	Il_Z_eq
	Uc_Z_eq
ورودی‌ها	***Inputs=***
	U_Vs
	I_AC Curent Source
خروجی‌ها	***Outputs=***
	U_U1
	U_U2

توجه کنید که باید اسم و ترتیب متغییرها، ورودی‌ها و خروجی‌ها را از قطعه **Powergui** استخراج نمایید.

همینکه مدل فضای حالت سیستم شناخته شده باشد، می‌تواند در حوزه فرکانسی تحلیل گردد. به عنوان مثال مدهای این مدار می‌تواند از مقادیر آیگن ماتریس **(A)** به دست بیاید (فرمان **eig** از **MATLAB** را استفاده نمایید.)

```
eig(A)
ans
1.0e+05*
-2.4972
-0.0001+0.0144i ←229Hz
-0.0001-0.0144i
-0.0002+0.0056i ←89Hz
-0.0002-0.0056i
-0.0000
```

این سیستم دو مد نوسانی **89Hz** و **299Hz** دارد. فرکانس **89Hz** مربوط به منبع معادل می‌باشد که با تک قطبی معادل، مدل شده است. **229Hz** اولین مد خط است که با یک بخش **PI** مدل شده است.

اگر شما جعبه ابزار کنترل سیستم را داشته باشید، می‌توانید امپدانس شبکه را با تابع **bode** به عنوان یک تابع فرکانسی محاسبه نمایید. در فضای لاپلاس، امپدانس **Z2**، در باس **B2** به صورت تابعی بین جریان

تزریق‌شده به باس **B2** (ورودی دوم سیستم) و ولتاژ اندازه‌گرفته شده در باس **B2** (خروجی دوم سیستم) [انتقال یافته به محیط لاپلاس] تعریف می‌شود.

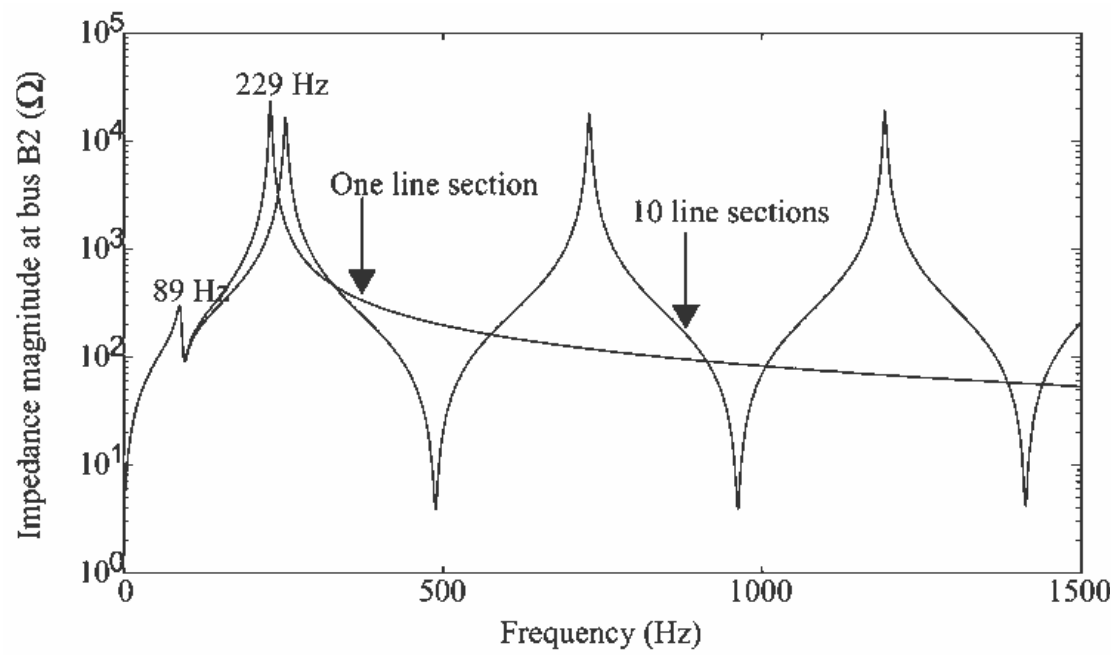
امپدانس در باس **B2** در بازه **0** تا **1500** هرتز می‌تواند به صورت زیر محاسبه شود:

```
Freq=0:1500;
W=2*pi*freq;
[mag1,phase1]=bode(A,B,C,D,2,w);
semilogy (freq,mag1 (:,2));
```

عملیات مشابهی را برای بدست‌آوردن پاسخ مدل خط با ۱۰ بخش تکرار کنید. جعبه محاوره‌ای خط مدل **PI** را باز کنید و تعداد بخشها را از ۱ به ۱۰ تغییر دهید. برای محاسبه پاسخ فرکانسی جدید و انداختن آن روی پاسخ بدست‌آمده از مدل تک بخشی، دستورات زیر را بنویسید:

```
  [A,B,C,D]=power2sys('circuit1-1');
[mag10,phase10]=bode(A,B,C,D,2,w);
semiloy(freq,mag1(:,2),freq,mag10(:,2));
```

