

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

# روشهای کنترل ولتاژ ژنراتورهای سنکرون نیروگاهی



برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

( شماره پروژه = ۳۷۱ )

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده:

با تکامل تدریجی شبکه و شرایط عملکرد، یک مدیریت بهتر بر شکل ولتاژ و توان راکتیو ضروری می باشد تا بتوان امنیت سیستم انتقال تون الکتریکی و استفاده از منابع راکتیو را بهینه کرد. با این حال، جدای از رگولاتورهای ولتاژی که به طور عمومی نصب شده اند، امکانات الکتریکی اندکی در سرتاسر سیستم های کنترل ولتاژ در یک شبکه بزرگ نصب و تکمیل شده اند تا عملکردهای دستگاه های محلی (ژنراتورها، دستگاههای کمپنزا سیون **OLTC**) اتوماتیک و کنترل مدار بسته اجرا شده اند مورد رضایت قرار دارند همه آنها در بر گیرنده یک پیشرفت مهم در کنترل ولتاژ و هم در شرایط نرمال و هم در شرایط اضطراری می باشند.  WikiPower.ir

این نوشته یک برنامه کنترلی را ارائه می کند که برای مدیریت ولتاژ و توان راکتیو در یک شبکه وسیع طراحی شده است بعلاوه این برنامه کنترلی جدید می تواند بتدریج و در حالی که عملکرد خوب خود را حفظ می کند تکمیل و گسترش یابد مزایای اصلی این روش کنترل در اینجا تشریح میشوند در نایحه جنوب شرقی **EDF** تجزیه گردیده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۵ ..... مفاهیم اساسی مربوط به پایداری ولتاژ.....

۶ ..... مشخصه های ژنراتور .....

۷ ..... مشخصه های بار.....

۲۴ ..... فروپاشی ولتاژ:.....

به سمت توسعه یک روش سیستماتیک برای پایداری ولتاژ سیستم های قدرت بزرگ

۳۱ ..... خلاصه :.....

۳۷ ..... پایه گذاری حالت منبا :.....

۴۷ ..... ارزیابی پایداری ولتاژ یک سیستم مقیاس بزرگ عملی .....

۵۴ ..... نتیجه گیری .....

یک روش کنترل ولتاژ اصلاح شده برای سیستمهای قدرت بسیار بزرگ

۵۶ ..... خلاصه .....

۵۷ ..... نیاز و اهمیت کنترل ولتاژ.....

۵۹ ..... ترازهای مختلف کنترل ولتاژ.....

..... ترازهای ثانویه و ثالثیه :

۶۱ ..... کنترل ولتاژ ثانویه هماهنگ شده ( *CSVC* ).....

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ویژگیهای اجرایی CSVCSVC ..... ۶۵

پیش روی CSVCSVC ..... ۷۲

نتیجه گیری ..... ۷۸

یک کنترل کننده غیر حساس برای تنظیم ولتاژ سیستم های قدرت

خلاصه : ..... ۸۰

مطالعه مدل ..... ۸۵

روش عدم حساسیت ..... ۸۹

نتایج : ..... ۹۱

خلاصه : ..... ۹۵

بیان مسئله ..... ۹۷

صورت محاسباتی مسئله ..... ۹۸

فرآیندهای محاسباتی ..... ۱۰۲

مثال عددی و نتایج آن ..... ۱۰۳

نتیجه گیری ..... ۱۰۸

ضمیمه : .....

مراجع .....

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## مقدمه :

### پایداری ولتاژ:

مسائل کنترل و پایداری ولتاژ مسائل جدیدی در صنعت برق نیستند لیکن امروزه در بسیاری از سیستمها مورد توجه خاصی قرار گرفته اند. زمانی این موضوع فقط به طور عمده با سیستمهای ضعیف و خطوط طولانی مرتبط بود اما اکنون در نتیجه بارگذاری شدیدتر در شبکه های بسیار توسعه یافته نیز مورد توجه است در سالهای اخیر ناپایداری ولتاژ موجب بروز چند فروپاشی عظیم در شبکه های مختلف شده است. چند نمونه از این موارد در زیر آورده شده است.

اغتشاشهای مجموعه تسهیلات اشتراکی نیویورک در بیست و دوم سپتامبر ۱۹۷۰ میلادی

اغتشاش سیستم فلوریدا در بیست و هشتم دسامبر ۱۹۸۲ میلادی

اغتشاشهای سیستم فرانسه در نوزدهم دسامبر ۱۹۸۷ و دوازدهم ژانویه ۱۹۸۷ میلادی

اغتشاش سیستم شمال بلژیک در چهارم اگوست ۱۹۸۲ میلادی

اغتشاش سیستم سوئد در بیست و هفتم دسامبر ۱۹۸۳ میلادی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اغتشاش سیستم ژاپن در بیست و سوم ژوئیه ۱۹۸۷ میلادی

در نتیجه امروزه عبارت ناپایداری ولتاژ و فروپاشی ولتاژ در منابع و بحثهای برنامه ریزی و

بهره برداری بیشتر از گذشته مشاهده می شوند

اگر چه ممکن است ولتاژهای پایین ناشی از فرآیند عدم همگامی زوایای روتور باشند نوع

فروپاشی ولتاژ مربوط به ناپایداری ولتاژ می تواند در جایی رخ دهد که پایداری زاویه ای

مطرح نیست زمانی که زوایای روتور بین دو گروه از ماشینها به ۱۸۰ نزدیک یا از آن بیشتر

می شود خارج شدن آرام آرام ماشینها از همگامی منجر به ولتاژهای بسیار پایین در نقاط

میانی شبکه می شود اما در چنین حالاتی ولتاژ پایین به جای علت خارج شدن روتورها از

همگامی نتیجه آن است. پایداری ولتاژی سیستم قدرت در حفظ ولتاژهای قابل قبول در

کلید شینه های سیستم تحت و وضعیت عادی و بعد از وارد شدن اغتشاش مربوط می باشد

سیستم هنگامی وار حالت ناپایداری ولتاژ می شود که بروز اغتشاش، افزایش در بار مورد

نیاز، یا تغییر در موقعیت سیستم موجب کاهش فزاینده غیر قابل کنترل ولتاژ گردد، عامل

اصلی ناپایداری، ناتوانی سیستم قدرت در مواجهه با تقاضا برای توان راکتیو می باشد.

### مفاهیم اساسی مربوط به پایداری ولتاژ

مسائل پایداری ولتاژ معمولاً در سیستمهای تحت بارگذاری شدید رخ می دهد گرچه

ممکن است اغتشاش منجر به فروپاشی ولتاژ دلایل گوناگونی داشته باشد لیکن مسئله

اساسی ضعف ذاتی سیستم قدرت است علاوه بر استحکام شبکه انتقال و سطوح انتقال توان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

عوامل اصلی فروپاشی ولتاژ عبارتند از محدودیتهای کنترل توان راکتیو یا ولتاژ ژنراتور ، مشخصه های بار ، مشخصه های و سائل جبران سازی اکتیو و عمل و سائل کنترل ولتاژ از قبیل ترانسفورمرهای دارای تغییر دهنده تپ زیر بار **ULTC** مشخصه های مورد نظر روابط بین توان انتقال داده شده **P<sub>R</sub>** ولتاژ طرف گیرنده **V<sub>R</sub>** و تزریق توان راکتیو است در سیستمهای پیچیده با تعداد زیادی از منابع ولتاژ و شینه های بار می توان به کمک تحلیل پخش بار مشخصه های مشابهی را تعیین کرد . در اینجا به اختصار مشخصه های سیستم شعاعی ساده در نظر گرفته شده را مرور می کنیم نمایش نمادین سیستم برای مراجعه آورده شده است جریان **I** ولتاژ طرف گیرنده **V<sub>R</sub>** و توان **P<sub>e</sub>** با معادلات زیر داده می شوند.

که در آن داریم :

$$F = 1 + \left( \frac{Z_{LD}}{Z_{LN}} \right)^2 + 2 \left( \frac{Z_{LD}}{Z_{LN}} \right) \cos(\theta - \phi)$$

نمودارهای **P<sub>R</sub>, V<sub>R</sub>, I** بصورت تابعی از تقاضای بار (**Z<sub>LN</sub>, Z<sub>LD</sub>**) برای حالت با  $\tan \theta = 10$  و

$\cos \phi = 0.95$  در شکل نشان داده شده است برای آنکه نتایج به هر مقدار از **Z<sub>LN</sub>** قابل اعمال

باشد مقادیر به طور مناسبی نرمالیزه شده اند .

با افزایش تقاضای بار ( کاهش **P<sub>R</sub>(Z<sub>LD</sub>)** نخست به سرعت و سپس قبل از رسیدن به مقدار

حداکثر به کندی افزایش یافته ، سرانجام کاهش پیدا می کند . بنابراین حداکثر مقدار توان



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

راکتیوی وجود دارد که میتواند به وسیله امپدانس از یک منبع ولتاژ ثابت انتقال پیدا کند توان انتقال داده شده هنگامی حداکثر است که اندازه افت ولتاژ در خط برابر با  $V_R$  باشد. به عبارت دیگر هنگامی که  $Z_{LN}/Z_{LD}=1$  باشد شرایط متناظر با توان حداکثر حدود عملکرد رضایتبخش را نشان می دهند مقادیر  $I, V_R$  متناظر با حداکثر توان، مقادیر بحرانی نامیده می شوند.

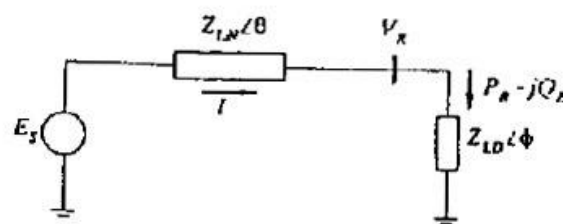
برای مقادیر مشخصی از توان عرضه شده  $(P_R < P_{RMAX})$  ممکن است دو نقطه کار متناظر با دو مقدار مختلف  $Z_{LD}$  پیدا شود. و این مطلب برای  $P_{R=0.8}$  در شکل نشان داده شده است. نقطه سمت چپ متناظر با عملکرد عادی است در نقطه کار سمت راست، بسیار بزرگتر و  $V_R$  بسیار کوچکتر از نقطه سمت چپ است.

برای تقاضای باری بیش از توان حداکثر، کنترل توان با تغییر بار ناپایدار خواهد بود، به عبارت دیگر، افزایشی در ادمیتانس بار، توان را کاهش خواهد داد در این ناحیه ولتاژ بار ممکن است به طور فزاینده کاهش پیدا کند یا نکند، این مطلب به مشخصه ولتاژ - بار بستگی خواهد داشت. با یک مشخصه بار ادمیتانس ثابت، موقعیت سیستم در سطح ولتاژی پایین تر از سطح عادی، پایدار می شود. از طرف دیگر؛ اگر بار با ترانسفورمری با  $ULTC$  تأمین شود، عمل تغییر دهنده تپ سعی در افزایش ولتاژ بار خواهد داشت که بر اثر آن  $Z_{LD}$  موثر کاهش خواهد یافت. این رخداد  $V_R$  را باز هم کمتر می کند تا به کاهش فزاینده ای از ولتاژ منجر گردد این پدیده ناپایداری ولتاژ است.

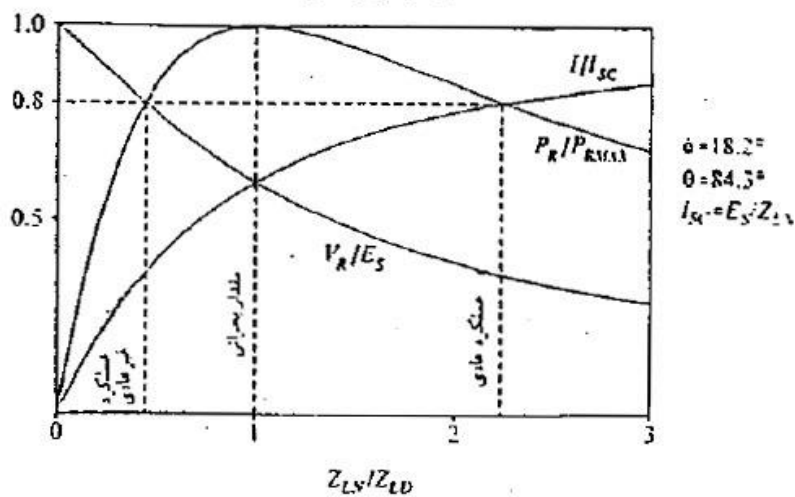
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

از شکل مشاهده می شود که ممکن است حداکثر مقدار  $P_R$  با افزایش منبع ولتاژ  $E_S$  و یا کاهش  $\phi$  افزایش یابد.

روش مرسوم برای نمایش این پدیده رسم رابطه بین  $P_R$ ,  $V_R$  برای مقادیر مختلف ضریب توان بار با  $E_S$  ثابت است در شکل مکان هندسی نقاط کار بحرانی با خطوط مقطع نشان داده شده است فقط نقاط کار بالای نقاط بحرانی، شرایط کار رضایتبخش را نشان میدهند.

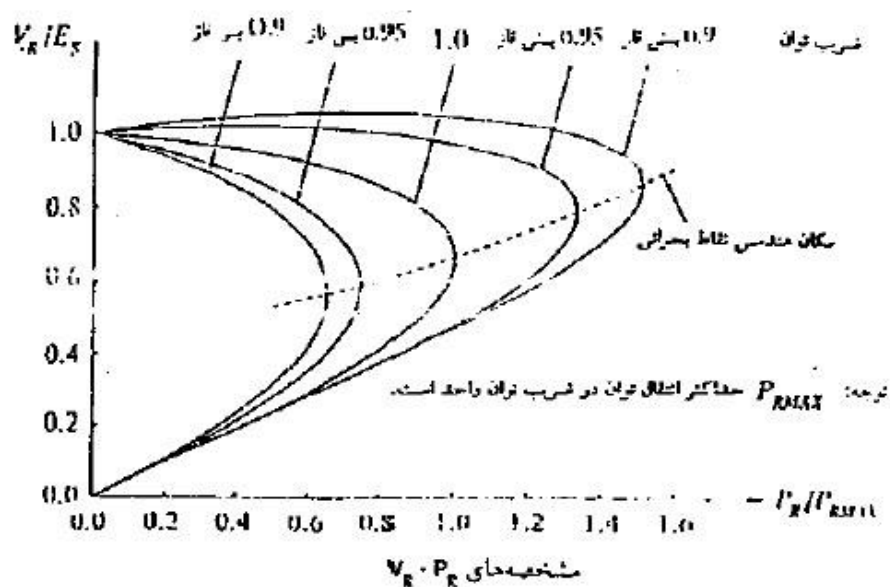


(تقف) نمودار تعدادی



(ب) ولتاژ دوپانسی، جریان و توان به صورت تریاس از تقاضای بار مشخصه های یک سیستم شعاعی ساده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



سیستمهای عملی قدرت که شامل منابع ولتاژ و شینهای بار زیادی هستند نیز مشخصه های مشابهی را بین انتقال توان حقیقی و ولتاژهای شین بار، از خود نشان می دهند این موضوع را برای سیستم نشان داده شده در شکل، شامل ۳۹ شین با نه ژنراتور و یک کندانسور سنکرون، نشان خواهیم دارد. شکل منحنی  $V-P$  را برای این سیستم نشان می دهد.

