**Power System Stability Improvement of Long Transmission Line**

**System by Using Static Var Compensator (SVC)**

**بهبود پایداری سیستم قدرت در سیستم خط انتقال بلند با استفاده از  جبران کننده استاتیکی وار (SVC)**

**تاریخچه** : اولين حضور SVC در دنياي صنايع الكتريكي به سال‌هاي 1960 باز مي‌گردد. كه براي جبران‌كوره‌هاي قوس الكتريكي و جلوگيري از چشمك‌زدن ولتاژ استفاده شد. اما به دليل مزاياي زياد بسيار زود براي كاربردهاي ديگر مورد توجه قرار گرفت. SVC اولين بار در سال 1978 بطور عملي در شبكه قدرت مورد استفاده قرار گرفت. به علت مزاياي بسيار SVC و همچنين پيشرفت در امر فن‌آوري نيمه هادي‌هاي قدرت با توان بالا و ولتاژ بالا و كاهش قيمت آنان، همچنين ارائه روش‌هاي كنترل جديد، SVC‌ها توسعه فراواني يافته‌اند. به عنوان مثال تا سال 1988 در كانادا و آمريكا ظرفيت نصب شده از اين نوع جبران‌كننده 9710 مگاوار براي خطوط انتقال و 1760 مگاوار براي مصارف صنعتي بوده است.

يا طبق آماري ديگر تا سال 1990 در حدود 195 مورد SVC كه كل ظرفيت آنها بالغ بر 31000 مگاوار مي‌باشد، در شبكه قدرت نصب و راه‌اندازي شده كه بيش از 95 درصد از اين ظرفيت سهم SVC‌هاي قابل كنترل با تريستور مي‌باشند.

**معرفي انواع ادوات FACTS**

**جبرانساز Var استاتيك (SVC)**

SVC يكي از مهمترين عناصر FACTS است كه سالهاست به دليل مزيت فني و اقتصادي در حل مساله ديناميك ولتاژ مورداستفاده قرار مي‌گيرد. دقت، دسترس‌پذيري و پاسخ سريع SVC در مقايسه با جبرانگرهاي موازي كلاسيك آن­را به وسيله‌اي بسيار كارآمد در كنترل ولتاژ حالت گذرا و حالت ماندگار تبديل نموده است. شکل (1-4) ساختمان SVC و مشخصه V-I آن­را نشان مي‌دهد.



شکل (1-4): ساختمان SVC و مشخصه V-I آن

SVC به صورت موازي به شبكه وصل مي‌شود و همانطور كه از شكل پيداست مي‌تواند در دو مود راكتيو سلفي يا خازني ظاهر شود. در جريان خازني بزرگتر از Icmax، SVC به يك خازن تبديل مي‌شود و توان راكتيو آن به صورت تابعي از ولتاژ شبكه تغيير مي‌كند. شيب نمودار V-I بين Icmax و -Irmax معمولاً %2 تا %5 درنظرگرفته مي‌شود.

مهمترين كاربردهاي SVC عبارتنداز :

* تثبيت ولتاژ در شبكه­هاي ضعيف،
* كاهش تلفات انتقال،
* افزايش ظرفيت انتقال توان،
* افزايش ميرايي اغتشاشات كوچك،
* بهبود پايداري ولتاژ،
* حذف نوسانات توان.

رايج­ترين انواع SVC با توجه به عناصر به­كاررفته در ساختمان آن­ها به شرح زير است:

راكتور كنترل تريستوري TCR[[1]](#footnote-1)،

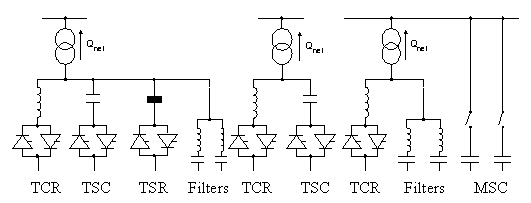
* خازن سوييچ تريستوري TSC[[2]](#footnote-2)،
* راكتور سوييچ تريستوري TSR[[3]](#footnote-3)،
* خازن سوييچ مكانيكي MSC[[4]](#footnote-4).

در شكل (2-4) موارد فوق و نحوه اتصال آن­ها به سيستم انتقال نشان داده شده است. با تنظيم زاويه آتش تريستورها، SVC در مود راكتيو سلفي يا خازني ظاهر مي‌شود.

معمولاً حوزه تغييرات ولتاژ سيستم توسط SVC %5± لحاظ مي‌شود. اغلب سه محل براي نصب SVC پيشنهاد مي‌شود:

* در مجاورت بارهاي عمده و بزرگ (نواحي وسيع شهري)،
* نزديك به بارهاي حساس به ولتاژ،
* در مجاورت بارهاي صنعتي.

در واقع نصب SVC در سه محل مزبور بيشترين تاثير را بر بارهاي شبكه قدرت دارد. همان­طور كه گفتيم اگر SVC به حد توان راكتيو خود نزديك شود (مثلاً به Icmax در شكل (1-4)) به يك خازن ثابت تبديل مي‌شود و توليد توان راكتيو آن تابعي از ولتاژ شبكه مي‌گردد. اين پديده از معايب SVC محسوب مي‌شود.



شکل (2-4): انواع SVC

**تعريفSVC**

SVC يك وسيله يا سيستم الكتريكي ساكن است كه مي‌تواند جريان راكتيو خازني يا سلفي از سيستم قدرت بكشد و به اين ترتيب توان راكتيو توليد يا جذب كند. اين منبع توليد توان راكتيو بايستي به صورت موازي به شبكه متصل شود و خروجي آن بگونه‌اي تغيير كند كه پارامترهاي مشخصي از سيستم قدرت را كنترل كند.

مفهوم استاتيك در SVC به اين معني است كه برخلاف جبران‌كننده‌هاي سنكرون داراي اجزاء چرخنده و متحرك نمي‌باشد و اين ويژگي سبب مي‌شود پاسخ سريعتري به تغييرات شبكه بدهد (پاسخ‌گوئي در 3 سيكل به جاي 30 سيكل در كندانسورهاي سنكرون). در ضمن نداشتن جزء گردان باعث كاهش خرابي و كم‌شدن هزينه تعميرات مي‌شود.

**مزاياي SVC**

موارد زير را مي‌توان از مزاياي كاربرد SVC در مقابل ساير جبران‌كننده‌هاي توان راكتيو نام برد:

1- پاسخ سريع

2- قابليت انعطاف زياد

3- قابليت اطمينان خوب

4- متعادل كردن فازها

5- محدودكردن اضافه ولتاژ ماندگار و گذرا

6- نداشتن اينرسي چرخان

7-راه‌اندازي سريع با حداقل حالت گذرا

8- هزينه كاركرد كم

9- عدم تغذيه اتصال كوتاه (به علت اينكه SVC از عناصر پسيو تشكيل شده است)

10- سادگي كنترل

11- تأمين توان راكتيو براي مبدل‌هاي AC-DC

12- ميرانمودن نوسانات زيرسنكرون

13- افزايش حد پايداري گذرا

از SVC در هر دو سطح انتقال و توزيع مي‌توان استفاده كرد كه در هر كدام از اين دو سطح مزاياي خاص خود را نيز داراست.