این نتیجه رسم می‌باشد:



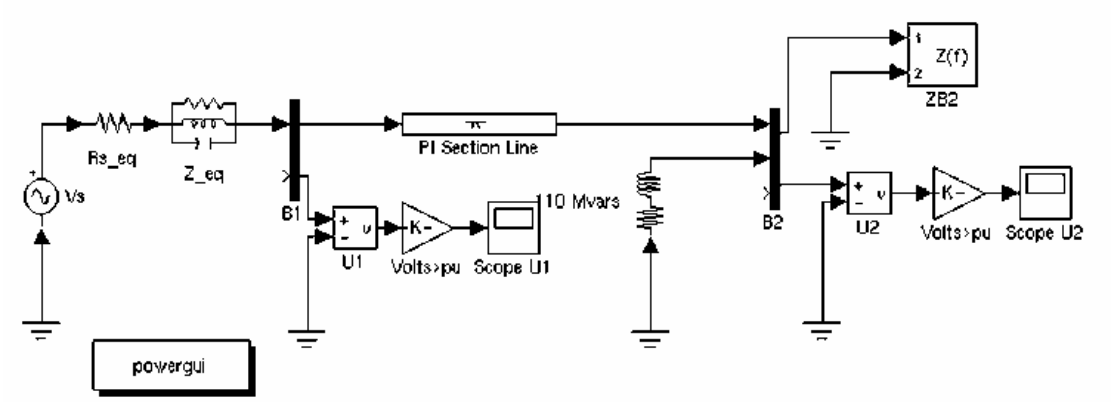
شکل ۱ـ۳: امپدانس باس **B2** تابع فرکانسی

این شکل نشان می‌دهد، ناحیه فرکانسی که توسط یک خط با یک بخش ظاهر می‌شود تقریباً به ۱۵۰ هرتز محدود شده است. برای فرکانس‌های بالاتر یک خط با ۱۰ بخش تقریب بهتری می‌باشد.

بنابراین زمان انتشار برای **300km** برابر است با: **T=300/293.208=1.023 s** و فرکانس اولین مدل خط برابر است با **f1=1/4T=244 Hz**. یک خط تکه تکه شده باید تعدادی نامتناهی از مدها را هر **224+n*488 Hz (n=1,2,3,...)** داشته باشد. خط ۱۰ بخشی؛ ۱۰ مد اول را شبیه‌سازی می‌کند. سه مد اول خط در شکل ۱ـ۳ دیده می‌شود.

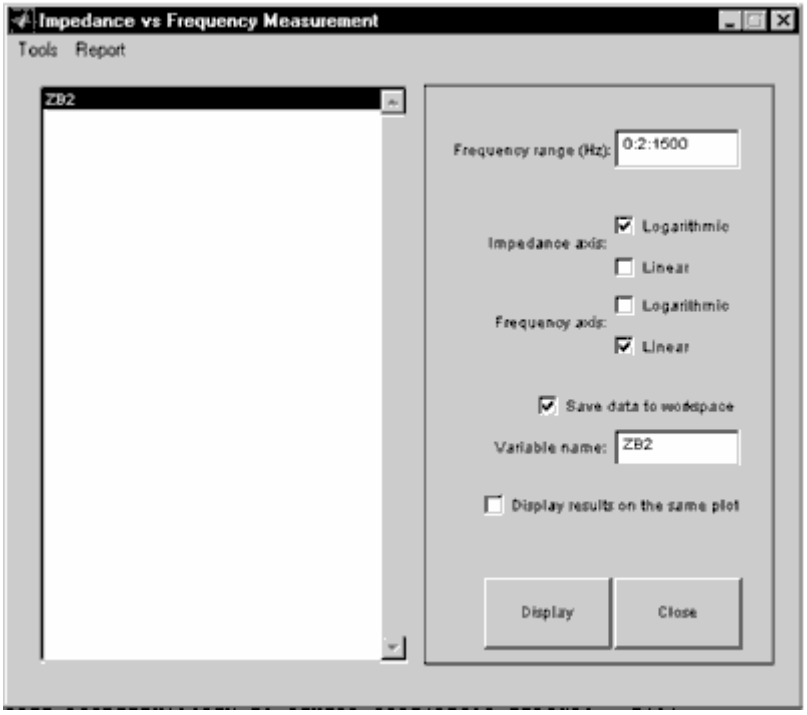
بدست‌آوردن امپدانس فرکانسی از قطعه اندازه‌گیر امپدانس (Measurement_Impedance) و قطعه نمایشگر گرافیکی (Powergui)

عملیاتی که در بالا برای اندازه‌گیری امپدانس یک مدار توضیح داده شد در قطعات سیستم قدرت اتوماتیک شده است. کتابخانه اندازه‌گیرها **(Measurements)** از **powerlib** را باز کرده و قطعه اندازه‌گیر امپدانس **(Impedance_Measurement)** را به مدل خود کپی نمایید و اسم آنرا به **ZB2** تغییر دهید. قطعه ؛ یک منبع جریان و یک اندازه‌گیر ولتاژ را برای اندازه‌گیری امپدانس به کار می‌برد. دو ورودی این قطعه را بین باس‌بار **B2** و زمین همانگونه که نشان داده شده‌است، وصل نمایید.