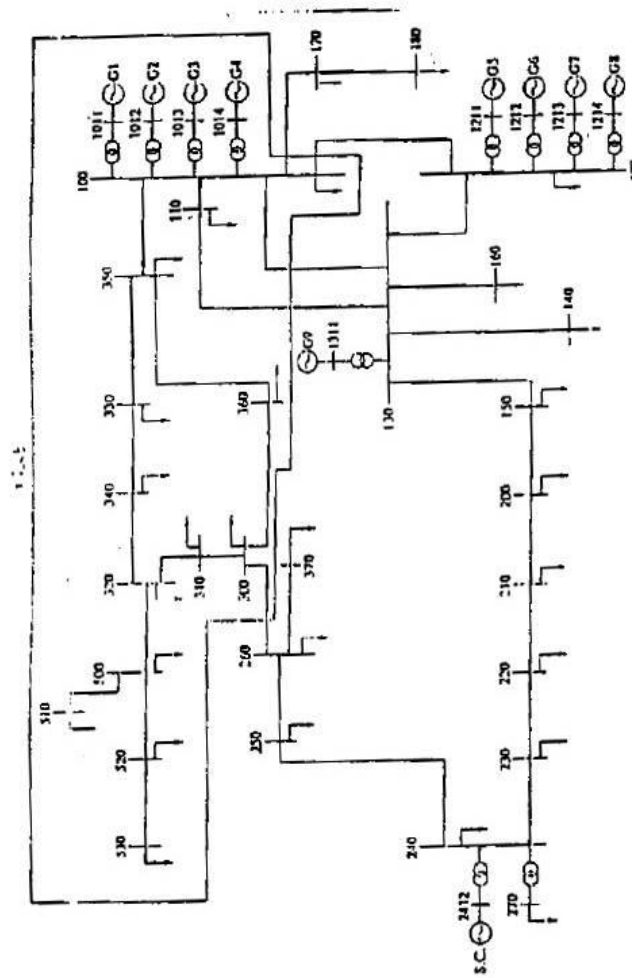
این منحنی، تغییر ولتاژ را در شین ۵۳۰ ام بر حسب تابعی از مجموع بار توان حقیقی در ناحیه هاشور زده نمایش می دهد. این شین یک شین بحرانی در ناحیه بار است که در معرض ناپایداری ولتاژ قرار دارد. این منحنی با بکارگیری مجموعه ای از پاسخهای پخش

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بار برای سطوح بار مختلف رسم شده است. بارهای ناحیه ۱ بطور یکنواخت درجه بندی شده اند در حالی که ضریب توان ثابت نگه داشته شده است خروجیهای توان حقیقی ژنراتورها نیز نسبت به اندازه ژنراتور، افزایش داه شده اند. در زانوی منحنی  $V-P$  با افزایشی در تقاضای بار (یا بار ولتاژ نامی) ولتاژ به سرعت افت می کند و پاسخ پخش بار نمی تواند به مقداری فراتر از این حد همگرا شود، که نشان دهنده ناپایداری است کار در حد پایداری و یا نزدیک، ؟؟؟ غیر عملی است و موقعیت کاری رضایتبخش با در نظر گرفتن حاشیه توان کافی تضمین می شود

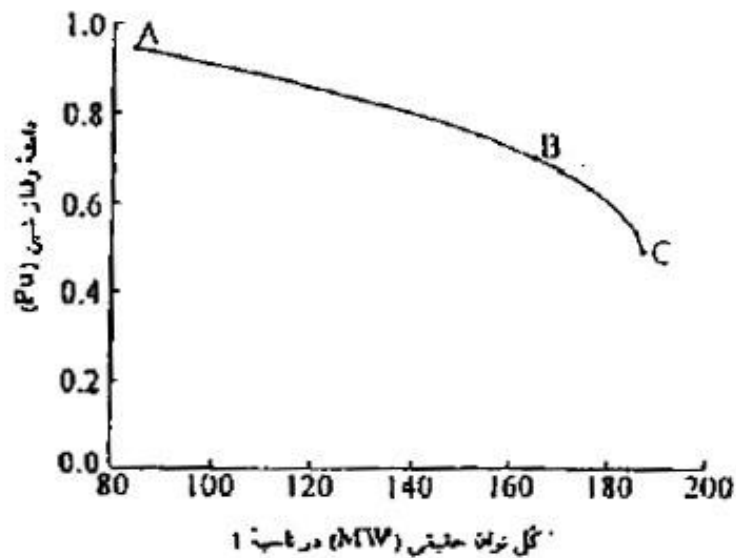
مشاهده می شود که سیستمهای پیچیده، مشخصه های  $V-P$ ، مشابه با مشخصه های سیستم شعاعی ساده شکل دارند. چنین مشخصه هایی نشان دهنده خاصیت اساسی شبکه های باعناصر عمدتاً اندوکتیو است. تاکنون مشخصه های  $V-P$  را با ضریب توان بار مثبت در نظر گرفته ایم. در واقع پایداری ولتاژ به چگونگی تأثیر تغییرات  $P, Q$  در ناحیه بار بر ولتاژ شین های بار، بستگی دارد، اغلب یک مشخصه سودمندتر برای برخی جنبه های تحلیل پایداری ولتاژ رابطه  $Q-V$  است، که حساسیت و تغییر ولتاژهای شین را نسبت به تزریق یا جذب توان راکتیو نشان می دهد، این مشخصه ها آسانتر از مشخصه  $V-P$  مربوط به سیستمهای بار ساختار غیر شعاعی به دست می آیند و برای بررسی نیازهای جبرانسازی توان راکتیو مناسبتر هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



WIKIPOWER.IR

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



محاسبات در شیپ ۵۳۰، ۵۱۰۰، ۲۰۰، ۱۶۰ ام برای سه نقطه کار نشان داده شده

منحنیهای محاسبه شده، در شین های ۵۳۰، ۵۱۰۰، ۲۰۰، ۱۶۰ ام را برای سه نقطه کار نشان

داده شده با  $CBA$  بر منحنی  $V-P$  ی شکل قبل را نشان می دهد نقطه  $A$  حالت پایه، نقطه  $B$

موقعیتی نزدیک نقطه کار بحرانی و نقطه  $C$  موقعیتی در نقطه کار بحرانی را نمایش می دهد

هر کدام از این منحنیها به کمک محاسبات متوالی پخش بار با یک منبع توان راکتیو متغیر دو

شین انتخاب شده، رسم و مقادیری که برای حفظ ولتاژهای مختلف برنامه ریزی شده شین

لازم است، ضبط شده است. بخش پائینی منحنی  $Q-V$  که در آن مشتق  $dQ/dV$  مساوی

صفر است، حد پایداری ولتاژ را نشان میدهد از آن جا که تمامی وسایل کنترل توان

راکتیویه گونه ای طراحی شده اند که افزایش  $Q$  با افزایش  $V$  همراه باشد، لذا عملیات در

طرف راست منحنی  $V-Q$  پایدار و در طرف چپ آن ناپایدار است همچنین ممکن است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ولتاژ در طرف چپ آنقدر کم باشد که وسایل حفاظتی فعال شوند از این رو بخش پایی منحنی  $V-Q$  علاوه بر شناسایی حد پایداری، شرط حداقل توان راکتیو را برای بهره برداری پایدار به دست می دهد.

در این بخش مشخص های سیستمهای انتقال، که از عبور توان حقیقی و راکتیو از طریق عناصر بسیار اندوکتیو تحت تأثیر قرار می گیرند، بررسی شده است. از تحلیل ارائه شده در اینجا، بوضوح دیده مشاهده می شود که دلایل اصلی ناپایداری ولتاژ، به شرح ذیل است :

✱ بار روی خطوط انتقال، بسیار بالا است

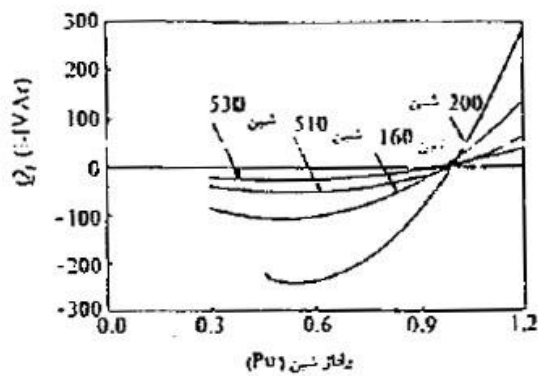
✱ منابع ولتاژ از مراکز بار، بسیار دور هستند

✱ ولتاژ منابع خیلی پایین است

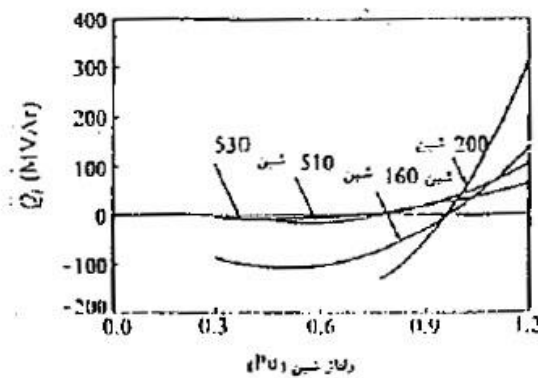
✱ جبران سازی راکتیو بار، ناکافی است

مشخصه های  $V-P$  و  $Q-V$  سیستم انتقال، برای نمایش پدیده اساسی مربوط به ناپایداری، معرفی شده است گرچه باید توجه داشت که روش ارائه شده برای بدست آوردن مشخصه ها با استفاده از برنامه های مرسوم پخش بار لزوماً مؤثرترین روش مطالعه مسئله پایداری ولتاژ نیست.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



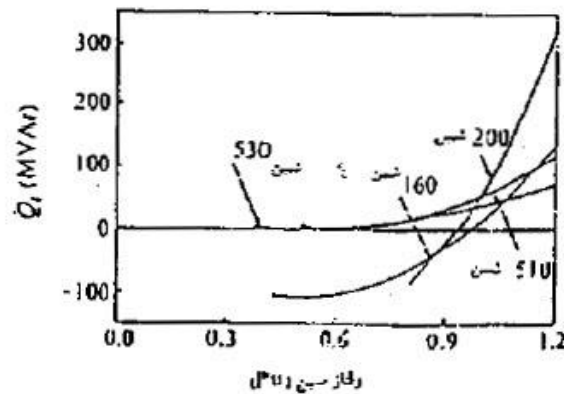
(الف) حالت پایه با بار  
84.5 MW, 53.3 MVar در 1.0



(ب) نقطه کار نزدیک به نقطه کار بحرانی با بار  
113.7 MVar, 164.4 MW در 1.0



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



(ج) نقطه کار در نقطه توربین و تأثیر  
 117.9 817.8 1000/111

## مشخصه های ژنراتور

**AVR** های ژنراتور، مهمترین و سایل کنترل ولتاژ در سیستم قدرت هستند. در حالت عادی ولتاژهای پایانه ژنراتورها، ثابت نگه داشته می شوند. در حالتی که ولتاژهای سیستم پایین باشند، ممکن است تقاضای توان راکتیو بر روی ژنراتورها از حدود جریان تحریک و یا جریان آرمیچر آنها فراتر رود البته هنگامی که خروجی توان راکتیو محدود شود؛ ولتاژ پایانه تا مدت زمانی در یک مقدار ثابت نگه داشته نمی شود.

جریان تحریک ژنراتور بطور خودکار به کمک یک محدود کننده فوق تحریک (**oxl**) محدود می شود با جریان تحریک ثابت نقطه ولتاژ ثابت، پشت سر راکتانس سنکرون

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

قرار دارد این موضوع بطور مؤثرتری راکتانس شبکه را افزایش می دهد و موقعیت فروپاشی ولتاژ را بدتر می کن .

در اکثر ژنراتورها ، حد جریان آرمیچر به طور دستی و بوسیله اپراتورها در پاسخ به اختلالات تنظیم شود اپراتور با کاهش خروجی توان حقیقی و یا راکتیو، جریان آرمیچر را به داخل حدود ایمن می آورد . اما در برخی ژنراتورها، از محدوده کننده های جریان آرمیچر بطور خودکار همراه با زمان تأخیر برای محدود کردن خروجی توان راکتیو ( از طریق **AVR**) استفاده می شود .

برای نمایش اثر از دست دادن توانائی کنترل ولتاژ ، سیستم نشان داده شده در شکل را در نظر بگیرید ، این سیستم از یک بار بزرگ که از یک شین بی نهایت بصورت شعاعی تغذیه می شود همراه با ژنراتوری میانی که قسمتی از بار ولتاژ تنظیم کننده ( **V1**) را تغذیه می کند تشکیل شده است .

در حالی که ولتاژ در شین میانی در مقدار خود نگه داشته شود ، مشخصه **V-P** به کمک منحنی در شکل نشان داده شده است هرگاه واحد تولید کننده به حد جریان تحریک خود برسد ، ولتاژ شین ( **V1**) در مقدار خود باقی نمی ماند . در این حالت مشخصه **V-P** با منحنی ۲ نشان داده می شود نقطه کار ( مانند نقطه **A**) هنگامی که بر منحنی ۱ قرار دارد به مراتب پایدارتر از هنگامی است که بر منحنی ۲ قرار می گیرد . این نتایج اهمیت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

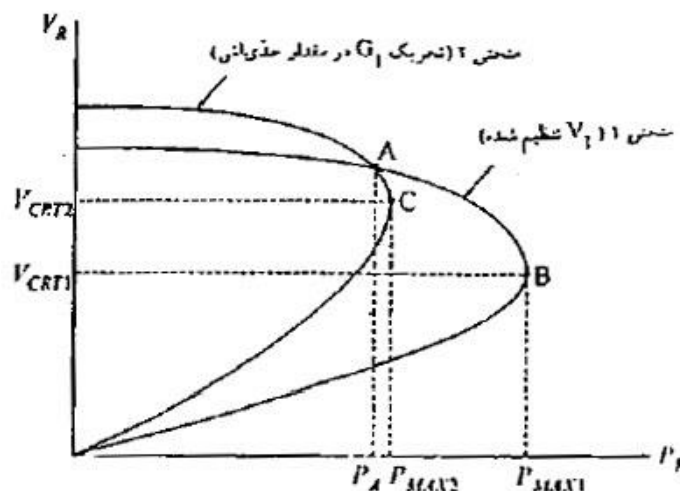
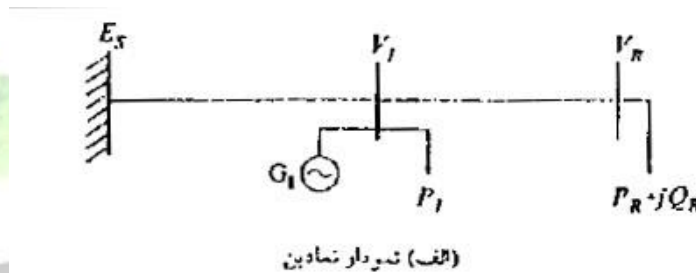
حفظ قابلیت کنترل ولتاژ ژنراتورها را نمایش می دهد که درجه پایداری ولتاژ را نمی

توان فقط بر اساس اندازه نزدیکی ولتاژ شین به سطح عادی ولتاژ، استنتاج نمود.

این موقعیت مشابه موقعیتی است که در دسامبر ۱۹۶۵ میلادی و نوامبر ۱۹۷۵ به

فروپاشی ولتاژ در ناحیه بریتانی سیستم فرانسه منجر گردید.

## مشخصه های بار



(ب) مشخصه های  $V_R \cdot P_R$

اثر از دست رفتن تنظیم کننده ولتاژ شین میانه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشخصه های بار و وسایل کنترل ولتاژ سیستم توزیع ، از عوامل موثر در پایداری ولتاژ سیستم هستند بارهائی که مؤلفه های حقیقی و راکتیو آنها با ولتاژ تغییر می کند با تغییر انتقال توان از طریق سیستم ، بر مشخصه های انتقال تأثیر می گذارند ولتاژهای سیستم در مقادیری که با مشخصه ترکیبی سیستم انتقال و بارها تعیین می شوند ، مستقر می گردند.

تنظیم کننده های ولتاژ سیستم توزیع و **ULTC** های ترانسفورمر پست سعی می کنند تا ولتاژ را در نقطه مصرف ثابت نگه دارند درون گسترده کنترل عادی بارها بطور موثری بصورت بارهای **MVA** ثابت ، ظاهر می شوند و ممکن است درحین فروپاشی ولتاژ اثر ناپایدار سازی داشته باشند. مشخصه های بار و وسایل کنترل ولتاژ سیستم توزیع ، از عوامل موثر در پایداری ولتاژ سیستم هستند بارهائی که مؤلفه های حقیقی و راکتیو آنها با ولتاژ تغییر می کند با تغییر انتقال توان از طریق سیستم ، بر مشخصه های انتقال تأثیر می گذارند ولتاژهای سیستم در مقادیری که با مشخصه ترکیبی سیستم انتقال و بارها تعیین می شوند ، مستقر می گردند.

تنظیم کننده های ولتاژ سیستم توزیع و **ULTC** های ترانسفورمر پست سعی می کنند تا ولتاژ را در نقطه مصرف ثابت نگه دارند درون گسترده کنترل عادی بارها بطور موثری

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بصورت بارهای **MVA** ثابت ، ظاهر می شوند و ممکن است درحین فروپاشی ولتاژ اثر ناپایدار سازی داشته باشند .