**مزاياي استفاده از SVC در سيستم توزيع**

1- تنظيم و جلوگيري از فروپاشي ولتاژ

2- بهبود ضريب توان

3- متعادل‌كردن بار

4- حذف هارمونيك

**مزاياي استفاده از SVC در سيستم انتقال**

1- تنظيم و جلوگيري از فروپاشي ولتاژ

2- افزايش پايداري گذرا

3- افزايش ميرائي سيستم انتقال

**دسته‌بندي SVC‌ها**

**SVC‌ها به دو دسته عمده تقسيم مي‌شوند:**

**1- SVC نوع امپدانس متغير**

در روش امپدانس متغير كه قديمي‌تر مي‌باشد با وارد يا خارج شدن عناصر ذخيره‌كننده انرژي كه قادر به توليد يا جذب توان راكتيو هستند يا با كنترل جريان عبوري از آنها توان راكتيو كنترل مي‌شود.

**از انواع SVC‌هاي امپدانس متغير مي‌توان به موارد زير اشاره كرد:**

الف) خازن سوئيچ شونده تريستوري (TSC)

ب) سلف كنترل شده با تريستور (TCR)

ج) سلف كنترل شده با تريستور همراه با خازن (FC-TCR)

**2- انواع SVC با استفاده از مبدل‌هاي الكترونيك قدرت**

در اين روش از عناصر ذخيره‌كننده انرژي مانند سلف يا خازن به طور واقعي و به منظور توليد توان راكتيو استفاده نمي‌شود، بلكه از يك مبدل الكترونيك قدرت و از خاصيت غيرخطي بودن آن براي توليد يا جذب توان راكتيو استفاده شده است و با كنترل نحوه كليدزني كليدهاي قدرت، توان راكتيو كنترل مي‌شود.