شکل ۱ـ۴: اندازه‌گیری امپدانس فرکانسی با قطعه اندازه‌گیر امپدانس

حالا پنجره **powergui** را باز کنید و در منوی آن **Impedance_vs_Frequency_Measurement** را انتخاب نمایید. پنجره جدیدی باز می شود که لیستی از اندازه‌گیرهای امپدانسی که در مدارتان وجود دارد را نشان می‌دهد.



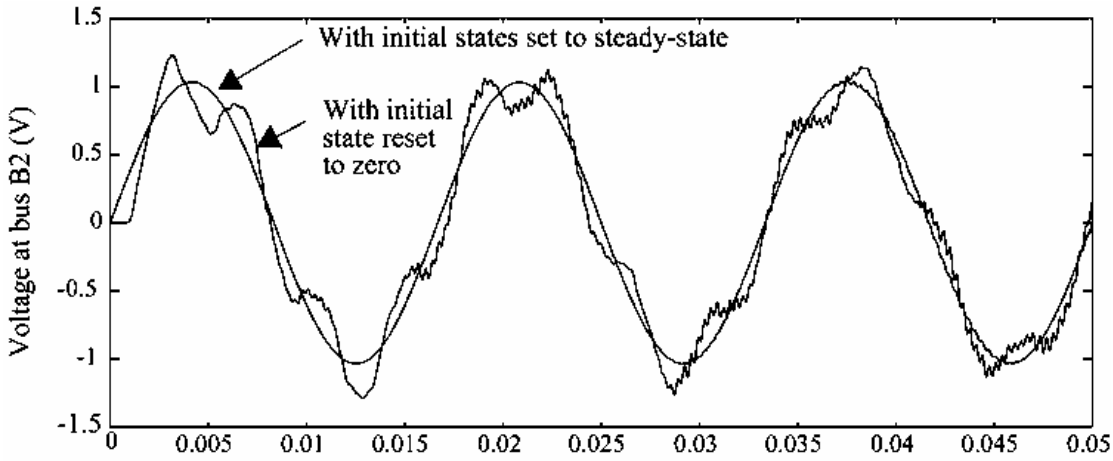
در این مورد، فقط یک امپدانس اندازه گرفته شده‌است و به عنوان **ZB2** در پنجره شناخته شده‌است (اسم قطعه **ZB2**). در محدوده فرکانس، مقدار **0:2:1500** (که بین صفر تا **1500** هرتز با پله‌های **2Hz** می‌باشد) را وارد نمایید. تقسیم‌بندی لگاریتمی **(Logaritmic_Impedance)** را برای نمایش اندازه **Z** انتخاب کنید. گزینه **Save_data_to_workspace** را انتخاب نمایید و **ZB2** را در جای اسم متغییر **(Variable_name)** که شامل امپدانس فرکانسی **vs** خواهدشد، تایپ نمایید.

وقتی که محاسبات تمام شد، پنجره نمودار اندازه و فاز به عنوان تابع فرکانسی نمایش داده می‌شود. نمودار اندازه باید مانند شکل ۱ـ۳ (برای خط یک بخشی) باشد. اگر به محیط کار خود **(workspace)** نگاه کنید باید یک متغییر با اسم **ZB2** داشته باشید. **ZB2** یک ماتریس دو ستونی می‌باشد که ستون اول شامل فرکانس می‌باشد و ستون دوم شامل امپدانس مختلط می‌باشد.

حالا از منوی **Simulation** گزینه **Simulation parameters** را انتخاب نموده و در قسمت حلال **(Solver)**، الگوریتم **ode23tb** را انتخاب نمایید. تغییرات وابسته **(Relative tolerance)** را به **1e-4** تغییر داده و سایر متغییرها را در حالت **auto** نگه دارید. زمان پایان **(Stop time)** را به **0.05** تغییر دهید. اسکوپ‌ها را باز نمایید و شبیه‌سازی را آغاز نمایید.

به شکل موج ولتاژ در ابتدا و انتها روی اسکوپ **U1** و **U2** نگاه کنید. از آنجا که متغییرهای حالت به صورت خودکار پردازش شده‌اند، سیستم در حالت پایدار شروع شده و شکل موج‌های سینوسی نمایش داده شده‌اند.

سرانجام پنجره **powergui** را باز کرده و تنظیم مقادیر اولیه **(Initial States Setting)** را باز نموده و تمام مقادیر را با کلیک روی دکمه **Set all states to zero** به صفر تغییر دهید و دکمه **Apply** را کلیک نمایید. شبیه‌سازی را تکرار کنید و زمان گذرا را از صفر که خط باردار می‌شود، مشاهده نمایید.



شکل ۱ـ۵: ولتاژ انتها **(U2)** با خط شامل ۱۰ بخش **PI**