هنگامی که **ULTC** ها به انتهای بازه تپ خود می رسند ، ولتاژهای سیستم توزیع شروع به افت می کنند بارهای حقیقی و راکتیو خانگی با ولتاژ افت می کنند که به نوبه خود موجب کاهش بارگذاری خط و در نتیجه تلفات راکتیو خط می شود بارهای صنعتی ، با تعداد زیادی از موتورهای القائی ، به مقدار کمی تغییر می کنند لیکن خازنهای ناحیه صنعتی ، توان راکتیو کمتری را تأمین می کنند ، که خود باعث افزایش کلی در بار راکتیو می شود .

هنگامی که ولتاژهای توزیع برای چند دقیقه پایین می مانند ، ترموستاتها و سایر وسایل تنظیم بار ، به همراه کنترلهای دستی ، در جهت باز گردان بار به حالت نخست عمل مینمایند. برای نمونه؛ بارهای حرارتی ، برای آوردن حرارت به سطح درخواست شده بوسیله ترموستاتها ، بمدت طولانی تری کار می کنند . در نتیجه ؛ تعداد بیشتری از این وسایل در هر زمان عمل خواهند کرد . بسیاری از بارهای از این نوع در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه به مقدار ولتاژ کامل عادی خود بازگردانده خواهند شد. با بازگشت های بارهای کنترل شده حساس به ولتاژ، ولتاژهای انتقال و توزیع به میزان بیشتری افت خواهند کرد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در ولتاژهای زیر ۸۵٪ تا ۹۰٪ مقدار نامی ، برخی از موتورهای القائی ممکن است متوقف شوند و جریان راکتیو بالائی را جذب نمایند. این موضوع ، ولتاژها را باز هم پایین تر می آورد معمولاً موتورهای صنعتی و تجاری با کنتاکتورهای مغناطیسی کنترل می شوند. بنابراین ، افت ولتاژ موجب خارج شدن بسیاری از موتورها از مدار می شود از دست دادن بار به بازیافت ولتاژ منجر می شود. بعد از مدت زمانی موتورها به کار برگردانده می شوند اگر علت اصلی مسأله ولتاژ از بین نرفته باشد ، ممکن است که دوباره افت ولتاژ پدید آید .

از بحث بالا بوضوح مشاهده می شود برای تحلیل دقیق پایداری ولتاژ، باید در نمایش شبکه ، اثر عمل تغییر دهنده تپ ترانسفورمر توزیع و خازنهای موجود در سیستمهای توزیع را لحاظ کرد . بسته به وسعت مطالعه ، نمایش مشخصه های بار باید اثر ترموستاتها و سایر وسایل تنظیم بار را نیز در نظر بگیرد . در محیط های صنعتی ، ممکن است لازم باشد تا موتورها و خازنها به صورت صریح نمایش داده شوند . در اینجا به اختصار توضیح می دهیم که این وسائل چگونه بر پایداری ولتاژ تأثیر می گذارند .

## الف) خازنهای شنت

استفاده از خازنهای شنت ، از کم قیمت ترین ابزار پشتیبانی از ولتاژ و توان راکتیو است که می تواند با اصلاح ضریب توان نقطه گیرنده تا یک نقطه خاص ، برای بسط حدود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پایداری ولتاژ به طور موثر بکار گرفته شوند. همچنین توان از آنها برای آزاد سازی ذخیره راکتیو چرخان در ژنراتورها استفاده کرد و بدین ترتیب از فروپاشی ولتاژ در موقعیتهای زیادی جلوگیری کرد.

لیکن خازنهای شنت، محدودیتهای ذاتی نیز از دیدگاه پایداری و کنترل ولتاژ دارند. در سیستمهایی که به شدت با خازن شنت جبران شده اند، تنظیم ولتاژ ضعیف خواهد بود.

فراتر از یک سطح جبرانسازی، عملکرد پایدار با خازنهای شنت غیر قابل حصول است.

توان راکتیو تولید شده با خازن با مجذور ولتاژ است بنابراین هنگامی که ولتاژ سیستم پایین است تولید توان راکتیو افت کرده و مسأله را پیچیده تر می کند.

### (ب) جبران سازی تنظیم شده شنت

سیستمهای استاتیکی توان راکتیو (SVS) با اندازه محدود تا حداکثر خروجی خازنی خودش، تنظیم خواهد کرد. در گسترده تنظیم، هیچ مسأله کنترل ولتاژ یا ناپایداری وجود ندارد زمانی که SVS به حد برسد، به یک خازن ساده تبدیل می شود و باید احتمال اینکه این موضوع، منجر به ناپایداری ولتاژ شود، مورد توجه قرار گیرد.

بر خلاف SVS کندانسور سنکرون دارای یک منبع داخلی ولتاژ است که تا ولتاژهای

نسبتاً پایین به تغذیه توان راکتیو ادامه می دهد و به عملکرد پایدارتر ولتاژ کمک می کند

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## ج) خازنهای سری

خازنهای سری، خود تنظیم هستند و توان راکتیو تغذیه شده بوسیله خازنهای سری مستقل از ولتاژهای شین و متناسب با مجذور جریان خط است که اثر مطلوبی بر پایداری ولتاژ دارد.

خازنهای سری بطور ایده آل برای کوتاه سازی موثر خطوط طولانی مناسبند. بر خلاف خازنهای شنت، خازنهای سری، امپدانس مشخصه ( $ZC$ ) و طول الکتریکی  $\theta$  خط را باهم کاهش می دهند در نتیجه، هر دو وظیفه تنظیم و پایداری ولتاژ به میزان چشمگیری بهبود می یابد.

## فروپاشی ولتاژ:

فروپاشی ولتاژ فرآیندی است که در آن دنباله حوادث همراه ناپایداری ولتاژ در قسمت اعظمی از سیستم قدرت، به یک نمایه غیر قابل قبول ولتاژ پایین منجر می شود. فروپاشی ولتاژ را می توان به چند روش مختلف توضیح داد. در اینجا، ابتدا طرحی از فروپاشی ولتاژ را توصیف خواهیم کرد سپس پدیده را بطور مشخص بر اساس وقایع واقعی فروپاشی تعیین می کنیم.

## طرح نوعی از فروپاشی ولتاژ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هر گاه سیستم قدرت به دنبال پیشامدی در سیستم ، تحت افزایش ناگهانی تقاضای توان راکتیو قرار گیرد ، تقاضای اضافی به کمک ذخیره های توان راکتیو ژنراتورها و جبران سازها برآورد می شود . معمولاً ذخیره کافی وجود دارد در نتیجه سیستم در یک سطح ولتاژ پایدار استقرار می یابد . لیکن ، ممکن است به علت ترکیبی از رویدادها و وضعیت سیستم ، تقاضای توان راکتیو اضافی به فروپاشی ولتاژ منجر شود که خود باعث از کار افتادگی عمده قسمتی از سیستم یا تمامی آن خواهد شد.

یک طرح نوعی فروپاشی ولتاژ به شرح زیر است :

سیستم قدرت در شرایط کار عادی قرار دارد و واحدهای تولید کننده بزرگ ، نزدیک مراکز بار کار نمی کنند. در نتیجه ؛ برخی از خطوط **EHV** بشدت تحت بارگذاری قرار گرفته اند و منابع توان راکتیو در حداقل قرار دارند.

رویداد آغاز گر فروپاشی ولتاژ، از دست دادن یک خط ، تحت بار شدید است که باعث بارگذاری اضافی بر خطوط مجاور باقیمانده می شود این موضوع ، تلفات توان راکتیو را در خطوط افزایش می دهد ( **Q** جذب شده توسط یک خط برای بارهای بزرگتر از بارگذاری امپدانس ضربه ، بسرعت افزایش می یابد ) که به واسطه آن تقاضای توان راکتیو سنگینی به سیستم تحمیل می شود بلافاصله پس از دست دادن خط **EHV**، به علت تقاضای راکتیو اضافی کاهش چشمگیری در ولتاژ مراکز بار مجاور ، بوجود خواهد آمد که باعث کاهش بار شده و کاهش حاصل در انتقال توان از طریق خطوط **EHV**، اثر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پایدار سازی خواهد داشت. لیکن **AVR** های ژنراتور با افزایش تحریک، به سرعت ولتاژهای پایانه را ترمیم می کند. عبور توان را کتیو اضافی حاصل از طریق اندوکتانسهای مربوط به ترانسفورمرهای ژنراتور و خطوط، موجب افت ولتاژ افزایش یافته در طول هر کدام از عناصر می گردد.

در این مرحله، ژنراتورها به احتمال زیاد در محدوده قابلیت های خروجی **P-Q**، به عبارت دیگر در داخل حدود گرمائی آرمیچر و جریان تحریک قرار دارند و گاورنرهای سرعت با کاهش خروجی **MW**، فرکانس را تنظیم می کنند.

کاهش ولتاژ سطح **EHV** در مراکز بار، به داخل سیستم توزیع منعکس می شود. **ULTC** های ترانسفورمرهای پست، در زمانی بین دو تا چهار دقیقه ولتاژهای توزیع و بارها را به سطوح قبل از خطا باز می گردانند. با هر عمل تغییر تپ، نمودار حاصل در بار بر خطوط **EHV**، تلفات **R12, X12** خطوط را افزایش می دهد که به نوبه خود موجب افت بزرگتری در سطوح **EHV** می شود اگر خط **EHV** به مقدار زیادی بالاتر از **SIL** زیر بار قرار گیرد، هر واحد افزایش **MVA** در توان خط باعث چندین واحد **MVAR** در تلفات خط می گردد.

در نتیجه، با هر عمل تغییر دهنده تپ، خروجی راکتیو ژنراتورها در سراسر سیستم افزایش خواهد یافت. بتدریج، ژنراتورها یک به یک به حدود توانائی توان راکتیو خود می رسند (این حدود توسط حداکثر جریان تحریک پیوسته مجاز تحمیل می شود) هنگامی که اولین ژنراتور به حد جریان تحریک خودش می رسد، ولتاژ پایانه اش افت خواهد کرد. که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

خود ممکن است باعث محدود کردن بیشتر خروجی راکتیو گردد تا جریان آرمیچر را در داخل حدود قابل قبول نگه دارد. و بدین ترتیب سهم آن ژنراتور در بارگذاری توان راکتیو به سایر ژنراتورها انتقال خواهد یافت. که به اضافه بارگذاری ژنراتورهای بیشتری منجر می شود. اگر تعداد کمتری از ژنراتورها در حالت کنترل خودکار تحریک باشند، سیستم بسیار بیشتر در معرض ناپایداری ولتاژ قرار خواهد داشت و احتمالاً این مسئله با کم اثر تر شدن جبران سازی شنت در ولتاژهای پایین، پیچیده تر می شود.

سرانجام، فرآیند به فروپاشی یا شکست بهمنی ولتاژ منتهی می شود که ممکن است به از دست دادن حالت سنکرون واحدهای تولید و بروز خاموشی وسیع منجر گردد.

### مشخص سازی کلی بر اساس رویدادهای واقعی

چند رویداد فروپاشی ولتاژ در سطح جهان رخ داده است بر اساس این رویداد،

فروپاشی ولتاژ را می توان به صورت زیر مشخص کرد:

۱- ممکن است رویداد آغازگر به دلایل مختلفی رخ دهد: تغییرات تدریجی کوچک

سیستم از قبیل افزایش طبیعی در بار سیستم، یا اغتشاشهای ناگهانی بزرگ از

قبیل از دست دادن یک واحد تولیدی، با یک خط تحت بار شدید برخی اوقات

ممکن است بروز یک اغتشاش اولیه به ظاهر غیرمهم، به رویدادهای پی در پی

منجر شود که در نهایت موجب فروپاشی سیستم شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲- اصل مسأله ناتوانی سیستم در برآورد ساختن تقاضاهای راکتیو خود می باشد معمولاً ولی نه همیشه ، فروپاشیهای ولتاژ مستلزم وضعیتی با خطوط تحت بار شدید است هنگامی که انتقال توان راکتیو از ناحیه های مجاور مشکل است ، هر تغییری که مستلزم افزایش توان راکتیو باشد می تواند به فروپاشی ولتاژ منجر گردد.

۳- فروپاشی ولتاژ معمولاً بصورت یک میرایی کند ولتاژ ، ظاهر می شود که در نتیجه فرآیندی تجمعی از عملیات و تداخلهای بسیاری از وسائل ، کنترلها ، و سیستمهای حفاظتی است محدوده زمانی فروپاشی در چنین حالتی ممکن است در حدود چندین دقیقه باشد .

البته مدت زمان فروپاشی ولتاژ در برخی موارد ممکن است بسیار کوتاهتر و در حدود چند ثانیه باشد چنین مواردی معمولاً به وسیله مؤلفه های نامطلوب بار از قبیل موتورهای القائی یا کنورتورهای جریان مستقیم بوجود می آید . محدوده زمانی این رده از ناپایداری ولتاژ، همنند ناپایداری زاویه ای روتور است در بسیاری از موارد ، ممکن است فرق بین ناپایداری ولتاژ و زاویه ای واضح نباشد ، و جنبه هائی از هر دو پدیده وجود داشته باشد این صورت از ناپایداری ولتاژ را میت وان به کمک شبیه سازیهای مرسوم پایداری گذرا، تحلیل کرد ، مشروط بر آنکه مدلهای مناسبی برانمایشی و سایل ، بخصوص برای بارهای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موتور القائی و کنترلهای مختلف و حفاظتهای همراه با ژنراتورها و وسایل انتقال بکار گرفته شوند .

کتاب تیلور که در همین زمینه می باشد ، بر اساس ملاحظات بالا ، پایداری ولتاژ را به محدوده های زمانی گذرا و بلند مدت دسته بندی کرده است . ضمیمه کتاب ، رویدادهای شناخته شده ناپایداری ولتاژ را به کمک این محدوده های زمان دسته بندی می کند.

۴- فروپاشی بشدت تحت تأثیر وضعیت و مشخصه های سیستم قرارداد در زیر عوامل اصلی مؤثر بر ناپایداری و یا فروپاشی ولتاژ، آورده شده است .

- فاصله زیاد بین تولید باز

- عمل **ULTC** در وضعیت فشار ضعیف

- مشخصه های نامطلوب بار

- هماهنگی ضعیف بین سیستمهای مختلف کنترلی و حفاظتی

۵- مسأله فروپاشی ولتاژ ممکن است با بکارگیری بیش از حد جبران سازی خازن شنت ، تشدید شود لذا می توان با انتخاب عاقلانه مجموعه ای از خازنهای شنت ، سیستمهای استاتیکی توان راکتیو و احتمالاً کندانسورهای سنکرون ، جبران سازی راکتیو را دارای حداکثر تأثیر نمود .

## دسته بندی پایداری ولتاژ

تقسیم پایداری ولتاژ به دو دسته زیر سودمند است :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ و پایداری ولتاژ اغتشاش کوچک این دسته بندی ، پدیده را به دو قسمت تفکیک می کند ، قسمتی که باید با تحلیل دینامیک غیر خطی بررسی گردد و قسمتی که به کمک تحلیل حالت ماندگار بررسی می شود . این دسته بندی می تواند طراحی و کاربرد ابزار محاسباتی را ساده کند . و بعنوان ابزاری در نظر گرفته شود که اطلاعات مکمل را فراهم می کند .

پایداری اغتشاش بزرگ، توانائی سیستم را در کنترل ولتاژ ، دنبال بروز اغتشاشهای بزرگ ، از قبیل : خطاهای سیستم ، از دست دادن بار ، یا از دست دادن تولید ، در نظر دارد . تعیین این صورت از پایداری ، مستلزم بررسی عملکرد دینامیکی سیستم در دوره ای از زمان ، برای مطالعه تداخل بین وسائلی از قبیل **ULTC** ها و محدود کننده های جریان تحریک ژنراتور کافی باشد پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ را می توان به کمک شبیه سازیهای غیر خطی در حوزه زمان، که مدل سازی مناسبی را شامل می شوند مطالعه کرد . می توان پایداری ولتاژ اغتشاش بزرگ را به محدوده های زمانی گذرا و بلند مدت تقسیم کرد.