**از انواع اين قسم SVC مي‌توان به موارد زير اشاره كرد:**

الف) با استفاده از مبدل مستقيم ac/ac

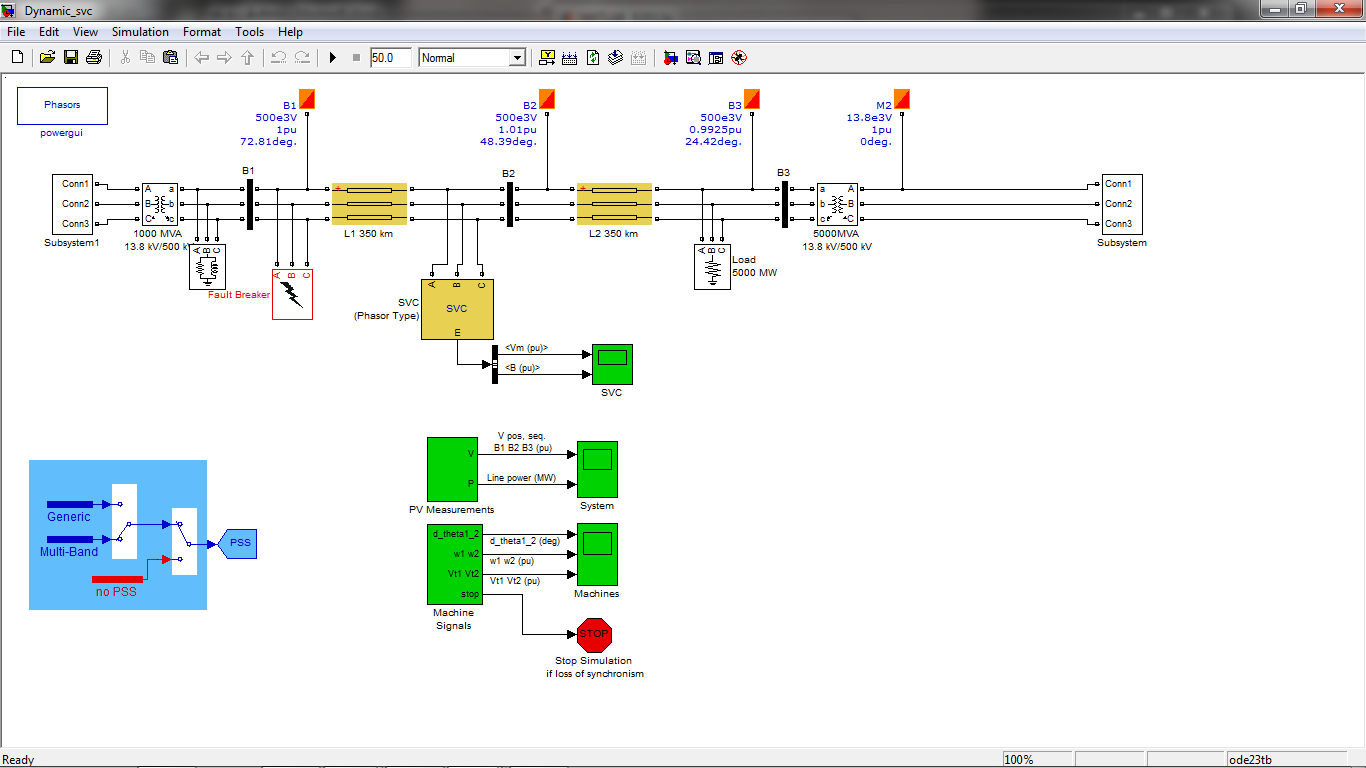
ب) با استفاده از مبدل dc/ac

ج) با استفاده از اينورتر منبع جريان

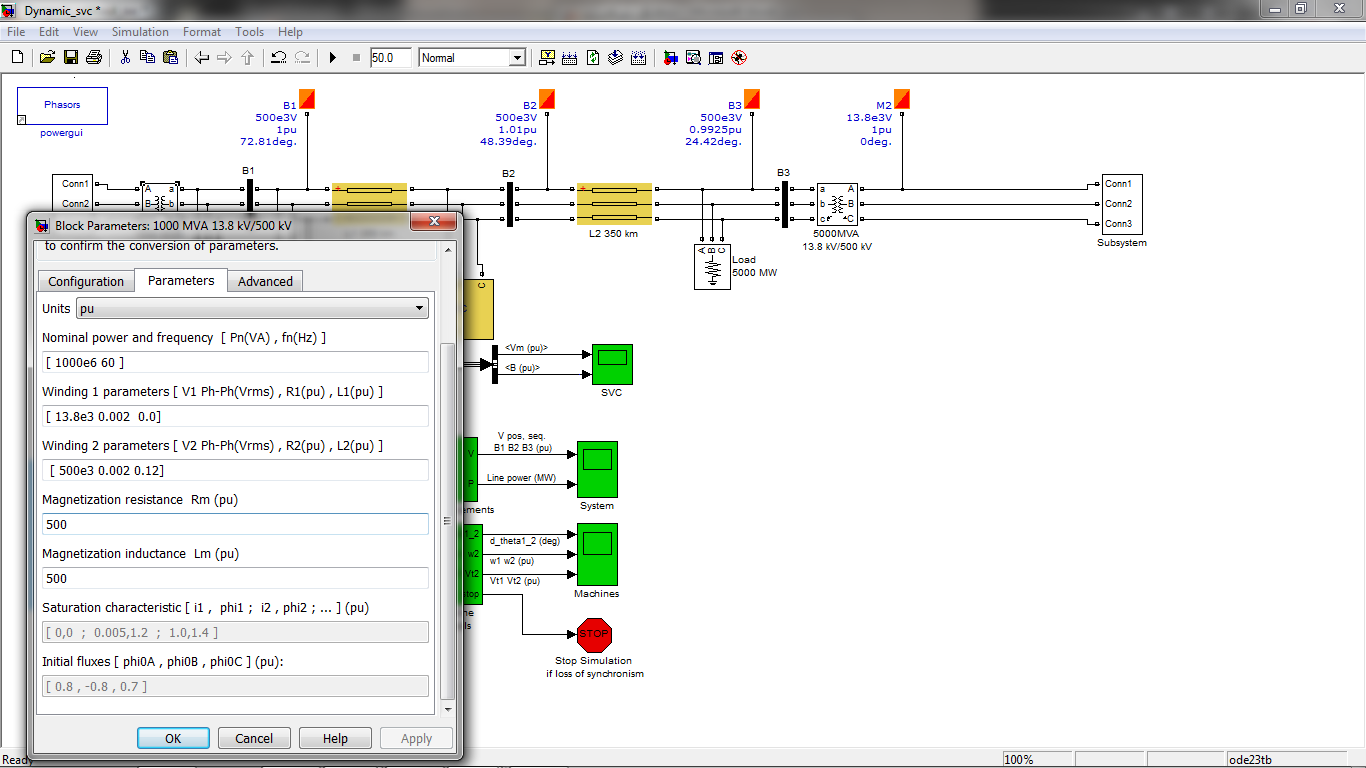
د) با استفاده از اينورتر منبع ولتاژ

مقاله مذکور به پایداری سیستم قدرت و توانایی سیستم قدرت برای حفظ ثبات و یا بازیابی حالت پایدار اولیه پس از هرگونه انحراف در عملیات سیستم می پردازد . این مقاله در مورد عملکرد SVC که با موفقیت برای کنترل عملکرد دینامیکی سیستم انتقال و ولتاژ تنظیم سیستم به طور موثر پرداخته می باشد .در حال حاظر سیستم های قدرت برای حفظ ثبات و در نظر گرفتن آلودگی محیط زیست اداره می شوند . در نتیجه حفظ و نگهداری بهره برداری پایدار و امن از یک سیستم قدرت یک مسئله بسیار مهم و چالش برانگیز است. دستگاه های FACTS موازی نقش مهمی در بهبود پایداری گذرا، افزایش ظرفیت انتقال و میرایی نوسانات فرکانس پایین بازی کند.در این مقاله در بین ادوات فکتس موازی از SVC استفاده شده است . دستگاه های جبرانساز استاتیک وار (SVC) برای بهبود ولتاژ و شرایط توان راکتیو در سیستم های AC استفاده می شود.همچنین با عث افزایش ظرفیت خط انتقال و میرایی شدن نوسانات می گردد .

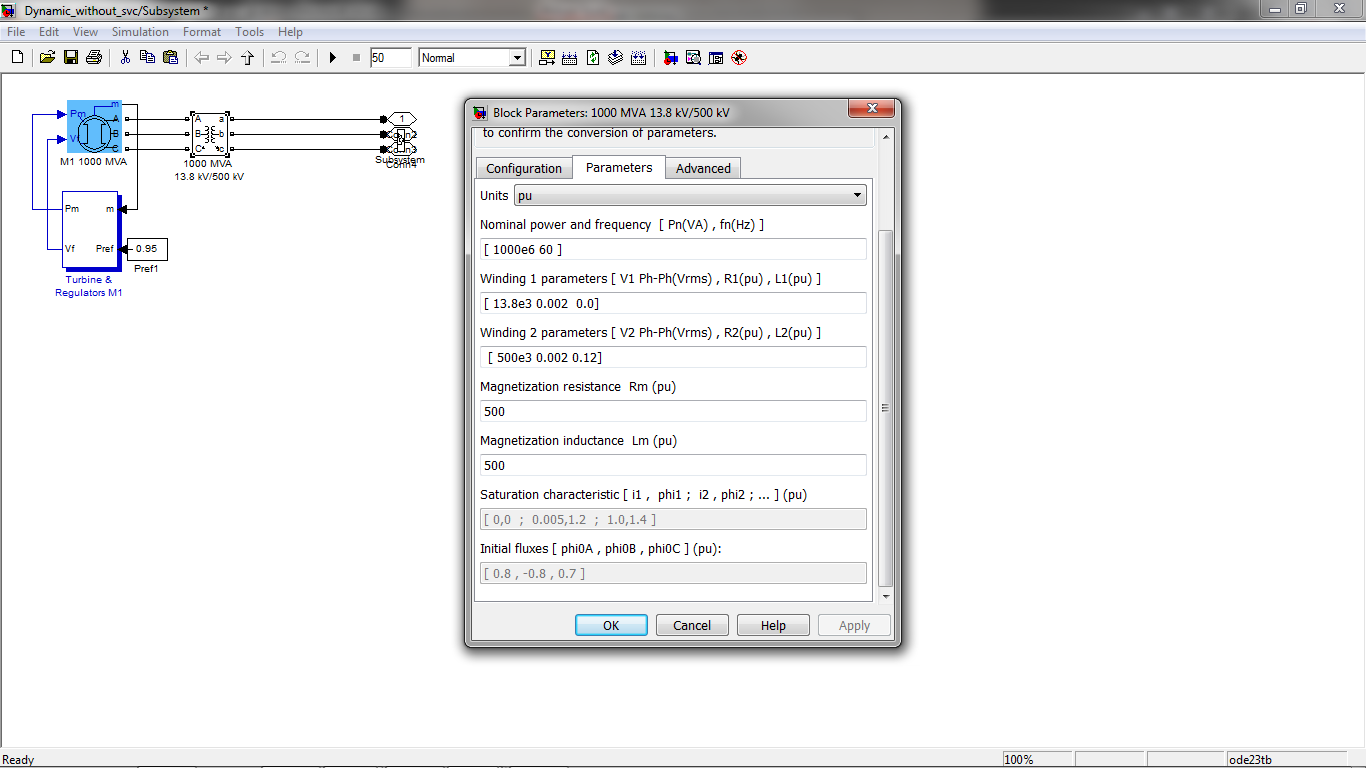
شکل مدار شبیه سازی شده مقاله :