پایداری ولتاژ اغتشاش کوچک یا سیگنال کوچک ، نظر توانایی سیستم در کنترل ولتاژ به دنبال بروز اغتشاشهای کوچک از قبیل تغییرات تدریجی دربار است این صورت از پایداری را می توان بصورت مؤثر با روشهای حالت ماندگار ، که از خطی سازی معادلات دینامیکی سیستم در یک نقطه کار معلوم استفاده می کنند مطالعه نمود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

به دنبال بروز اغتشاش ، معمولاً ولتاژهای سیستم به سطح اولیه باز نمی گردند بنابراین لازم است ناحیه سطح ولتاژ قابل قبول تعریف شود و سپس گفته می شود سیستم دارای پایداری محدود در ناحیه تعیین شده سطح ولتاژ می باشد .

فصل دوم

## به سمت توسعه یک روش سیستماتیک برای پایداری ولتاژ سیستم های قدرت بزرگ

### خلاصه :

این نوشته در مورد توسعه یک روش سیستماتیک برای ارزیابی پایداری ولتاژ سیستم های قدرت بزرگ بحث می کند در ابتدا یک توضیح مختصر در مورد ابزار مختلف برای تجزیه و تحلیل پایداری و ولتاژ داده شده است و سپس یک فرآیند سیستماتیک که بعضی از مقالات کاربردی مهم را نشانی می دهد پیشنهاد شده است .

معرفی ابزار تجزیه و تحلیل مورد استفاده ، در برنامه های **VSTAB , ETMSP** انجام شده است و در آخر یک سیستم قدرت بزرگ نمونه جهت توضیح روش پیشنهادی مورد مطالعه قرار گرفته است .

### ۱- مقدمه :

عوامل زیادی (برای مثال مسائل اقتصادی ، تنظیمی ، و محیطی ) دستگاه ها و امکانات الکتریکی را تحت فشار قرار می دهند تا سیستم های الکتریکی را بگونه ای بهره برداری کنند که بیشترین استفاده از توانایی های انتقال صورت پذیرد در نتیجه پایداری ولتاژ برای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم های در حال توسعه و ازدیاد، عامل محدود کننده شده و جایگزین پایداری زاویه روتور که قبلاً مورد توجه بوده است این موضوع را می توان از بسیاری از سیستم هایی بزرگ قدرت که در سالهای اخیر در اثر ناپایداری ولتاژ در سراسر دنیا دچار ناپایداری شدند فهمید.

با افزایش ناپایداری ولتاژ در دنیا، توجه بیشتر صنایع به سرمایه گذاری در رفع این پدیده بوده است بعنوان یک نتیجه تعدادی روش برای مطالعه این مشکل ارائه شده است همانطوریکه تکنیک ها و ابزارها پیشرفته تر می شوند، دستگاههای الکتریکی نیز محاسبات و تجزیه و تحلیل پایداری ولتاژ را به عنوان یک قسمت از طراحی روتین و عملکرد خود در بر می گیرند اگرچه، پایداری ناخو است زاویه روتور که ضوابط و فرآیندهای مطالعاتی مربوط به پایداری ولتاژ سیستم را پذیرفته است. دیگر وجود ندارد.

بعضی دستگاهها هنوز از روش احتمالات کاهش ولتاژ بعنوان نمایش دهنده پایداری ولتاژ استفاده می کنند، در حالیکه بعضی دیگر ضوابط اجرای مبتنی بر منحنی های  $V-P$  یا منحنی های  $Q-V$  را استفاده می کنند واضح است که توسعه یک روش کاربردی که دستگاه های الکتریکی بتواند آنرا به نوان قسمتی از مطالعات روتین خود استفاده کنند، نیاز می باشد همچنین نتایج آنالیز پایداری ولتاژ با استفاده از پخش بار مبتنی بر تکنیک های استاتیک، بایستی با استفاده از شبیه سازی مفصل دامنه - زمان تأیید گردد.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

این نوشته کار انجام شده در مورد توسعه یک روش سیستماتیک برای آنالیز پایداری ولتاژ سیستم های بزرگ قدرت و مقایسه بین نتایج بدست آمده از آنالیز پایداری ولتاژ با استفاده از پخش بار مبتنی بر تکنیک های استاتیک و نتایج شبیه سازی دامنه زمان را تشریح می کند

بخش ۲ توضیح مختصری از ابزار استفاده شده در هدایت مطالعات فراهم می کند در بخش ۳ یک روش سیستماتیک برای ارزیابی پایداری ولتاژ ارائه شده است در بخش ۴ با استفاده از روش پیشنهادی پایداری ولتاژ یک سیستم بزرگ کاربردی نمونه مورد مطالعه قرار گرفته است. بخش ۵ نتیجه گیری مقاله می باشد.

## ۲- ابزار تجزیه و تحلیل

دو نوع کلی ابزار برای تجزیه و تحلیل پایداری ولتاژ وجود دارد: دینامیک و استاتیک، آنالیز دینامیکی برای حل معادلات جبری / دیفرانسیلی غیر خطی سیستم از شبیه سازی دامنه - زمان استفاده می کند آنالیز استاتیک مبتنی بر حل معاملات پخش بار قراردادی یا تغییر یافته می باشد.

آنالیز دینامیکی دقیقترین پاسخ واکنش های زمانی سیستم قدرت را فراهم می کند تعیین دقیق توالی زمانی حوادث مختلف به وجود آورنده ناپایداری ولتاژ سیستم برای آنالیز کالبد شکافی و هماهنگی حفاظت و کنترل ضروری می باش اگر چه شبیه سازی دامنه زمان با توجه به **CPU** زمان بر می باشند و برای آنالیز نتایج آن نیاز به مهندسی است همچنین آنالیز

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دینامیکی؛ بطور آماده اطلاعات مربوط به حساسیت و یا درجه ناپایداری (عدم حساسیت) را فراهم نمی کند این محدودیت ها به طور کلی آنالیز دینامیکی را برای آزمایش دامنه وسیعی از شرایط سیستم و یا برای تعیین محدودیت های پایداری غیرکاربردی می کند. آنالیز استاتیکی فقط در برگیرنده حل معادلات جبری می باشد و بنابراین از نظر محاسباتی مشکل تر از آنالیز دینامیکی می باشد آنالیز استاتیکی برای اکثریت مطالعاتی که در آنها محدوده های پایداری ولتاژ برای خیلی از حالت قبل از خطا و بعد از خطا بایستی معلوم باشد، ایده آل است

در این نوشته؛ هر دو ابزار دینامیک استفاده شده اند برنامه کامپیوتری آنالیز پایداری دینامیکی ولتاژ؛ برنامه پایداری حالت دائم / گذاری توسعه یافته **EPRI (ETMSP)** میباشد و برنامه آنالیز استاتیک برنامه پایداری ولتاژ **EPRI (VSTAB)** می باشد اگرچه ما هر دوی این برنامه ها را بطور انتخابی استفاده می کنیم بایستی تذکر داده شود که روش کلی ارائه شده در این نوشته بطور مساوی و با استفاده از ابزارهای آنالیز دینامیکی و استاتیکی دیگر که روشهای حل و مدل سازی مناسب و یکپارچه را فراهم می کنند کارآمد می باشد.

جزئیات مربوط به نحوه استفاده کاملتر از این دو برنامه بمنظور دریافت یک ارزیابی مفهومی از پایداری ولتاژ سیستم در دو بخش آینده بحث خواهد شد در ابتدا توضیح مختصری از این دو برنامه ارائه شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

**ETMSP** یک برنامه شبیه سازی دامنه زمان است که می تواند هم برای مطالعات پایداری گذاری زاویه روتور و هم برای مطالعات پایداری دینامیکی ولتاژ استفاده شود. با داشتن یک کتابخانه وسیع از مدل های مختلف وسایل که برای پایداری زاویه روتور مهم میباشند برنامه مذکور قادر خواهد بود که وسایلی را که برای پایداری ولتاژ مهم می باشند مانند تایپ پنچرهای زیر بار (**ULTC**) محدود کننده های تحریک زیاد ژنراتور **OXL** بار کنترل شده بوسیله وسایل حرارتی **TCL** و موتورهای القایی را مدل می کند این برنامه همچنین شامل مدل های تعریف شده جهت کاربر که برای مدل کردن سیستم های کنترل ویژه مفید می باشند است هر دو روش انتگراسیون صریح و مطلق برای حل مؤثر معادلات دیفرانسیل در طول واحدهای زمانی مختلف، بعد از وقوع اغتشاش استفاده می شود **VSTAB** یک ابزار آنالیز استاتیکی می باشد که چند تکنیک ویژه برای آنالیز پایداری ولتاژ را بکار می گیرد ویژگی اصلی برنامه عبارتند از:

۱) محاسبه سریع حاشیه های پایداری ولتاژ (**VS**) در حالت مبنا و در حالت های احتمالی دیگر حاشیه های **VS** مبتنی بر منحنی **V-P** و منحنی **Q-V** را می توان با مدل های ابزاری پیشرفته که شامل منحنی های توانائی ژنراتور بارهای وابسته به ولتاژ و جداول مختلف انتقال توان اکتیو می باشد محاسبه کرد. سرعت برنامه ناشی از الگوریتم ویژه حل برنامه که برای حل پخش بارهای از پیش معلوم استفاده شده است می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۲) آنالیزهای مدال مشخصه های پایداری ولتاژ در هر شرایط کارکرد سیستم بوسیله محاسبه یک مجموعه از کوچکترین مقادیر ویژه و بردارهای ویژه مربوطه به آن یک ساده شده ژاکوتین **JR** تعیین می شود هر مقدار ویژه بردار ویژه مربوط به آن یک حالت از پایداری ولتاژ را تعریف می کند مقدار ویژه تعیین می کند که آیا حالت پایداری ولتاژ است؟ باس بار انشعاب و مشارکت ژنراتور که بر اساس بردارهای ویژه **JR** محاسبه می شوند المانهای فیزیکی را که با هر حالتی مرتبط می باشند مشخص می کنند حالتی با یک مقدار ویژه کوچک یا منفی حالت بحرانی پایداری ولتاژ اطلاعات مهمی را در رابطه با اینکه اندازه گیری های مفید را بایستی برای پیشرفت پایداری سیستم انجام دهیم فراهم می کند

۳) پیوستگی پخش بار: این تکنیک تعیین کامل منحنی **V-P** را میسر می سازد.

۴) کوتاهترین فاصله تا ناپایداری: این تکنیک الگوی فشاری را که کوچکترین حاشیه پایداری را بوجود می آورد تعیین می کند در این نوشتار ما اولین ویژگی **VSTAB** را برای محاسبه منحنی **V-P** بر اساس حاشیه های **VS** سیستم و آنالیز مدال را تعیین بهترین محل جهت اعمال اندازه گیری های مفید استفاده می کنیم تعیین منحنی کامل **V-P** با استفاده از تکنیک پخش بار پیوسته و محاسبه کوتاهترین فاصله تا ناپایداری ولتاژ معمولاً در طراحی قراردادی و مطالعات عملکردی مورد نظر می باشند.

۳ - توسعه یک روش سیستماتیک برای ارزیابی پایداری ولتاژ یک مطالعه مفهومی پایداری ولتاژ در یک سیستم قدرت مفروض دارای شش پله زیر می باشد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

(۱) پایه گذاری حالت مبنا

(۲) انتخاب یک لیست از احتمالات معتبری که قرار است پایداری ولتاژ سیستم در آنها

تست شود

(۳) تعریف پارامتر کلیدی سیستم برای محاسبه حاشیه های **VS** سیستم

(۴) مشخصات ملاک و معیار پایداری ولتاژ سیستم

(۵) تعیین حاشیه های **VS** سیستم برای حالت مبنا و همه حالت های احتمالی معتبر

(۶) طراحی و معتبر سازی اندازه گیری های مفید برای حالت هایی که با ملاک و معیار

مطابق نیست .

### ۱-۳- پایه گذاری حالت مبنا :

پایه گذاری حالت مبنا برای ارزیابی پایداری ولتاژ منوط به تعیین مراحل زیر است

**(a)** تا چه درجه ای از جزئیات ( محدود مطالعه ) سیستم های داخلی و خارجی بایستی

نمایش داده شوند . و

**(b)** چگونگی مدل کردن همه و سایل و روش هایی که برای پایداری ولتاژ سیستم مهم می

باشند

بطور ایده آل کل سیستم بهم مرتبط در برگیرنده هم سیستم های داخلی و هم سیستم های

خارجی بایستی تا آنجا که ممکن است با جزئیات نمایش داده شود اگر چه در واقع بعضی

از اشکال ساده شده سیستم لازم می باشد تا سایل سیستم در حد قابل استفاده باشد بخاطر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

طبیعت مختلف بین پایداری ولتاژ و پایداری زاویه روتور روشهای ساده سازی مختلفی ممکن است لازم باشد تا برای این دو نوع مطالعه پایداری مدل‌های ساده شده سیستم مناسب هر کدام بدست آید بیشتر ارتباطی که بر اساس تکنیک های ساده سازی در حال حاضر موجود است برای اهداف مطالعاتی پایداری زاویه روتور توسعه داده شده بودند برای آنالیز پایداری ولتاژ یک تکنیک ساده سازی که متمرکز بر حفظ همان عرضه و تقاضای توان راکتیو در سیستم ساده نسبت به سیستم اصلی می باشد نیاز است

برای مطالعات پایداری زاویه روتور بویژه در حالت نوسان در محدوده دامنه یک قسمت بزرگی از سیستم بهم پیوسته بایستی با جزئیات نمایش داده شود برای مطالعات پایداری ولتاژ به علت طبیعت پدیده های محلی مرتبط نمایش سیستم خارجی ممکن است لازم نباشد که به وسعت آنچه که در حالت پایداری زاویه روتور بود نشان داده شود اگر چه نمایش دقیق تر شبکه توزیع سیستم داخلی برای تعیین دقیق محدودیت های پایداری ولتاژ مورد نظر می باشد.

با داشتن تمام روش ها و وسایلی که معمولاً در مطالعات پایداری زاویه روتور در نظر گرفته می شود *oxl* , *ultc* ژنراتورها *tcl* ها و موتورهای القایی بایستی برای ارزیابی دقیق پایداری ولتاژ سیستم به طور مناسبی مدل شوند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**ULTC**ها « مدل استاتیک **ULTC** بکار گرفته شده در **VSTAB** نوار مرده (**Deadband**) کنترل

ولتاژ باس بار و اندازه **tap** را در نظر می گیرد بعلاوه ، مدل دینامیک بکار رفته در **ETMSP**

زمان تأخیر حرکت هر **tap** را نیز بحاسب می آورد .

**OXL** ها : در **VSTAB** اثرات **OXL** ها با استفاده از منحنی های توانایی ژنراتور مدل شده اند

این کار موقعی معتبر است که فرض  $dx=xq=xo$  را داشته باشیم .

بااستفاده از مدل دینامیک **oxl** بکار رفته در **ETMSP** چنانچه ولتاژ میدان و در نتیجه جریان

میدان از محدوده آنی خود تجاوز کند مقدار آن با سرعت بسمت محدوده آنی خود سرازیر

می شود اگر جریان میدان از محدوده پیوسته تجاوز کند ولی زیر محدوده آنی باشد مقدارش

پس از یک تأخیر زمانی که به وسیله تراز جریان میدان واقعی و تنظیم **OXL** معلوم می شود

بسمت محدوده پیوسته سرازیر می شود .

**TCL** ها : بعضی از بارهای با انرژی ثابت وجود دارند که به وسیله ترموستات کنترل می

شوند **VSTAB** اثر جمله بند و پر تراکم **TCL**ها بعنوان بارهای ثابت **MW** مدل می شوند . در

**ETMSP** یک مدل درجه دوم برای شبیه سازی رفتار دینامیکی **TCL**ها بکار گرفته شده است

ثابت زمانی پاسخ یک **TCL** بر حسب دقیقه بیان شده است

**موتورهای القایی :**

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مشخصه های موتورهای القایی در زمان کاهش ولتاژ ترمینال بایتسی بطور مناسبی مدل شوند برای مطالعات پایداری دینامیک ولتاژ با استفاده از **ETMSP** یک مدل ساده شده درجه اول که در آن لغزش (**SLIP**) تنها حالت می باشد نیز اغلب کفایت می کند .

### ۲-۳- انتخاب احتمالات

احتمالات بحرانی برای پایداری ولتاژ سیستم ممکن است با آنهایی که برای پایداری زاویه روتور بحرانی باشند تفاوت داشته باشند و معمولاً تشخیص آنها مشکل است قبل از آنکه لیست احتمالات بحرانی به خوبی تهیه شود یک روش مستقیم و سرراست برای مطالعه همه احتمالات معتبر وجود دارد (برای مثال ؛ تمام احتمالات تکی برای خطوط ۲۳۰ کیلو ولت و بالاتر و همه احتمالات از دست دادن یک ژنراتور تکی یا المان تصحیح ضریب قدرت راکتیو) خوشبختانه تعیین حاشیه های **VS** سیستم برای حالت های احتمالاتی زیاد با استفاده از یک ابزار استاتیک مانند **VSTAB** بطور محاسباتی عملی می باشد که در آینده در ضمن یک مورد مطالعاتی آن را توضیح خواهیم داد .

### ۳-۳- تعریف پارامتر کلیدی سیستم برای محاسبه حاشیه های **VS** سیستم

حاشیه **VS** یک اندازه گیری برای آنست که ببینیم ولتاژ سیستم چقدر به ناپایداری نزدیک شده است همانطور که دیدیم در حالت پایداری زاویه روتور حاشیه های بطور کلی با تفاضل بین مقادیر یک پارامتر کلیدی سیستم (**KSP**) در جریان شرایط کار عادی و نقطه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بحرانی پایداری ولتاژ تعریف می شود دستگاه های کمکی مختلف ممکن است پارامترهای کلیدی سیستم مختلفی را استفاده کنند (مانند یک مبدل رابط یا بار منطقه ای) در مبحث مطالعه ما در بخش بعد خواهیم گفت که **KSP** با افزایش کلی بار در پهنه مطالعاتی تعریف می شود.

#### ۴-۳- مشخصات معیار VS

معیار پایداری ولتاژ تعیین می کند که چه مقدار مارجین برای حالت پایه و تمام حالت های احتمالی معتبر کافی است معیار پایداری ولتاژ بطور مستقیم محدوده های عملکرد را تحت تأثیر می گذارد.

با **KSP** استفاده شده برای محاسبه مارجین **VS** معیار پایداری ولتاژ می تواند چنین بیان شود سیستم باید برای حالت پایه و همه حالت های احتمالی معتبر ولتاژ پایداری داشته باشد وقتی که مقدار **KSP** بمیزان **X%** بالاتر از مقدار آن در شرایط عملکرد عادی باشد برای مثال همطور که ما در بخش بعد بحث خواهیم کرد معیار پایداری ولتاژ برای سیستم نمونه به میزان ۷٪ افزایش بار در حالت پایه و همه حالت های احتمالی معتبر تعریف می شود عبارت دیگر برای هر حالتی که مارجین **VS** کمتر از ۷٪ باشد اندازه گیریهای لازم را بایستی طرح کرد تا مارجین **VS** را به مقدار مورد نظر و مطلوب برساند.

#### ۵-۳- تعیین مارجین VS سیستم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حال که **KSP** تعریف و لیست حالت های احتمالی انتخاب شد مرحله بعدی محاسبه مارجین **VS** سیستم برای حالت پایه و تمام حالت های احتمالی می باشد .  
در تئوری هم یک ابزار استاتیک (**VSTAB**) یا یک ابزار دینامیک (**ETMSP**) را می توان برای محاسبه مارجین های **VS** سیستم استفاده کرد مارجین های **VS** محاسبه شده توسط هر دو روش بایست خیلی بهم نزدیک باشند و بیان کننده این باشند که مدلهای متفاوت یک دستگاه در هر دو برنامه استفاده می شوند و اینکه ناپایداری ولتاژ در طول پریود گذار اتفاق نمی افتد

اگر چه بعلمت زمان مورد نیاز زیاد **CPU** برای انجام شبیه سازی دینامیک ( شبیه سازی ممکن است ۵ دقیقه طول بکشد ) محاسبه مارجین های **VS** برای تمام حالت های احتمالی به این طریق غیر عملی می باشد روشی که ما اینجا ارائه می کنیم استفاده از **VSTAB** برای محاسبه مارجین های **VS** در حالت پایه و همه حالت های احتمالی است و سپس استفاده از **ETMSP** فقط برای تأیید نتایج **VSTAB** و تعیین زمان ناپایداری ولتاژدنبال یک تعدادی از حالت های احتمالی بحرانی که خارج از محدوده مارجین می باشند است .

فرآیند کلی محاسبه مارجین های **VS** برای حالت پایه و حالت های احتمالی در شکل ۱ نمایش داده شده است که رابطه بین دامنه ولتاژ در یک باس بار انتخاب شده و **KSP** را نشان می دهد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

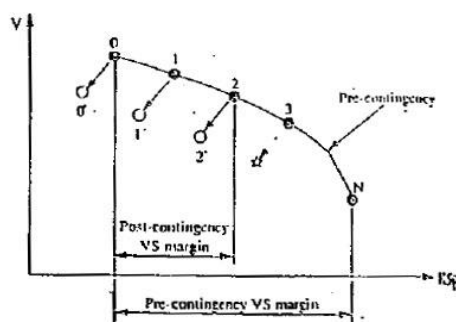


Figure 1 : VS margin calculations for the base case and contingency cases

جزئیات این فرآیندها بشرح زیر می باشند

(۱) محاسبه مارجین **VS** برای حالت پایه با استفاده از **VSTAB** به مقدار **KSP** افزوده می

شود و محاسبات پخش بار در هر مقدار جدید **KSP** بدست می آید نقطه بحرانی پایداری

ولتاژ با استفاده از مقدار **KSP** بدون وجود هیچ پخش باری بدست می آید.

در حالت کلی بدون داشتن تلفات حالتی را در نظر بگیرید که **KSP** تمام بار در محدوده

مطالعاتی ما باشد با رجوع به شکل ۱، نقاط ۰، ۱، ۲، و **N** شرایط کار سیستم را در ترازهای

مختلف بار بیان می کنند که نقطه **O** نقطه کار اولیه و نقطه **N** نقطه بحرانی پایداری ولتاژ (

دماغه منحنی **VP**) می باشی تفاضل بین کلی بار اکتیو در نقطه **N** و نقطه **O** همان مارجین **VS**

در حالت پایه می باشد برای بدست آوردن نقاط **N, 2, 1, ...** بارهای مورد مطالعه با یک

الگوی مشخص افزایش می یابند و یک برنامه انتقالی تولید برای پوشاندن افزایش توان

اکتیو بار بکار برده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در هر تراز جدید بار محاسبات پخش بار با بارهای مدل شده شکل **MVA** ثابت **ULTC** ها و تست های قابل مانور فعال شده بدست می آیند .

(۲) محاسبه مارجین های **VS** برای همه حالت های احتمالی با استفاده از **VSTAB** دوباره بمنظور تشریح موضوع فرض می کنیم که **KSP** تمام بار در محدوده مطالعاتی ما می باشد اصول توضیح داده شده زیر در تمام حالت های کلی که پارامتر **KSP** مشخص شده باشد صدق می کند

محاسبات پخش بار در سطوح مختلف بار (نقطه های **0,1,2,...,N**) بروش مشابه همانطور که در مرحله (۱) گفته شد بدست می آیند در هر سطح بار احتمالات یکی بعد از دیگری عمل می شوند حالت های (**Post contingency**) با استفاده از بارهای مدل شده وابسته به ولتاژ حل می شوند **ulc** ها و خازنهای اتوماتیکی بایستی اجازه مانور داشته باشند در حالی که خازنهای دستی معلوم نیست که اجازه مانور نسبت به زمان را داشته باشند برای هر دسته از احتمالات تفاضل بین توان اکتیو اولیه بار و توان اکتیو کل بار در آخرین نقطه که در آن یک حل پخش بار از نوع **PC (post contingency)** وجود دارد برابر است با مارجین **VS** سیستم در حالت **PC**.

بایستی تأکید شود که تجربه ما نشان داده است که الگوریتم های حل پخش بار قراردادی می توانند راه حل های سیستم های حتی خیلی نزدیک به نقطه بحرانی پایداری ولتاژ را نیز ارائه کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بنابراین حل پخش بار مبتنی بر الگوریتم های حل پخش بار دو زوجی سریع مطابق روش بکار برده شده در **VSTAB**، یک نمایش مطمئن از رسیدن به نقطه بحرانی پایداری ولتاژ سیستم می باشد.

با مراجعه به شکل ۱ نقطه کار از نوع **PC** متناسب با تراز بار **O(1,2)** برابر است با **O(1,2)** در هر تراز بار کل در نقطه کار **PC** (یعنی نقطه ۱) کمتر از معادل آن در نقطه کار **Pre contingency** (نقطه ۱) می باشد بعلاوه کاهش ولتاژ ناشی از **Contingency** حتی با عملکرد **ULTC** چنین کاهش ولتاژ باس بار ناشی از بار از نوع **PC** وجود خواهد داشت.

برای حالت شرح داده شده در شکل ۱ حل پخش بار **PC** برای هر سطح باری فراتر از آنچه که در نقطه ۲ آمده است وجود ندارد. تفاضل بین توان اکتیو کل بار در نقطه ۲ و معادل آن در نقطه **O** برابر است با مارجین های **VS** سیستم در حالت **PC**.  
 (۳) محاسبه مارجین های **VS** برای تعدادی از حالت های احتمالی بحرانی انتخاب شده با استفاده از **ETMSP**

روش این قسمت مشابه روش قسمت ۲ است بجز اینکه پایداری ولتاژ سیستم بوسیله شبیه سازی زمان - دامنه و با استفاده از **ETMSP** تعیین می شود.

در آغاز با حالت های حل شده مربوط به سطوح مختلف بار (نقاط ۰, ۱, ۲, ۳ در شکل ۱) شروع کرده و سیستم بوسیله اعمال یک حالت احتمالی دچار اغتشاش می گردد و پاسخ دینامیکی سیستم نسبت به این حالت با استفاده از **ETMSP** محاسبه می شود اگر شبیه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سازی زمان دامنه نشان دهد که سیستم بعد از یک پریود محدود زمانی به نقطه تعادل حالت پایدار **PC** آن می رسد در آن صورت سیستم پایدار است اگر تعادل حالت پایدار **PC** سیستم بوجود نیاید در آن صورت شبیه سازی زمان دامنه نشان دهد که سیستم بعد از یک پریود محدود زمانی به نقطه تعادل حالت پایدار **PC** آن می رسد آن صورت سیستم پایدار است اگر تعادل حالت پایدار **PC** سیستم بوجود نیاید در آن صورت شبیه سازی زمان - دامنه نشان خواهد داد که ولتاژ کاهش خواهد یافت و بنابراین ولتاژ سیستم ناپایداری خواهد داشت مثال نقطه  $(1,2)$  نشان دهنده تعادل **PC** سیستم متناسب با تراز بار  $(1,2)$  می باشد و هیچ نقطه تعادل حالت پایدار **pc** برای هیچ کدام از سطوح بار بالاتر از سطح ۲ وجود ندارد

### ۶-۳- طرح و اعتبار اندازه گیری های اصلاحی

در حالت هایی که ملاک و معیار پایداری ولتاژ سیستم تأمین نشود اندازه گیری های اصلاحی را بایستی طرح کرد تا سیستم ملاک و معیار لازمه را دارا شود.

اندازه گیری های اصلاحی مختلفی را برای ارتقاء پایداری ولتاژ سیستم می توان اعمال کرد همچنین قسمت های مختلف سیستم ( تولید انتقال توزیع و سیستم های بار ) را می توان جهت بهبود پایداری ولتاژ کل سیستم ارتقاء داد عملی بودن و قابل دسترس بودن هر یک از این گزینه ها به ویژگی های سیستم بستگی دارد بعضی از اندازه گیری های

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اصلاحی و پیش گیرانه ممکن شامل کنترل توان اکتیو؛ کمپنزاسیون سری و موازی حذف بارهای کاهش دهنده ولتاژ، طبقه بندی **ultc** ها و اتوماسیون توزیع باشند.

برای حالت هایی که ملاک و معیار مارجین **VS** تأمن نشده باشد، آنالیز کمکی **VSTAB** برای مشخص کردن بهترین مکان اعمال اندازه گیری های اصلاحی به کار برده می شود آنالیز کمکی، کوچکترین مقادیر ویژه ماتریس (**J<sub>R</sub>**) کاهش یافته **QV** و فاکتورهای مشارکت ژنراتور و باس بارها را محاسبه می کند. کوچکترین مقدار ویژه و بردار ویژه متناظر آن برای **J<sub>R</sub>** درنوک منحنی **VP** حالت بحرانی پایداری ولتاژ را تعیین می کند مشارکت های باس بار شاخه و ژنراتور مربوطه منطقه بحرانی پایداری ولتاژ و المانهایی را که تأثیر زیادی بر روی پایداری ولتاژ در این حالت بحرانی دارند را مشخص می سازد. اندازه گیری های اصلاحی در هر شکلی بایستی در محل هایی اعمال شود که توسط این پارامترهای مشارکت مشخص شوند، بطوریکه پایداری ولتاژ منطقه بحرانی را افزوده و تأثیر منفی این المانها را در پایداری ولتاژ سیستم تخفیف دهد.

#### ۴- ارزیابی پایداری ولتاژ یک سیستم مقیاس بزرگ عملی

پایداری ولتاژ یک سیستم عملی با استفاده از روند توضیح داده شده در بخش ۳ مورد مطالعه قرار گرفت.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حالت پایه شبیه حالتی است که در مطالعه پایداری گذرا استفاده شد بجز بعضی تغییرات که جهت اطمینان اینکه همه بارها در محدوده مطالعاتی به طرف ثانویه یک ترانسفورمر **ULTC** با حداکثر تاپ چنجر (۱/۴) متصل شده اند، صورت گرفته اند.

حداکثر محدوده تاپ چنجر برای بحساب به طرف ثانویه یک ترانسفورمر **ULTC** با حداکثر تاپ چنجر (۱/۴) متصل شده اند صورت گرفته اند حداکثر محدوده تاپ چنجر برای بحساب آوردن اثر مجموع همه رگولاتورهای ولتاژ چند پله‌ای در سمت تغذیه کننده استفاده می شود این سیستم شامل ۳۶۵۵ باس بار و ۲۸۶ ژنراتور می باشد که تعداد ۱۰۵۸ باس بار و ۷۴ ژنراتور آن در محدوده مطالعاتی قرار دارد.

-۱۷۴ احتمال معتبر که شامل همه احتمالات تکی برای خطوط ۲۳۰ کیلو وات و بالاتر می باشد در نظر گرفته می شود.

- **ksp** برای محاسبه مارجین **VS** به عنوان تمام بار در این مبحث مطالعاتی تعریف شده است.

- محدوده و ملاک پایداری ولتاژ سیستم برابر است با مارجین **VS** بایستی در حداقل ۰.۷٪ برای حالت پایه و همه حالت های احتمالی قرار داشته باشد ما بطور دلخواه ۰.۷٪ را انتخاب کرده ایم تا روش اصولی را بسادگی توضیح دهیم آشکار است که این محدوده معیار استفاده شده در مطالعه سیستم های واقعی می تواند خیلی متفاوت باشد همچنین ما فقط



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

احتمالات تکی را در نظر می گیریم برای حالت های احتمالات چند تایی محدوده و معیار مورد نظر می تواند راحت تر باشد .

مارجین های **VS** برای حالت مبنا همه حالت های احتمالی دیگر در ابتدا توسط **VSTAB**

محاسبه می شوند سپس مارجین های **VS** برای احتمالات بحرانی با استفاده از **ETMSP** محاسبه می شوند

اندازه گیری های اصلاحی به گونه ای طراحی شده اند که مارجین **VS** از نوع **PC** را تا حدی افزایش دهند که معیار پایداری ولتاژ به مقدار ۷٪ برسد در این حالت فقط افزودن یک **SVC** در نظر گرفته شده است .

جدول ۱ و ۲ مدل سازی دستگاه های بکار رفته در این مطالعه را نشان می دهد

#### ۱-۴ محاسبه مارجین های VS با استفاده از VSTAB

مارجین های **VS** سیستم برای حالت مبنا و همه حالت های احتمالی دیگر همانطور که در بخش ۳-۵ گفته شده محاسبه می شوند نتایج محاسباتی مارجین **VS** در جدول ۳ خلاصه شده است در ۷۴ حالت فقط دو مورد باعث شد که مارجین **VS** سیستم از نوع **PC** کمتر از ۷٪ باشد هر دوی این حالت های بحرانی تلفات یک خط ۵۰۰ کیلو ولت تکی را در بر دارند شکل ۲ منحنی های **VP** برای حالت مبنا و حالت احتمالی یک را نشان می دهد .