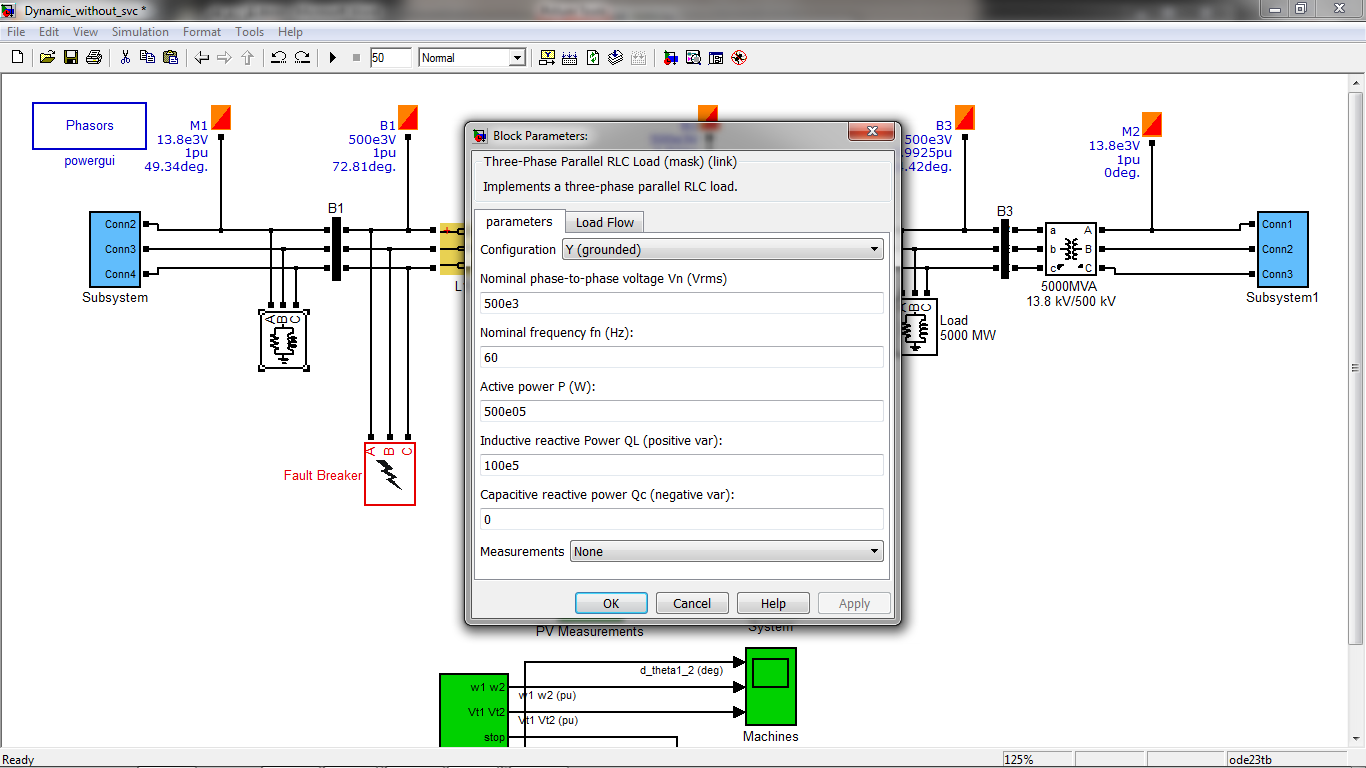
در دو سمت خطوط 2 نیروگاه تولید برق می باشد .نیروگاه شماره یک که در پخش بار به صورت pv در نظر گرفته شده است .



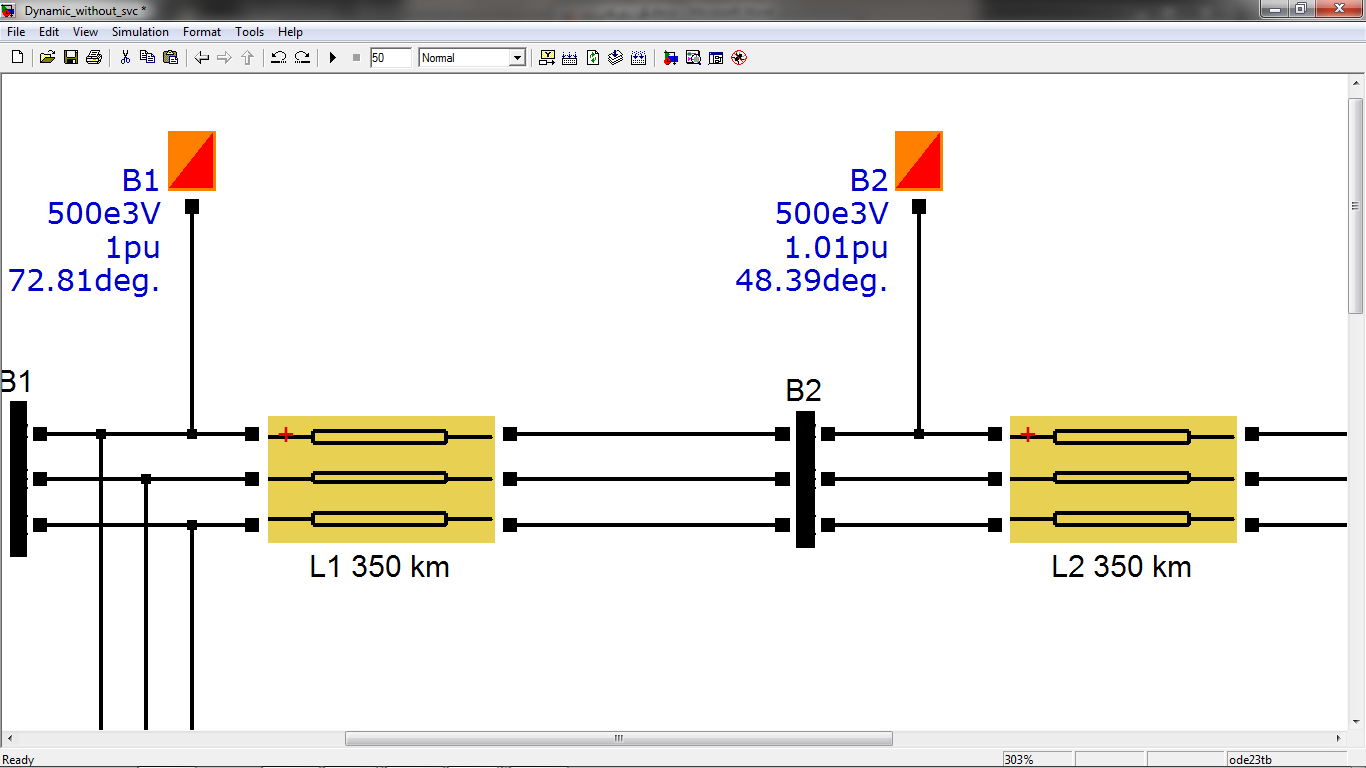
قدرت 100 MW دارد و 13800 ولت تولید می کند .این ولتاژ توسط ترانس از 13800 به 500 کیلو ولت افزایش می یابد :



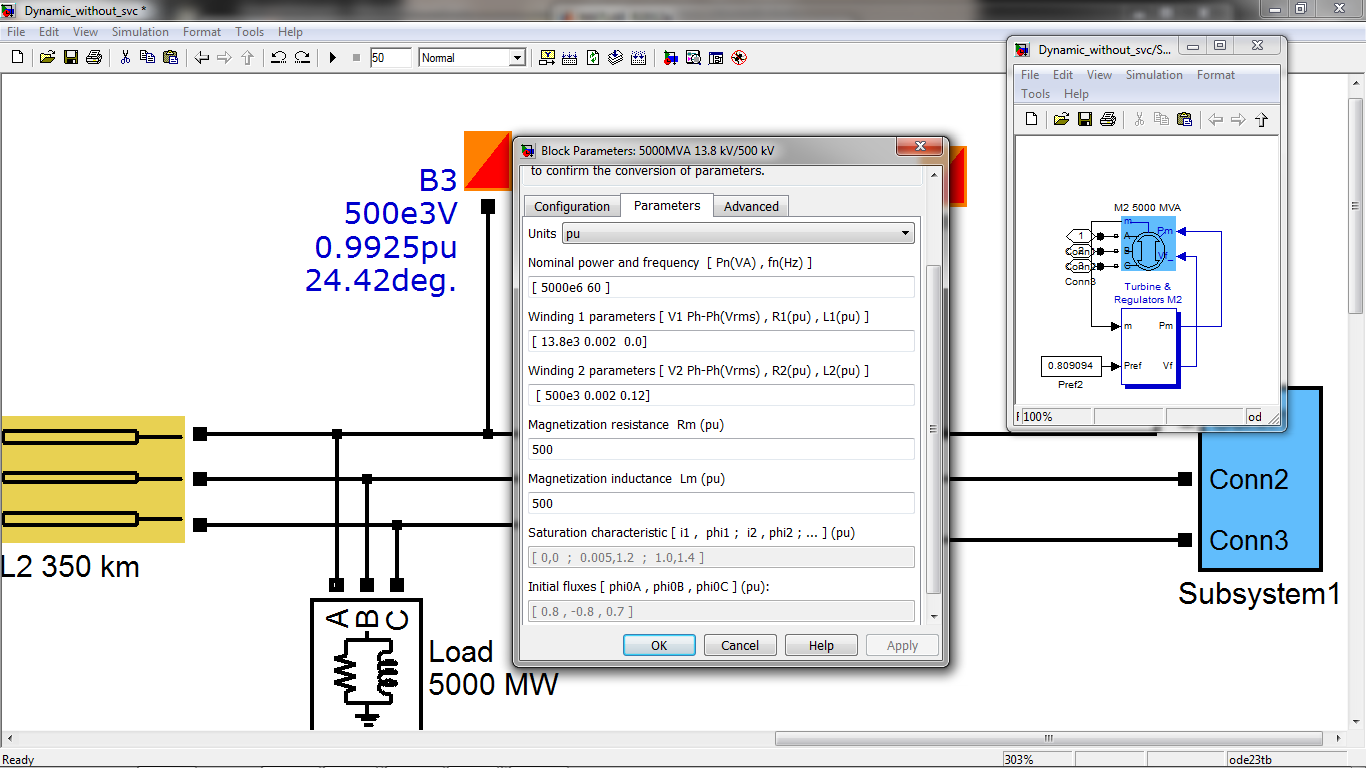
در این قسمت یک بار موازی RL با قدرت زیر متصل می باشد :