#### ۲-۴ - محاسبه مارجین VS با استفاده از ETMSP

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

**ETMSP** برای محاسبه مارجین **VS** در حالت احتمالی یک استفاده شده است شکل ۳ پاسخ های زمانی ولتاژ در یک باس بار ۵۰۰ کیلو ولت اصلی که از حالت احتمالی یک پیروی می کند رانشان می دهد که در آن ، سطوح کلی توان **300mw** و **400mw** بالای حالت مبنا می باشند حالت **PC** سیستم برابر است با ولتاژ پایدار با **300mw** افزایش توان و ولتاژ ناپایدار با **400mw** افزایش توان . بنابراین مارجین **VS** تابع حالت احتمالی یک که توسط **ETMSP** محاسبه شده تقریباً برابر است با **350MW**ز

بیاد داشته باشید که ( جدول ۳ را ببینید ) مارجین **VS** برای همین حالت احتمالی که توسط **VSTAB** محاسبه شده تقریباً برابر **450MW** است بنابراین تفاوت بین مارجین محاسبه شده توسط **VSTAB,ETMSP** برابر **100MW** خارج از کل بار **7500MW** و واکنش گاورنر در روش **VSTAB** باشد .

شکل ۴ جریان تحریک یک ژنراتور **84MVA** را نزدیک منطقه بحرانی پایداری ولتاژ برای حالت های پایدار و ناپایدار نشان می دهد در هر دو حالت شرایط بگونه ای است که جریان تحریک ژنراتور باعث تجاوز جریان پیوسته آن تا حدود **1/61PU** می شود . بعد از یک تأخیر زمانی **OXL** فعال شده جریان میدان تحریک را به درون محدوده مجازش بر می گرداند . هر چقدر که تجاوز جریان تحریک از محدوده گارش بیشتر باشد این تأخیر زمانی کوتاه تر خواهد بود . برای مثال ، جریان تحریک در زمان ۴۰ ثانیه و ۱۲۰ ثانیه به حالت اولش بر می گردد وقتی که افزایش بار بترتیب ۴۰۰ و **300MW** داشته باشیم .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

### ۳-۴- طراحی و معتبر ساختن اندازه گیری های پیشگیرانه

ما حالا توضیح می دهیم که چگونه آنالیز را جهت تعیین محل قرار دادن یک SVC برای افزایش مارجین VS به ۷٪ مطابق حالت (350MW) استفاده می کنیم ما از یک SVC به سادگی اضافه کردن کمپنزاسیون موازی استفاده می کنیم در عمل یک خازن موازی با عملکرد مکانیکی هماهنگ می تواند مسائل پایداری ولتاژ را بخوبی تحت الشعاع قرار دهد. بطور ریاضی می توان اثبات کرد با فرض خطی بودن آنالیز کمکی بهترین مکان اضافه کردن کمپنزاسیون موازی را جهت توسعه مارجین پایداری ولتاژ سیستم مشخص می کند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

Table 1 : Device Modelling for VSTAB

Device	VSTAB Model
Loads	Study Area : $P = V^{0.5}$ , $Q = V$ External Area : constant MVA
ULTCs	Deadband : $\pm 1\%$ Tap Size : 0.625%
Generators	All the generators in the study area are represented with capability curves  All the other generators are represented by PV buses

Table 2 : Device Modelling for ETMSP

Device	ETMSP Model
Loads	Study Area : same as for VSTAB External Area : $P = V^{0.1}$ , $Q = V^{0.1}$
ULTCs	Deadband : $\pm 1\%$ Tap Size : 0.625% Initial Delay : 30 seconds Subsequent Delay : 5 seconds
Generators	All the generators with capability curves in VSTAB include ONL models  All the other generators represented by either classical machines with small $X_d$ or detailed machines with AVR but no ONL

Table 3 : VS margins calculated using VSTAB

Case	MW VS Margin	% VS Margin
Base Case	900	11.9
Contingency 1	450	5.9
Contingency 2	450	5.9

All the other contingencies have post-contingency VS margin > 600 MW (7.9%)

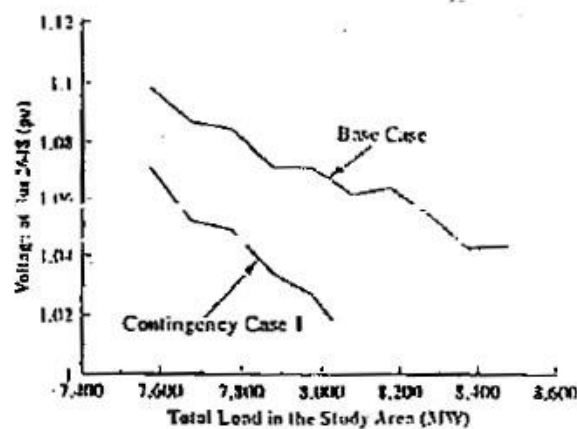


Figure 2 : VP Curves for the base case and contingency case 1

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

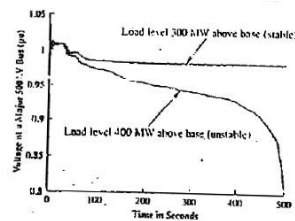


Figure 3 : Time responses of a major 500 kV bus voltage following contingency 1 at different load levels

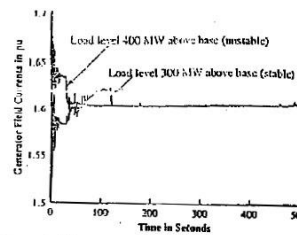


Figure 4 : Time responses of the field current of a 184 MVA generator following contingency 1 at different load levels

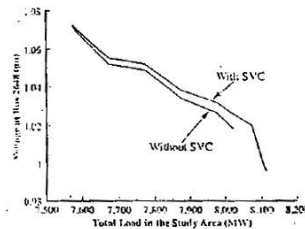


Figure 5 : Effect of designed remedial measure on post-contingency system VS margin

Table 4 : Top 10 buses with high participations to the critical mode following contingency 1 (smallest eigenvalue = -0.0137)

No.	Bus Number	kV Base	Participation
1	838	12.6	0.00233
2	151	132.0	0.00216
3	138	132.0	0.00213
4	166	132.0	0.00207
5	806	12.6	0.00201
6	867	12.6	0.00192
7	973	25.2	0.00184
8	1966	25.2	0.00179
9	2970	25.2	0.00179
10	1949	25.2	0.00174

آنالیز کمکی انجام شده در دماغه منحنی  $VP$  برای حالت احتمالی یک ، ضرایب مشارکت باس بارها را در جدول ۱ بدست میدهد بر اساس این ضرایب مشارکت باس بار ۱۵۱ برای اضافه کردن یک  $SVC$  با ظرفیت  $100MVAR$  که به باس ۱۵۱ اضافه شده است مارجین  $VS$  از نوع  $PC$  محاسبه شده توسط  $VSTAB$  برابر  $540MW$  ( $7/4$ ) می شود که از معیار  $7\%$  تعیین شده بیشتر است .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هنگام استفاده از آنالیزهای کمکی برای تعیین محل اضافه کردن کمپنزاسیون موازی مهم است که آنالیزهای کمکی در نقطه بحرانی پایداری ولتاژ **PC** (نقطه دماغه منحنی) انجام شوند. آنالیزهای کمکی که در شرایط سیستم در نقطه ای غیر از نقطه دماغه انجام شوند ممکن نیست بتوانند بحرانی ترین حالت را نسبت به هر احتمال مشخص کند.

چون باس بار ۱۵۱ سطح جریان اتصال بیشتتری دارد، این باس بار فشار قوی علی رغم حضور باس بار فشار قوی در لیست باس بارها نسبت به حالت بحرانی ضریب مشارکت بالایی نداشته باشد، آن حالت بحرانی بیشترین نزدیکی را باشبکه فشار متوسط محلی خواهد داشت. در چنین حالتی، اضافه کردن یک مقدار کم از کمپنزاسیون شنت در باس بار فشار متوسط با بیشترین ضریب مشارکت، آن حالت ویژه را پایدار می سازد قاعده مشخصی برای تعیین تعداد باس بارهایی که بایستی در جدول باس بارهای با ضریب مشارکت بالاتر قرار گیرند وجود ندارد (ما در مثال خود ۱۰ تا را انتخاب کردیم) و یک شخص مجبور است بطور تجربی این تعداد را تعیین کند.

شکل ۵ منحنی های **VP** را برای حالت **PC1** با و بدون **SVC** نشان می دهد

## ۵- نتیجه گیری

یک روش سیستماتیک برای ارزیابی پایداری ولتاژ سیستم های قدرت بزرگ با استفاده از روشهای استاتیک و دینامیک پیشنهاد شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بر اساس کاربرد این روش در یک سیستم قدرت واقعی نتایج زیر بدست آمدند :

۱- یک ارزیابی مفهومی از عملکرد سیستم نسبت به پایداری ولتاژ را با استفاده از مرحله

پیشنهاد شده در این مقاله می توان بدست آورد .

۲- تکنیک های استاتیک را می توان با اطمینان جهت تعیین مارجین های **VS** حالت مبنا

و حالت های احتمالی دیگر بکار برد و همچنین بهترین محل اعمال اندازه گیری پیش

گیرانه را از روی این روشها مشخص کرد .

۳- تکنیک های دینامیک بایستی جهت آزمایش ترتیب زمانی پروسه ناپایداری ولتاژ

مطابق با تعدادی از حالت های بحرانی انتخاب شده استفاده شوند.

#### ۴- یک روش کنترل ولتاژ اصلاح شده برای سیستمهای قدرت بسیار بزرگ

**خلاصه :** برای انجام یک کنترل ولتاژ وار بهتر در سیستمهای انتقال قدرت الکتریکی از

امکانات متفاوتی استفاده می شوند. ژنراتورها در این روش به تنظیم کننده های اتوماتیک

ولتاژ مجهز می شوند تا از عهده تغییرات ناگهانی و اتفاقی ولتاژ که در اثر نوسانات طبیعی

بار و یا اتصالیها به وجود می آیند برآیند، وسایل دیگر مانند خازنها، سلف ها،

ترانسفورماتورهای با تپ چنجر قابل تغییر زیر بار نیز در شبکه نصب می شوند ، با تکامل

تدریجی شبکه و شرایط کار ، فوائد الکتریسیته در کل و به الطبع سیستم های کنترل چه

اتوماتیک و چه غیر اتوماتیک ، هرچه بیشتر مورد توجه قرار می گیرند این سیستم ها انتظار

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

می رود که واکنش وسایل محلی را برای یک کنترل ولتاژ بهتر ( پایداری بیشتر و واکنش سریعتر ) در مناطق مختلف شبکه و در هنگام تغییرات شدیدتر ولتاژ و توان راکتیو هماهنگ کنند آنها علاوه بر این ، یک استفاده بهتر از منابع توان راکتیو موجود را ارائه می دهند همچنین نصب دستگاه های جدید را می توان از برنامه حذف کرد که باعث صرفه جویی اقتصادی می شود با این طرز تفکر **EDF** ( شرکت برق فرانسه ) سیستمی را طراحی کرده است که کنترل ولتاژ هماهنگ ثانویه (**CSVC**) نامیده می شود

این سیستم یک سیستم مدار بسته اتوماتیک با تحریک چند دقیقه ای می باشد این سیستم شرایط شبکه (توپولوژی بارها) محدودیت های ولتاژ و محدودیتهای عملکرد ژنراتورها را بحساب می آورد این مقاله پیشرفتهای اخیر را که به **CSVC** قدرت کنترل شکل ولتاژ را می دهد و انواع مختلف وسایل مربوط به توان راکتیو در یک شبکه قدرت بسیار بزرگ را ، ارائه می کند علاوه بر آن این مقاله روش محاسبه مخارج سرمایه گذاری در طول چندین سال با ملاحظه توسعه تدریجی یک شبکه ، ارائه میکند.

## ۱- مقدمه :

با تکامل تدریجی شبکه و شرایط عملکرد ، یک مدیریت بهتر بر شکل ولتاژ و توان راکتیو ضروری می باشد تا بتوان امنیت سیستم انتقال تون الکتریکی و استفاده از منابع راکتیو را بهینه کرد . با این حال ، جدای از رگولاتورهای ولتاژی که به طور عمومی نصب شده اند ، امکانات الکتریکی اندکی در سرتاسر سیستم های کنترل ولتاژ در یک شبکه بزرگ نصب و



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تکمیل شده اند تا عملکردهای دستگاه های محلی ( ژنراتورها ، دستگاههای کمپنزا سیون **OLTC**) اتوماتیک و کنترل مدار بسته اجرا شده اند مورد رضایت قرار دارند همه آنها در بر گیرنده یک پیشرفت مهم در کنترل ولتاژ و هم در شرایط نرمال و هم در شرایط اضطراری می باشند .

این نوشته یک برنامه کنترلی را ارائه می کند که برای مدیریت ولتاژ و توان راکتیو در یک شبکه وسیع طراحی شده است بعلاوه این برنامه کنترلی جدید می تواند بتدریج و در حالی که عملکرد خوب خود را حفظ می کند تکمیل و گسترش یابد مزایای اصلی این روش کنترل در اینجا تشریح میشوند در ناحیه جنوب شرقی **EDF** تجزیه گردیده اند.

## ۲- نیاز و اهمیت کنترل ولتاژ

تکامل تدریجی شرایط کاری در شبکه های **EHV** را می توان چنین خلاصه کرد :  
 براساس اطمینان ازامنیت تأمین تون الکتریکی ، شبکه ها هر چند بیشتر پیچیده و بهم متصل می شوند اگرچه مشبک شدن شبکه برق به تنهایی یک ضریب اطمینان بحاسب می آید ، باعث پیچیده شدن شبکه جهت کنترل ولتاژ نیز می شود . با یک اندازه معین بار الکتریکی ، یک شبکه مشبک می تواند در یک روند بسیار متغیر نسبت به توان راکتیو و متأثر از توپولوژی و موقعیت ژنراتورهای شبکه ؛ کار کند. در این شرایط اپراتورها ممکن است در درک پدیده های فیزیکی مختلف ارزیابی حساسیت های شبکه و سرانجام تشخیص سریع واکنش مناسب و مؤثر دچار مشکل بشوند .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

محدودیت های محیطی باعث می شوند تا نیروگاه های تولید توان دورتر از مرکز مصرف قرار گیرند و مشکلات احداث خطوط جدید را بوجود آورند این فواصل دوربین های ژنراتورهای و باس بارهای مصرف به همراه شبکه توسعه نیافته باعث عملکرد سیستم قدرت در نزدیکی محدوده های کار آن شود .

در نتیجه کنترل ولتاژ - وار (**VAR**) ضروری می شود و در بعضی موارد می تواند یک عامل بسیار حاد شود . دستگاه های الکتریکی نشان داده اند که تمایل زیادی به پیشرفت توانایی هایشان در این زمینه در طول سالهای اخیر دارند مراحل اصلی که معمولاً برای کنترل بهتر نمودار ولتاژ دنبال می شوند عبارتند از : نصب دستگاه های جدید مانند خازنها و سلفهان ترانسفورماتورهای با تپ چنجر قابل تغییر زیر بار (**ULTC**) رگولاتورهای اتوماتیک ولتاژ (**AVR**) و معرفی ابزار جدید در سیستم **EMS** مانند نمایشگرهای پایداری و یا سقوط ولتاژ، بهینه سازی جریان توان و کنترل اتوماتیک.

### ۳- ترازهای مختلف کنترل ولتاژ

ساختار کنترل ولتاژ می تواند به سه تراز تجزیه شود این ترازاها بر حسب موقعیت ( محلی / منطقه ای / ملی / بین المللی ) و زمان ( از چند ثانیه تا چند دقیقه ) تقسیم می شوند و هرکدام نقش ویژه ای را کنترل می کند .