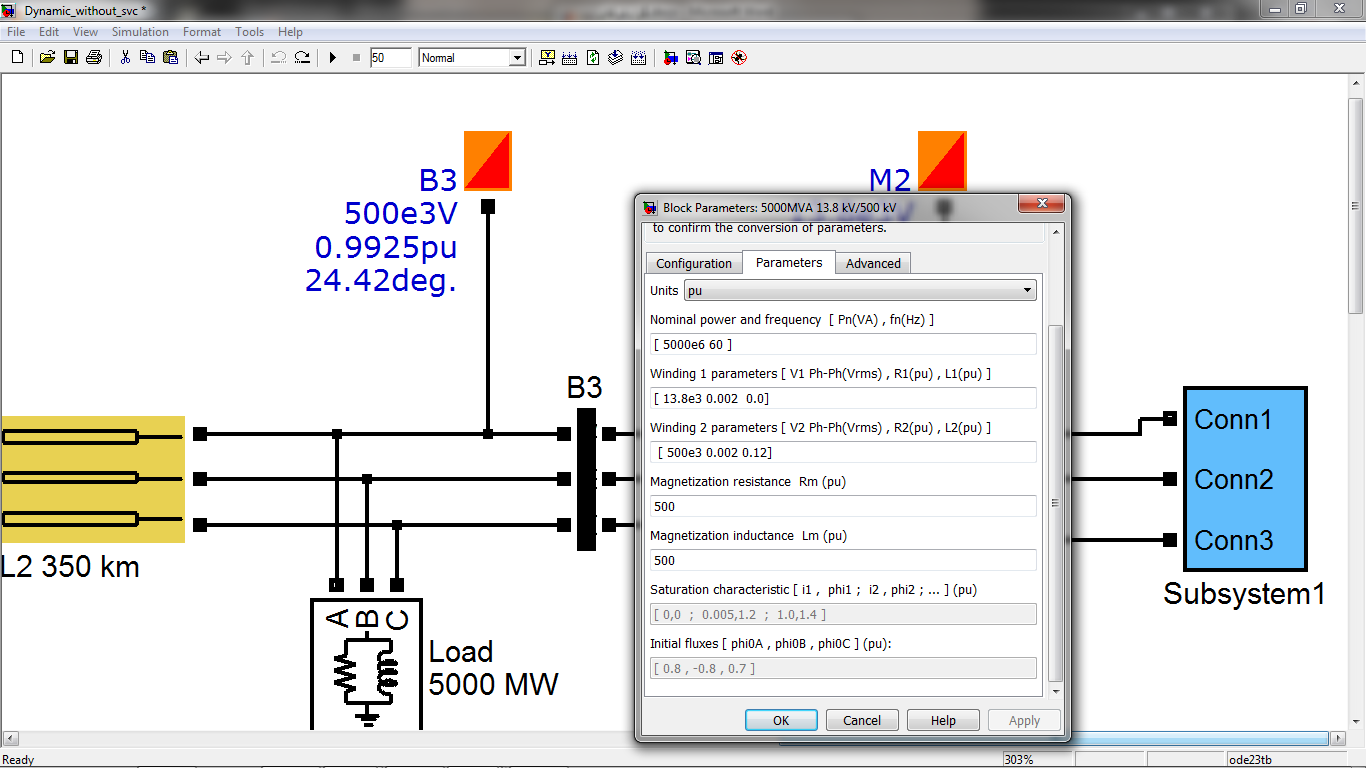
مجموعا 700 کیلومتر خط انتقال بین دو ژنراتور می باشد :



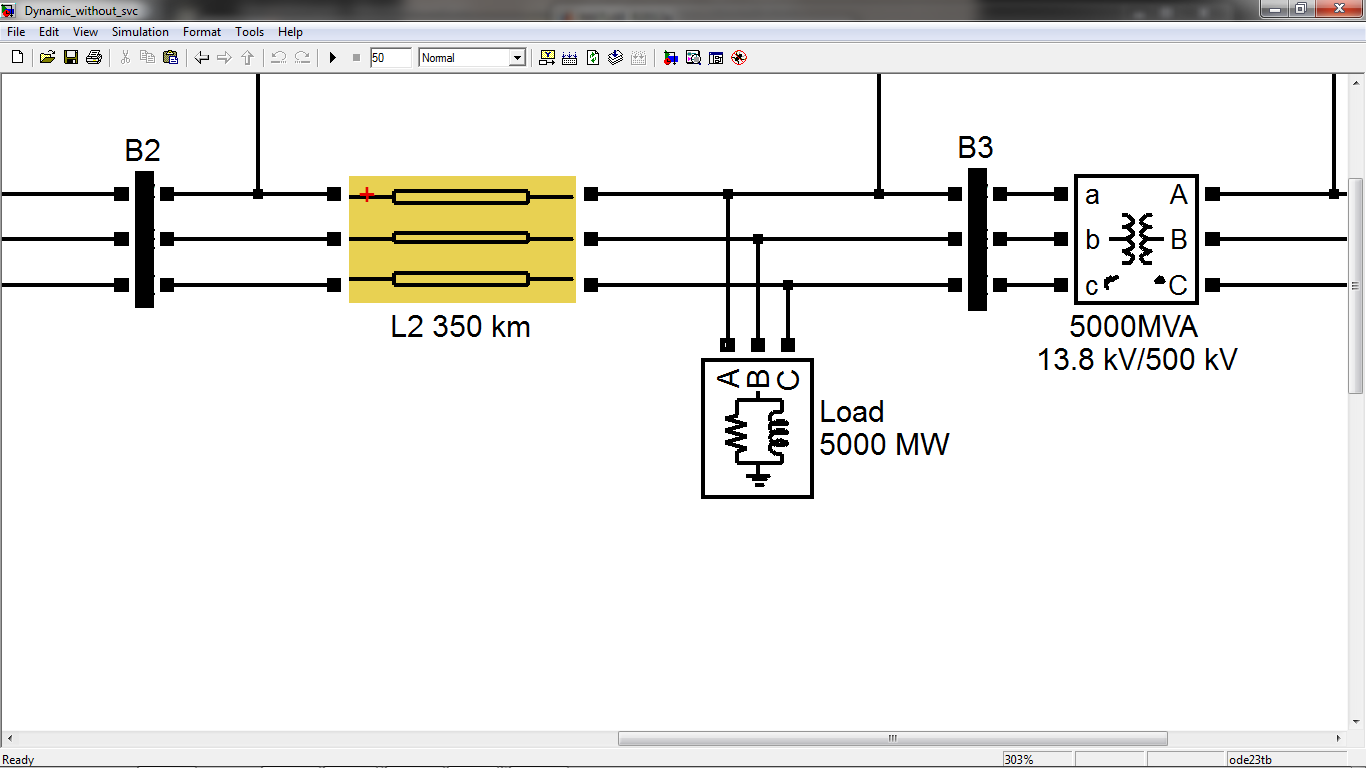
در سمت راست ژنراتور 2 قرار دارد که توان آن 500 MW می باشد و 13800 ولت تولید می کند .در پخش بار رو حالت شناور قرار دارد :



یک ترانس افزاینده این ولتاژ را 500 کیلو ولت افزایش می دهد:

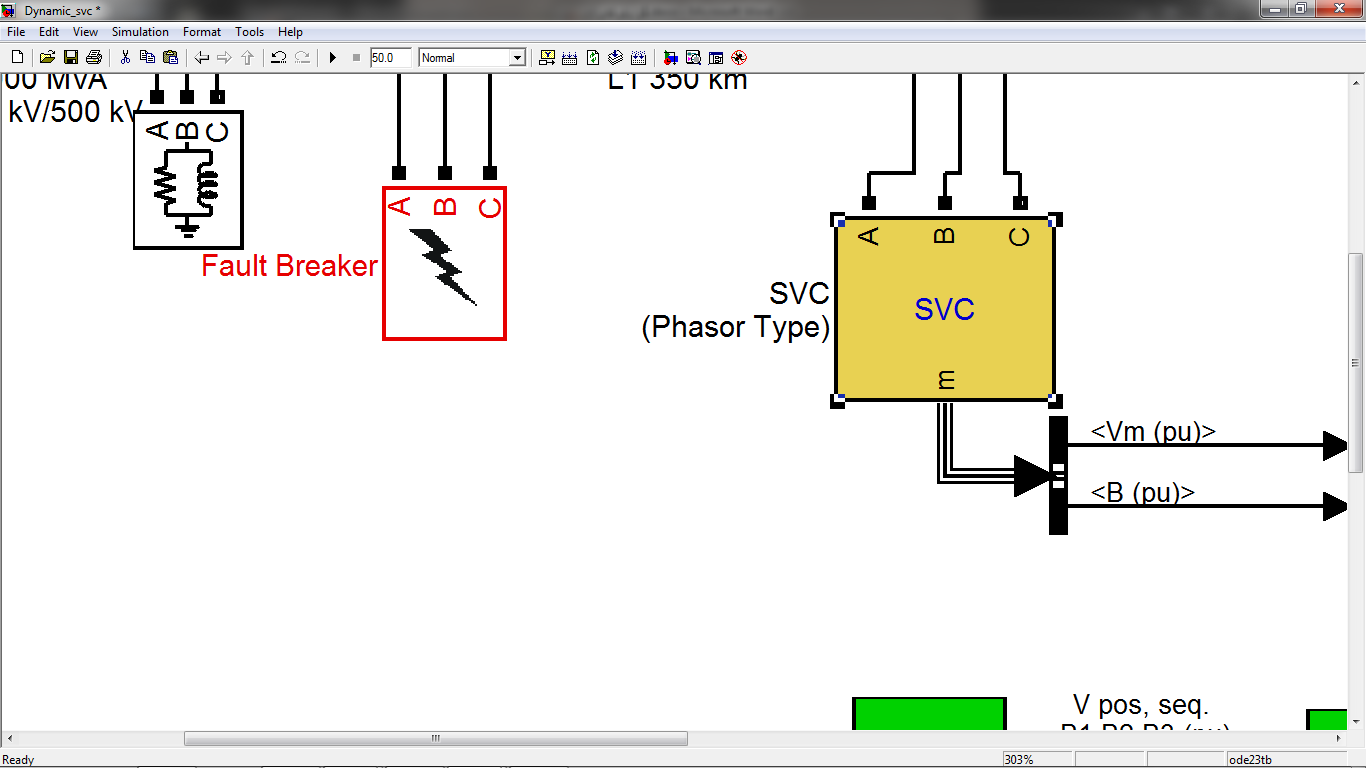


و یک بار Rl موازی به توان 5000 MW متصل است :

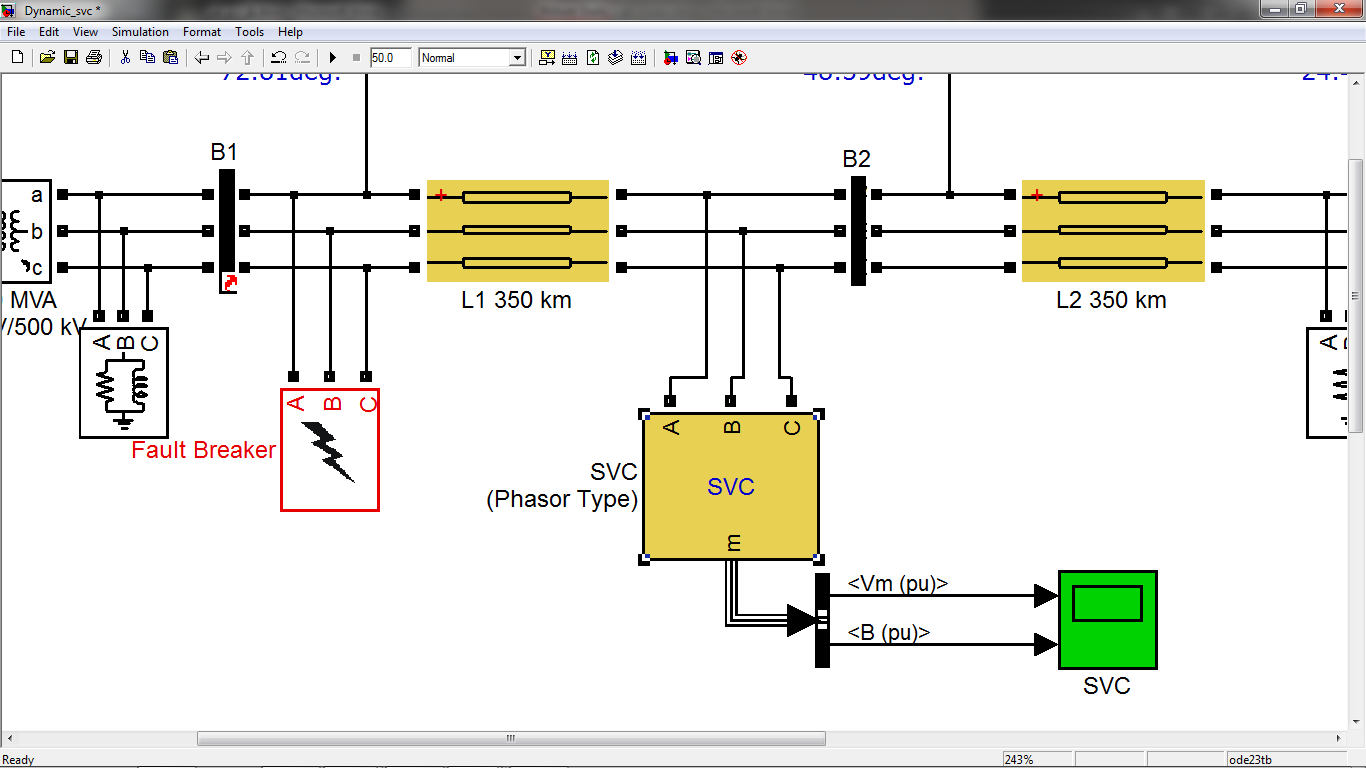


در خط انتقال و در نزدیکی باس B1 یک بلوک خطا ایجاد شده است که :