۱-۱ کنترل تراز اولیه عبارت است از رگولاتورهای اتوماتیک ولتاژ (**AVR**) که بر روی

ژنراتورها نصب می شود این رگولاتورها بطور گسترده ای استفاده می شوند آنها ولتاژ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ترمینال ژنراتورها را با مقدار تنظیم شیده برابر می کنند این مقادیر بوسیله اپراتور و یا یک کنترل تراز بالاتر تعیین می شوند واکنش های کنترل اولیه بشدت سریع می باشند ، در یک محدوده زمانی چند ثانیه ای به دلایل امنیتی ، این رگولاتورها در مقابل خارج شدن از محدوده های تنظیم شده به دستگاه های حفاظتی مجهز می شوند.

## ۲- // ترازهای ثانویه و ثالثیه :

همچنین کنترل ولتاژ به وسیله دستگاه های تصحیح ضریب قدرت مانند خازن ها، سلف ها ، دستگاه های تصحیح ضریب قدرت سنکرون و یا استاتیک و یا ترانسفورماتورهای با تپ چنجر قابل تغییر زیر بار (**OLTC**) انجام می شود این دستگاه ها دارای ثابت زمانی طولانی تر نسبت به **AVR**ها می باشند ولی واکنش آنها محدود به اندازه گیری های محلی می شود. علاوه بر آن ، بدلائل امنیتی و اقتصادی ، ترتیب دادن یک کنترل مرکزی در محل مرکز کنترل واقعاً مفید می باشد بنابراین امکان داشتن یک نظارت سراسری و هماهنگی بهتر عملکرد دستگاه های محلی به وجود می آید که در نتیجه خواهیم داشت :

- یک نمودار محکم و پایدار از ولتاژ که در مقابل فروپاشی ولتاژ خودداری می کند.
- یک استفاده بهتر از منابع راکتیو ، برای مثال ، اگر یک سلف خاموش (قطع) باشد خازن مجاور آن روشن ( وصل ) نخواهد شد و یا اینکه بعضی از ژنراتورهایی که فقط برای تولید توان راکتیو روشن شده اند را می توان خاموش کردن ( صرفه جویی کرد )

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

- این کنترل ها هر دو به عنوان مؤلفه های ترازهای ثانویه و ثالثیه در نظر گرفته می شوند .  
تعریف و تکمیل این ترازها کاملاً وابسته به هریک از دستگاه ها می باشند و از دستگاهی به دستگاهی دیگر تفاوت می کنند بنابراین اکنون تعاریف ارائه شده در زیر برای دستگاه های مختلف مسموع می باشند منظور اصلی از کنترل ولتاژ تراز ثانویه ( SVC ) تنظیم و ثبت شکل موج ولتاژ در یک شبکه می باشد بطور کلی زمان پاسخ این کنترل در حدود ۳ دقیقه می باشد یک هدف متحمل دیگر از این نوع کنترل ، کنترل تولید و جریان توان راکتیو می تواند باشد ولی در همه موارد ، این نوع کنترل به موارد زیر نیازمند است .

- تغییر نقطه تنظیم (**AVR(Setpoint)**)

- مانور دادن (**Switching**) دستگاه های تصحیح ضریب قدرت

- تغییر موقعیت تپ (**Tap**) ترانسفورماتورها

هدف تراز کنترل ثالثیه ، تعیین یک شکل موج ولتاژ اپتیمم برای شبکه و هماهنگی کنترل کننده های ثانویه مطابق با ضریب اطمینان لازم و ضوابط اقتصادی میباشد .

فعالیت های گسترده و مشهور زیادی درباره چنین کنترل هایی در سراسر جهان صورت گرفته است همگی آنها تمایل به مدیریت بهتر منابع راکتیو بهتر منابع راکتیو دارند و بعضی هم در حال حاضر عملیاتی می باشند علاوه بر آن ، می توان نشان داد که در حالت بحرانی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یک سیستم باردار، پایداری بهتر ولتاژ یک سیستم قدرت با استفاده از هر دو کنترل اولیه و ثانویه ولتاژ سیستم حاصل می شود برای بهبود روش **EDF, SVC** (شرکت برق فرانسه) یک کنترل ولتاژ ثانویه هماهنگ (**CSVC**) را طراحی کرده است که قادر است محدوده های وسیع تری را با دقت بیشتر هم در شبکه و هم در واحدهای تنظیم کننده کنترل کنند.

#### ۱۷- کنترل ولتاژ ثانویه هماهنگ شده (**CSVC**)

سیستم **CSVC** در بعضی انتشارات تشریح شده است در اینجا ما اصول آن را دوره می کنیم و مشکلات درگیر در اجرای آن را در شبکه های وسیع شرح می دهیم.

##### ۱۷-۱ مشخصات اصلی **CSVC**

تغییرات ولتاژ در هر محدوده کنترلی به وسیله تغییرات در تعدادی از گره های (**Nodes**) انتخاب شده به نام (نقاط پیلوت) (**pilot point**) ارائه و بررسی می شوند. هدف سیستم **CSVC** مقید و محصور کردن ولتاژ در این نقاط پیلوت در مقادیر تنظیم شده (**set point**) می باشد اگر چه تعداد ژنراتورها و در نتیجه تعداد متغیرهای کنترل، بطور کلی بیشتر از تعداد نقاط پیلوت (متغیرهای خروجی) می باشند، بنابراین، این کنترل شامل اهداف بیشتری به منظور دریافت مزایای این درجات آزاد می شود هدف دوم که از اولویت کمتری نسبت به اولی برخوردار است و قبلاً ذکر شد مقید و محصور کردن تولید توان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

راکتیو هر ژنراتور در یک مقدار مرجع می باشد در نتیجه توان راکتیو تولید شده می تواند مینیمم شده و بنابراین می توان یک ذخیره توان راکتیو برای غلبه بر هر اغتشاش احتمالی فراهم کرد .

در قوانین کنترل یک شبکه به وسیله ماتریس های حساسیت مدل می شود ، بنابراین ، اثر هر ژنراتور در نقاط پیلوت منتقل شده و به وسیله این روش ، واکنش همه ژنراتورها هماهنگ شده که باعث کنترل مناطق کوچکتر می باشد با هماهنگی بوجود آمده ، **CSVC** مدیریت بهتری بر روابط بین مناطق تحت پوشش **SVCS** بعمل می آورد .

یک پیشرفت مهم دیگر در طرح کنترل بحساب آوردن محدودیت های شبکه در هر پله از محاسبات دستورات کنترل ، می باشد. این کار با آشکار سازی بعضی از گره های ( که حساس ) **sensitive** نامیده می شود ( گره های که ولتاژ شان بایستی بدقت مشخص و تعیین شود بطور نمونه گره های خیلی دور از ژنراتورها ) گره هایی که ژنراتورها به آن متصل می باشند و محدودیت های عملکرد ژنراتور ها انجام می شود . حریم محدودیت های کار ژنراتور بخصوص موردنیاز اپراتورهای مربوطه می باشد که نمی خواهند تجهیزاتشان را تحت تأثیر تغییرات شدید و یا در نقطه کار خیلی نزدیک به محدودیت ها ببینند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دستورالعمل ها توسط یک کامپیوتر مادر ( *main frame* ) محاسبه شده و به مرکز دیسپاچینگ منطقه ای ارسال می شود این دستور در واقع تغییرات ولتاژ تنظیم شده ( *set point* ) را بعهده دارد که بطور مستقیم به ولتاژ ترمینال *AVR* هر ژنراتور اعمال می شود . این دستور از اپتیمم سازی یک تابع درجه دوم چند متغیره به دست می آید .

فرمول

که در آن :

$\alpha$  بهره کنترل  $\Delta U, U$  ولتاژ ترمینال و تغییرات ولتاژ ترمینال ،  $V_{p}, V_{ps}, V_{THT}$  به ترتیب ولتاژ پیلوت، نقاط حساس و طرف فشار قوی ژنراتورها ،  $V_c$  مقادیر تنظیم شده نقاط پیلوت  $U_{ref}, Q_{ref}$  مقادیر تنظیم شده برای تولید توان راکتیو و ولتاژ ترمینال ها می باشند  $\lambda_u, \lambda_q, \lambda_v$  فاکتورهای موازنه بین کنترل ولتاژ و کنترل تولید توان راکتیو می باشند این مقادیر با استفاده از ابزار شبیه سازی و مطالعات ساختاری محاسبه می شوند  $C_a, C_{vs}, C_v$  ماتریس های حساسیت می باشند که به ترتیب ولتاژ در گره های پیلوت ، گره های حساسیت و تولید راکتیو را با تغییرات ولتاژ ترمینال ربط می دهند :

$$\Delta V_p = C_v \Delta U$$

و  $\Delta V_{ps} = C_v \Delta U, \Delta Q = C_q \Delta U, a, b, c$  ضرایب خطوط مستقیم مرتبط با محدوده های

$U, Q, P$  می باشند .

## ۱۷.۲ مباحث تکمیلی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قبل از پیش روی ، ضروری می باشد که مشخصه های کنترل **CSVC** را در موقعیت های مختلف کنترل بررسی کرده و ضرایب اطمینان آن راهنگامی که اغتشاشات مختلف مانند آنهایی که ممکن است بر روی اطلاعات شبکه انتقال تأثیر بگذارند ارزیابی کرد .

در حالت ویژه ، سئوالات زیر بایستی به منظور مرتب کردن مشخصات کاری سیستم نهایی ، روشن و شفاف شوند :

چگونه **CSVC** ارتباط ولتاژ وار را در یک شبکه بزرگ مدیریت می کند و چگونه تعداد زیادی از ژنراتورها را در شرایط مختلف ( استفاده کلی ، تریپ واحد ، تغییرات بار ) کنترل می کند؟

بخش **V** نتایج مطالعات درباره این سؤال را ارائه می کند

هنگامی که سیکل **CSVC** در زمان ۱۰ ثانیه تنظیم و ثابت شود آیا زمان محاسبه مورد نیاز توسط نرم افزار اپتیمم کننده قادر به رسیدگی به مسایل بزرگ است؟ ( به منظور کنترل تمام نیروگاههای هسته ای ، حرارتی و آبی در یک زمان و منطقه ، یک معادله با حداقل ۶۰ متغیر بایستی در چند ثانیه حل شود )

آیا این کنترل با اغتشاشات اطلاعات شبکه انتقال و خطاهای مدل شبکه به طور قابل اطمینان روبرو می شود ؟

آیا هیچ راه حلی برای پیش روی آرام **CSVC** به منظور کاهش هزینه های سرمایه گذاری وجود دارد ؟



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

جواب این سئوالات در بخش VI ارائه شده است .

## ۷ ویژگیهای اجرایی CSVC

برای مطالعه ویژگی های اجرایی CSVC بر روی شبکه EHV فرانسه که شامل هفت منطقه کنترل می باشد ، شبیه سازی های گوناگونی بر EUROSTAG انجام شی ولی از این پس ، توجه ما به نتایج بدست آمده در منطقه جنوب شرقی فرانسه معطوف می شود .

این منطقه شامل ۱۸۰ گره EHV ( ۳۰ گره 400KV ) ، ۱۰۰ واحد ژنراتور و یک شبکه با درجه پیچیدگی بالا می باشد ( شکل )

### ۷.۱- کنترل ولتاژها در یک شبکه پیچیده

سیستم CSVC بایستی ولتاژهای نقاط پیلوت را هنگامی که افزایش تدریجی آنها را تفکیک می کند در محدوده اطراف نقطه تنظیم کنترل کند این عمل که اپراتورها معمولاً می خواهند تغییرات را به صورت محلی انجام دهند توجیه شده است و می توان به راحتی اینکار را با تنظیم نقطه تنظیم (SETPOINT) ولتاژ یک گره پیلوت را انجام داد به منظور جلوگیری از جریان توان راکتیو بین مناطق کنترلی ، ولتاژهای سایر نقاط پیلوت همسایه نبایستی تغییر یابند این کار هنگامی که شبکه پیچیده تر باشد مشکل تر است .

نتایج شبیه سازی در منطقه انتخاب شده ، ویژگی های اجرایی CSVC را در این نقطه تأیید می کند شکل ۲ تغییر ولتاژ نقطه پیلوت chaffard را با افت ۱۰ کیلو ولت در مقدار تنظیم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

شده اش را نشان میدهد در حالیکه ولتاژهای نقاط پیلوت *Alberville* و *champagnier* در مقادیر اولیه خود باقی می ماند. این نتیجه را می توان با آنچه که توسط یک سیستم *SVC* (شکل ۳) بدست می آید مقایسه کرد، در حالیکه یک افت ۶ کیلوولتی را می توان در نزدیکی نقاط پیلوت مشاهده کرد تغییر پله نقطه تنظیم (*set point*) در این دو شکل زیاد بوده و می تواند مورد توجه قرار گیرد.

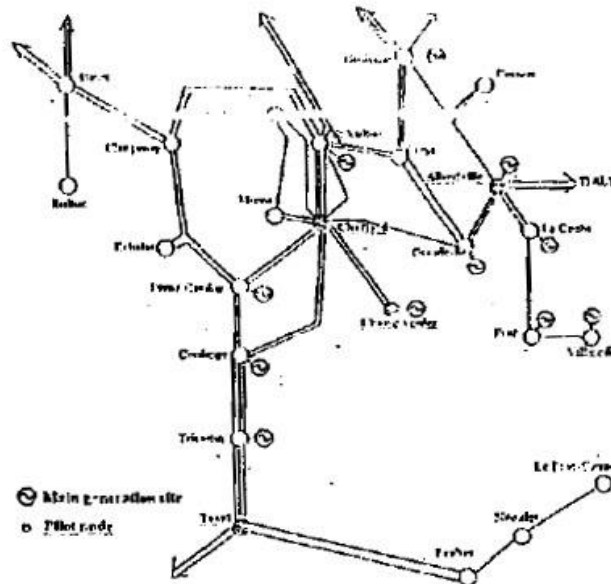
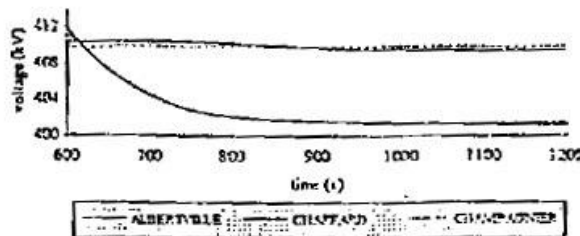


Figure 1 - Structure of the south-eastern French 400 kV network

Figure 2 - Pilot points voltage with SVC



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

Figure 3 - Pst points voltage with conventional SVC

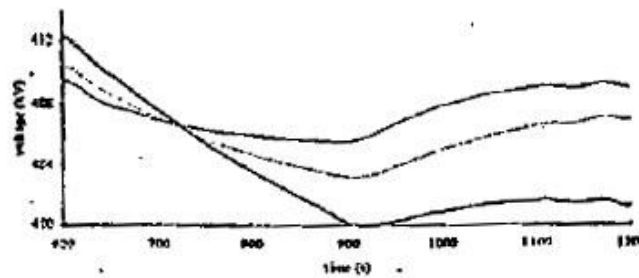
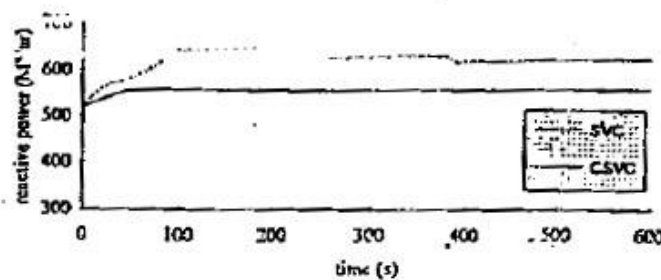


Figure 4 - Reactive power of generator Saint-Alban



این عملکرد در حضور ساختمان شبکه‌ای مدل شده در اصل کنترل بدست می آید. بعلت حضور فاکتورهای حساسیت  $cv, cq$  در معادله درجه دوم (۱) هر ژنراتور مورد کنترل بعنوان یک امر واجب با سیستم کنترل نزدیکترین نقطه پیلوت در ارتباط و همکاری است اگر چه اگر یکی از نقاط پیلوت نتواند بوسیله نزدیک ترین ژنراتورها بعلت یک نقص در آن ژنراتور و یا کارکرد ژنراتور در ظرفیت کامل توان راکتیو کنترل شود ژنراتورهای دیگر آن منطقه، بطور الکتریکی در کنترل ولتاژ آن نقطه همکاری و شراکت می کنند.