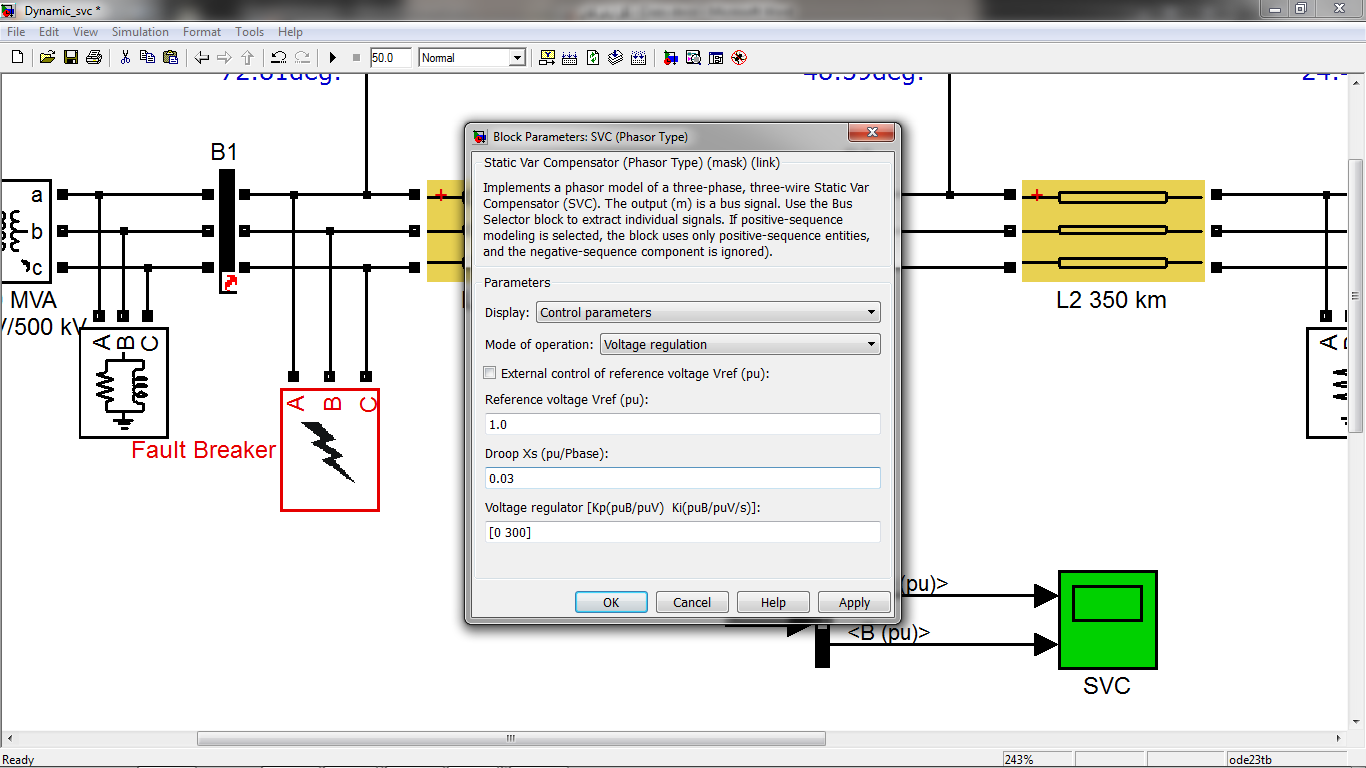
در زمان 5 تا 5.1 ثانیه یک خطای تک فاز در فاز a به وجود می آورد .



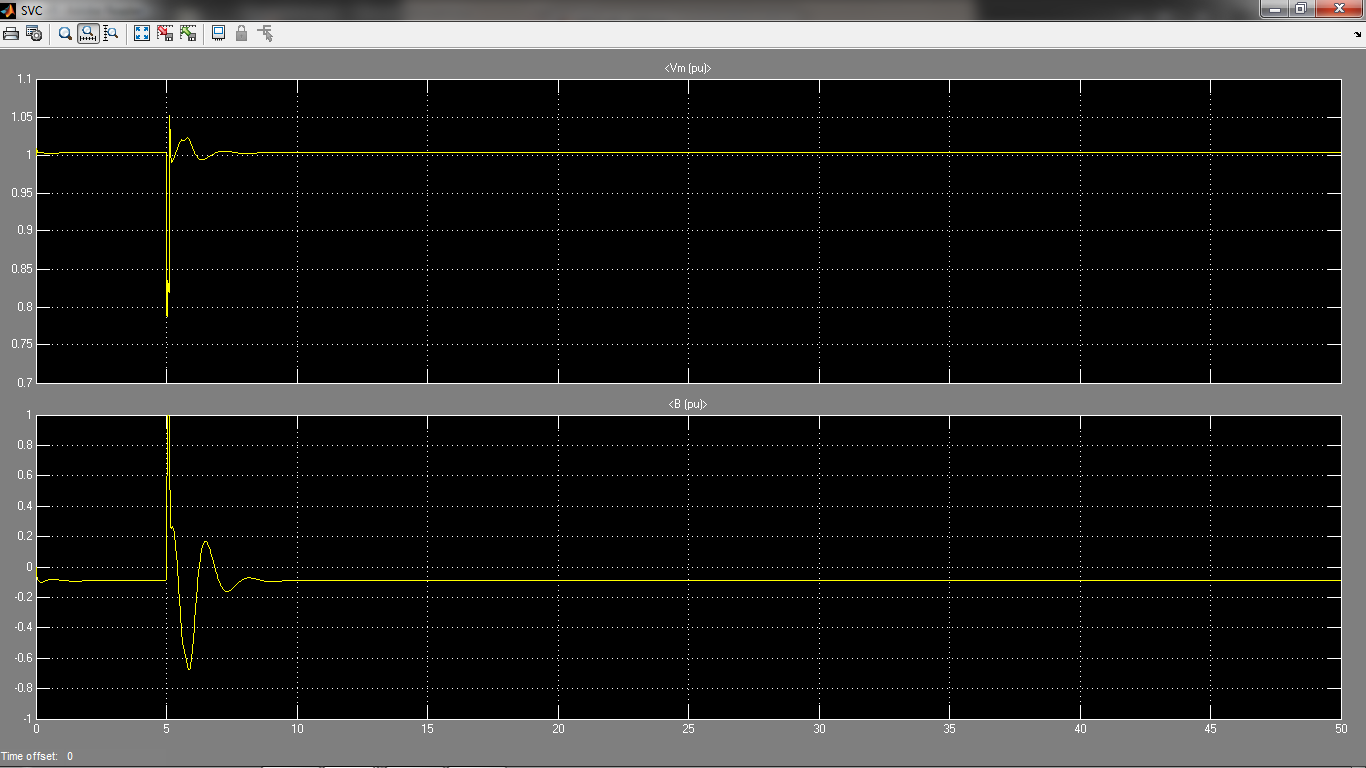
محل قرار گیری SVC در نزدیکی باس B2 می باشد .



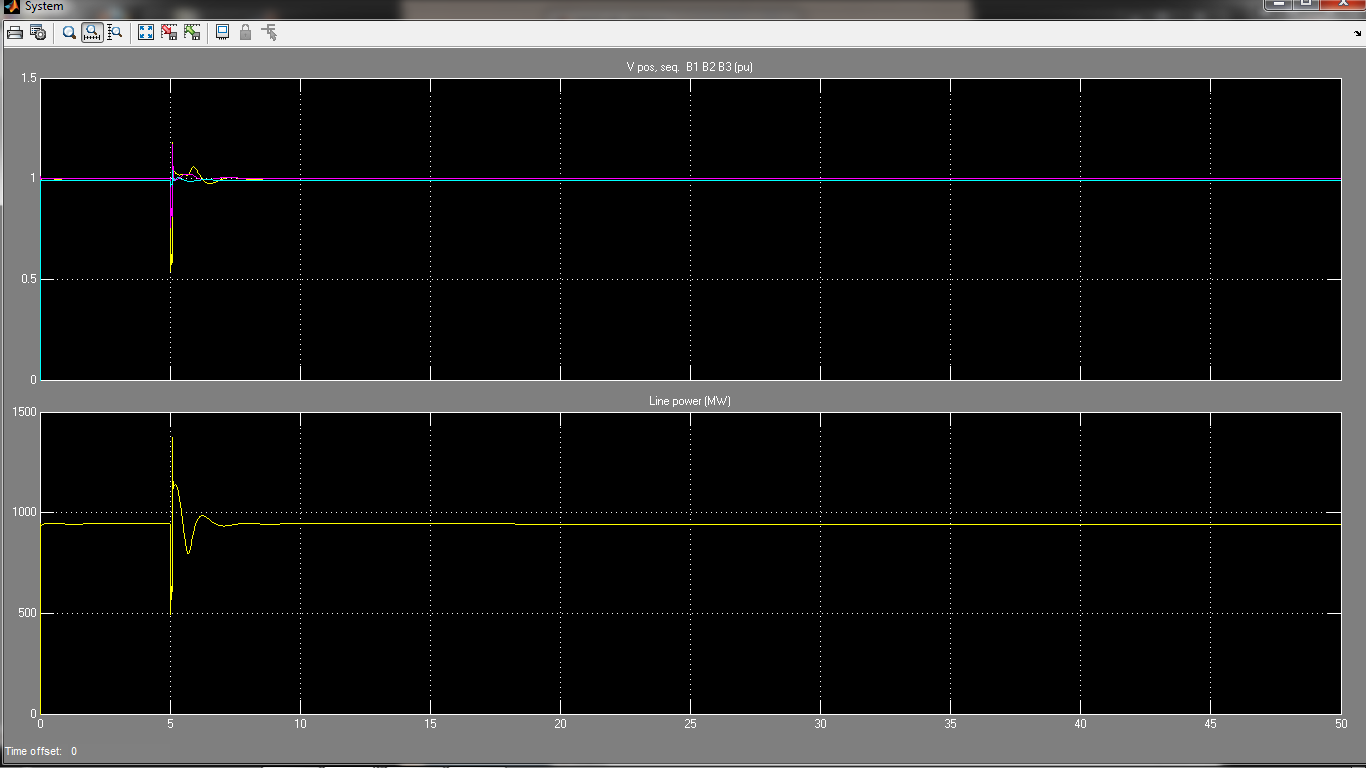
این SVC در مود کاری تنظیم ولتاژ قرار دارد .



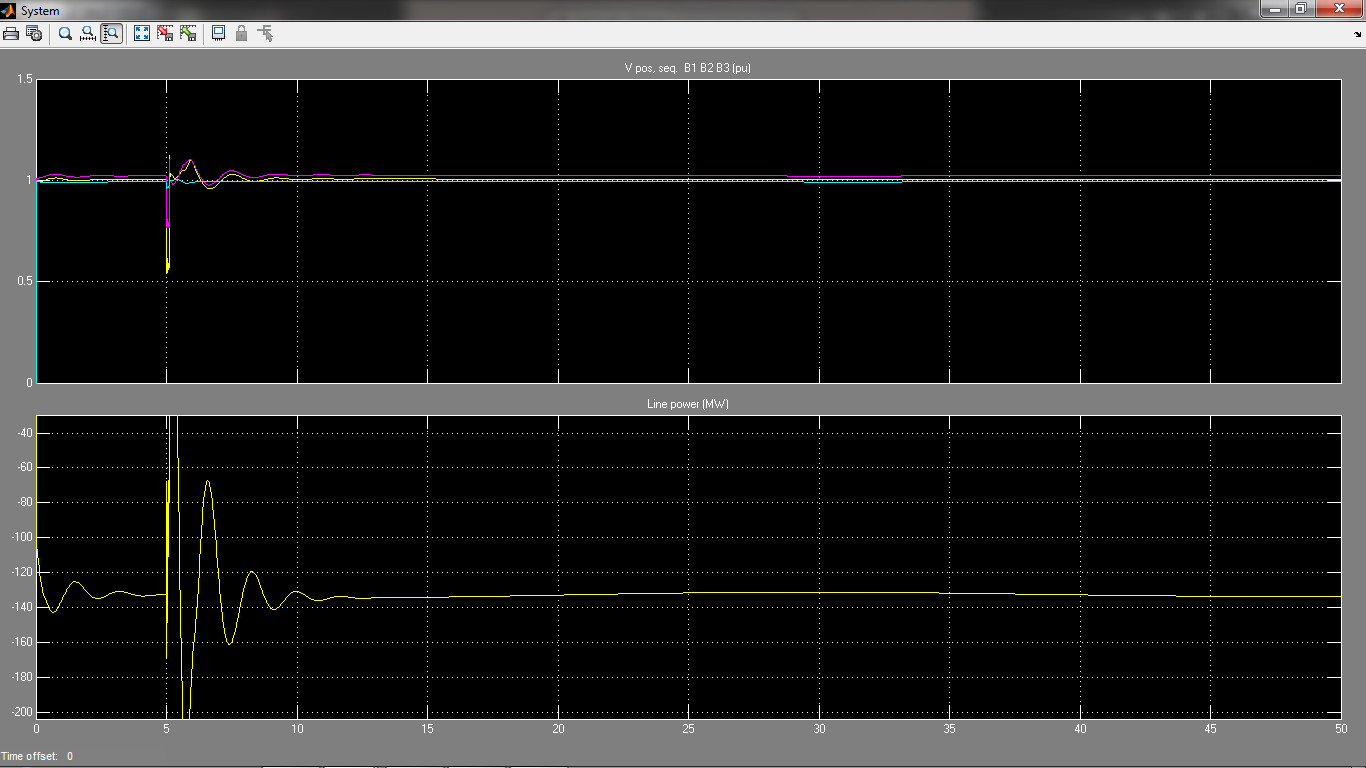
خروجی های SVC در زیر نمایش داده شده است :



منحنی شبیه سازی V (پریونیت)، P (MW):



منحنی شبیه سازی V (پریونیت)، Q (مگاوار):



منحنی شبیه سازی حاصل از تفاوت بین زاویه ، توان اکتیو خط، توان راکتیو:



1. . Thyristor Controlled Reactor [↑](#footnote-ref-1)
2. . Thyristor Controlled Capacitor [↑](#footnote-ref-2)
3. . Thyristor Switched Reactor [↑](#footnote-ref-3)
4. . Mechanically Switched Capacitor [↑](#footnote-ref-4)