## ۷.۲ استفاده بهتر از توان راکتیو اضافی

در بخش ۷.۱ دیده شد که هر گروه یک مقدار «مقدار مرجع» برای تولید توان راکتیو دارد که تلاش می کند به آن برسد ولی کنترل نقاط پیلوت با وجود آن در اولویت است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مرجع راکتیو **Qref** را می توان به منظور ترفیع ساختمان بانک های توان راکتیو مهم می توانند در هنگام افزایش بار یا بروز نقص بکار گرفته شوند ، در مقدار صفر تنظیم کرد در شکل ۴، می توان دید که توان راکتیو تولید شده بوسیله یک ژنراتور در نیروگاه **Saint alban** با استفاده از **CSVC** به اندازه آن در حالیکه از **CVC** استفاده می شود نیست و در حدود **100MVAR** تفاوت دارد

**Qref** را همچنین می توان برابر با متوسط تولید لحظه ای توان راکتیو انتخاب کرد تا پراکندگی توان راکتیو بین ژنراتورها بوجود نیاید این مقدار متوسط متحرک که به عنوان مرجع استفاده شده را ممکن است برای تشکیل یک ردیف محدودیت همانطور که در یک سیستم **SVC** می باشد در هنگام بی دقتی ، در نظر گرفت در کنترل دینامیک همچنین تاوان کمتری نسبت به بیشتر **SVC** های دیگر که توجه به محدودیت های شدید تولید راکتیو دارند بایستی متحمل شد در شکل های ۳،۲ می توان دید که بعد از ۱۰۰ ثانیه ولتاژ **Chaffard** فقط ۲ کیلو ولت از نقطه تنظیم در **CSVC** فاصله دارد در حالیکه این فاصله ۶ کیلو ولت برای **SVC** می باشد .

### ۷.۳ کنترل ولتاژ در حالت بروز نقص و تغییرات بار

در حالت بروز نقص (تریپ واحد یا خط ) **AVR** ها برای بهبود و افزایش ولتاژ کمک و شراکت می کند ولی بعضی اوقات این نمی تواند بقدر کافی مؤثر باشد در نتیجه شبکه ضعیف باقی می ماند بعد از واکنش **AVR , CSVC** اجازه می دهد که نمودار ولتاژ با

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

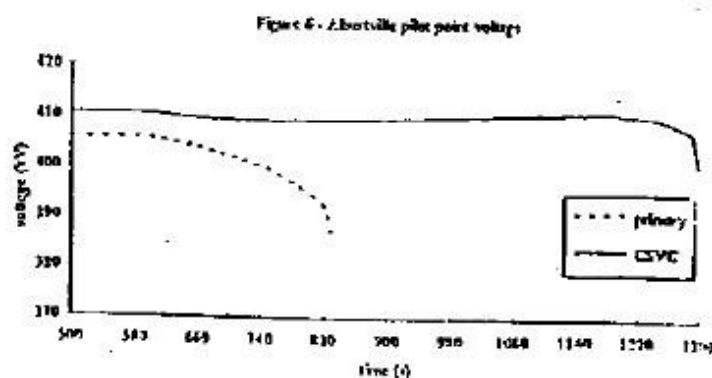
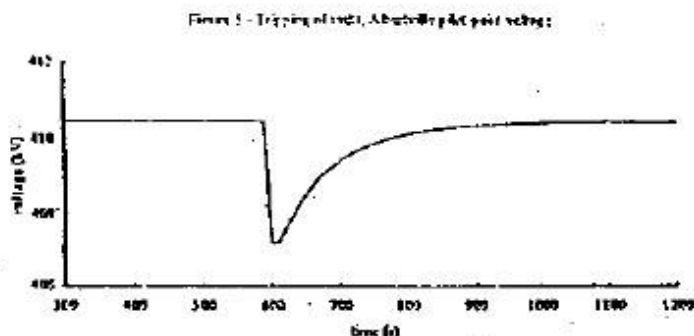
هماهنگی در تولید راکتیو بحالت اول برگردد بنابراین می توان از فروپاشی ولتاژ در محدوده کنترل جلوگیری کرد .

شکل ۵ بازگشت سریع ولتاژ گره پیلوت را به وسیله **CSVC** بعد از یک افت ۵ کیلو ولتی ناشی از تریب واحد ، در کمتر از سه دقیقه نشان می دهد ، با همکاری در نگه داشتن ولتاژ در بعضی از گره های نماینده شبکه و بهینه سازی استفاه از تولید توان راکتیو ، **CSVC** کمک به بهبود ضریب ایمنی شبکه می کند در بعضی مواقع بحرانی که ممکن است باعث فروپاشی ولتاژ شود برنامه **CSVC** می تواند لحظه مهلک فروپاشی ولتاژ را برای چند دقیقه دفع کند آن دقایق گرانبها فرصت کافی را به اپراتور می دهد تا اندازه گیری های اضطراری مانند مسدود ساختن **OLTC** و یا پخش بار از راه دور میان بقیه را انجام دهد .

شکل ۶ عملکرد مدیریت ولتاژ در یک شبکه با کنترل اولیه و با **CSVC** را تحت شرایط افزایش شدید بار ( ۳۰٪ در ساعت ، مقدار اولیه **60000MW** ) و بدون تغییر برنامه کاری ژنراتور نشان می دهد این نشان مید هد که شبکه ای که با **CSVC** کنترل شود در این مثال می تواند در مقایسه با حالتی که با **AVR** کنترل شود به مقدار **3000MW** بیشتر بارگذاری

شود

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



## VI پیش روی CSVC

### VI.1 کاهش یافته جهت بهینه سازی برای مسائلی با چندین متغیر

همانطور که در بخش **IV.2** بیان شد بایستی کنترل شود که زمان عملکرد **CSVC** با زمان

طبیعی مورد نیاز در مسائل شبکه های بزرگ سازگاری دارد یا نه

الگوریتم **CSVC** به سه قسمت تقسیم شده است جمع آوری اطلاعات و فیلتر سازی آنها،

کنترل صحت اطلاعات و حل مسئله بهینه سازی، فراهم کردن و فرستادن دستورات

قسمت اعظم زمان گرفته شده در این الگوریتم به حل مسئله بهینه سازی اختصاص می یابد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زمان عملکرد نرم افزار جهت بهینه سازی در سیستم یونیکس اندازه گیری شده است در این روش این نکته در نظر گرفته شده بود که زمان اجرا با یک زمان واقعی همخوانی داشته باشد زمان تأخیر برای مسائل با حدود شصت متغیر و چند صد محدودیت در حدود نیم ثانیه است این نتیجه با استفاده از روش محدودیت فعال بدست آمد که یکی از مؤثرترین و قابل اعتمادترین روش ها برای حل مسئله بهینه سازی درجه دوم با محدودیت های خطی می باشد دو دلیل برای آن وجود دارد :

- هر مرحله از الگوریتم فقط با محدوده های نابرابر سروکار دارد (یعنی آنهایی که به وسیله راه حل فعلی واجد شرایط برابر شده اند) که برای ما بعنوان « محدوده های فعال » شناخته می شود از آن نحوه نامگذاری این روش نیز معلوم می شود

- تکنیک های جبر خطی در این الگوریتم استفاده شده اند این تکنیک ها قابل مقایسه با اصول عملی روش ساده تر می باشند و همگرایی به تعداد محدودی از تکرارهای محاسباتی از تضمین می کند

- در مقایسه با روش گرادیان کاهش یافته برای مثال ، روش محدوده فعال دارای قابلیت اعتماد و سرعت بیشتری می باشد این روش با مسائلی که دارای شرایط نامطلوبی می باشند خیلی مؤثرتر بر خورد می کند و زمان محاسبات را خیلی کاهش می دهد (برای مسائل ناقص با ضریب ۲۰ و برای سایر مسائل با ضریب ۱۰۰)

- **۶.۲ قابلیت اطمینان و قدرتمندی Robustness**

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بعضی از ویژگیهای مهم دیگر که **CSVC** را قادر به انجام آنها می کند مانند قابلیت اطمینان آن و یا قدرتمندی آن نیز مورد مطالعه قرار گرفته اند :

حلقه های بسته این برنامه بعضی از انحرافات را در فاکتورهای حساسیت مجاز می کنند بنابراین در شرایط نرمال و یا با یک افزایش اندک بار ، ماتریس های حساسیت در یک فرکانس کم بطور متناسب اصلاح می شوند ولی محاسبه این ماتریس ها نیز در حالت آسنکرون به وسیله یک حادثه یا رویداد انجام می شود ( تغییر توپولوژی تریپ یونیت ، تغییر عمده بار )

قابلیت اطمینان این روشها در الگوریتم اجرا شده است ( فیلتر سازی ، محدوده های متحرک ) تا آثار تأخیرات زمانی و یا خطاهای اندازه گیری بوجود آمده در هنگام انتقال اطلاعات را کاهش دهد برای مثال روش محدوده های متحرک عبارت است از کاهش کنترل دینامیکی در هنگامی که بعضی از متغیرها به محدوده هایشان نزدیک می شود و این عمل به وسیله تغییر آن محدوده ها در فرامین بعدی انجام می شود

بعنوان یک مثال، شکل ۷ نشان می دهد که نوسان ناشی از تأخیرات انتقال اطلاعات دور و یا ناشی از رسیدن ولتاژ یک نقطه پیلوت به محدوده بالای هنگامی که استفاده از روش حد متحرک ناپدید می شود .

### ۷.۱.۳ درجات مختلف هماهنگی برای پیش روی آرام



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای تکمیل سیستم **CSVC**، بایستی کامپیوتر ما در مرکز کنترل و سایر تجهیزات ارتباطی در واحدهای تنظیم و پست های پیلوت نصب شوند این تجهیزات جمع آوری اطلاعات اندازه گیری محلی را در هر ۱۰ ثانیه و تبادل اطلاعات و سیگنالها را با کامپیوتر مادر از طریق یک شبکه انتقال **TCP/IP** میسر می سازند اطلاعات دیگر و توپولوژی و پخش بار شبکه نیز به وسیله **SCADA** فراهم میشود.

بطور آشکار، بهتر است که یک هماهنگی کامل از منابع راکتیو با کنترل از راه دور مستقل داشت ولی به منظور مستهلک کردن هزینه های سرمایه گذاری این دستگاه ها در چند سال، بسته به درجه نفوذ کمپنراتورهای استاتیک یا ژنراتورها، درجات مختلفی از هماهنگی آنها را می توان بکار گرفت.

در نتیجه ممکن است سیستم **CSVC** در یک سیستم قدرت بزرگ بتدریج اجرا و تکمیل شود.

درجه اول از هماهنگی، کنترل از راه دور واحدهای مهمتر می باشد و سایر واحدها در حالت اولیه کنترل باقی می مانند برای اینکار ماتریس های حساسیت برنامه کنترل استفاده می شوند تا اطلاعات تأثیر ژنراتورها نسبت به نقاط پیلوت انتخابی را بدست آورند (جدول

(۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با مثال ارائه شده در منطقه **Rhone- Aples** بیشتر از ۶۰ ژنراتور و در حدود ۵۰ نیروگاه هیدروالکتریک در آن انتخاب شده اند کل توان راکتیو مورد کنترل تولید شده در این مجموعه **800MVAR** می باشد

درجه دوم هماهنگی استفاده از یک سیگنال از راه دور منحصر به فرد برای یک مجموعه از واحدهای مورد تنظیم می باشد این کار بویژه برای واحدهای کوچکتر مانند واحدهای آبی که به تنهایی مهم نیستند ولی در جمع قابل توجه می باشند مفید می باشد این نوع هماهنگی همچنین می تواند هنگامی که فقط یک کانال انتقالی تک برای مجموعه ای از واحدها وجود داشته باشد مورد استفاده قرار گیرد

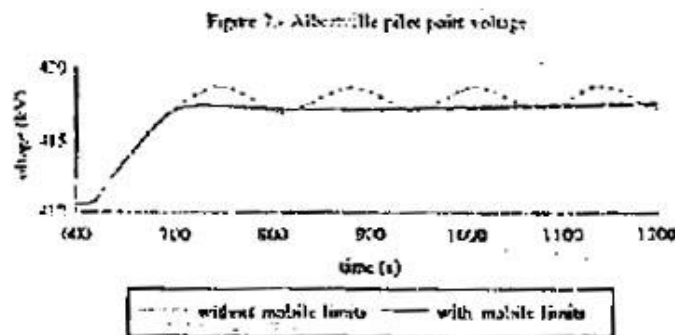
یک مثال از این هماهنگی واسطه برای واحدهای آبی فرانسه که اغلب به وسیله تنها یک کامپیوتر نمایشگر قرار گرفته در هر واحد کنترل می شوند ارائه شده است بعضی اوقات یکی از این کامپیوترها برای کنترل چند واحد بکار می روند

برای کنترل این واحدها توسط **CSVC**، یک سیگنال «تراز» برای هر مجموعه از واحدهای مورد تنظیم محاسبه می شود این سیگنال با استفاده از تغییرات ولتاژ ترمینال  $\Delta U$  و حل مسئله بهینه ساوی و ماتریس حساسیت **Cq** محاسبه می شود سیگنال «تراز» به کامپیوتر نمایشگر که کنترل یک یا چند نیروگاه آبی را بعهده دارد ارسال می گردد و بعنوان یک نقطه تنظیم **Setpoint** جهت کنترل میزان تولید راکتیو استفاده می شود (دیاگرام ۱)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

آخرین درجه هماهنگی یک کنترل کلی دارد بطوری که در تمام واحدها بصورت مستقل و از راه دور کنترل می شوند .

شکل ۸ عملکرد بدست آمده با هماهنگی واسطه را نشان می دهد که در آن چند نیروگاه هیدروالکتریک به وسیله یک سیگنال « تراز » منحصر به فرد در حالت تریپ واحدها ، کنترل می شوند ، تفاوت مقایسه شده با هماهنگی کامل واقعاً مهم و قابل توجه نیست .



WIKIPOWER.IR

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

	CHATEL	ALBERT	CPSE
Generator x units			
Dugoy x4	0.009	0.009	0.011
St-Alban x2	0.1	0.053	0.018
La Batlie x4		0.027	
Le Cheylas x2	0.021	0.013	0.01
La Coche x4		0.023	
Super-Bissorte x5		0.02	
Villarodin x2	0.011	0.023	
Malgover x4		0.014	
La Saussoz x2		0.011	
Genisiat x4		0.01	
Grand' Maison x12			0.047
Monteynard x4			0.021
Cardene x2			0.012
St-Guilherme			0.02

Table 1 - Coefficients  $C_v$  linking voltages at pilot points to generator terminal voltages

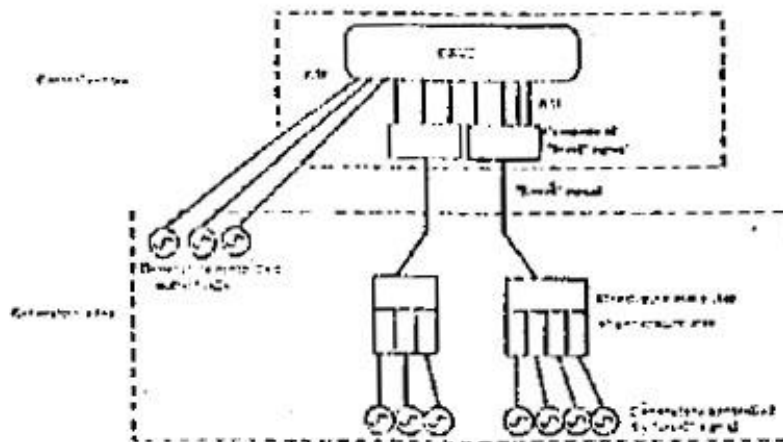


Diagram 1 - Intermediate co-ordination using a unique "level" signal for a set of units

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

## VII نتیجه گیری

کنترل ولتاژ در یک شبکه انتقال قدرت هنگامی که در شبکه تغییراتی بوجود می آید ضروری می باشد: شبکه ها نزدیک تر به محدوده هایشان بکارگرفته می شوند و خواسته های مشتریان با افزایش کیفیت برآورد می شوند. دستگاه ها هرچه بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند و تکمیل شده اند اگر چه توسعه موثر هنوز با مشکلاتی روبرو است.

ساختار کنترلی ولتاژ با استفاده از سه تراز که شامل زمان و موقعیت می شوند در شبکه ولتاژ فرانسه ثابت شده است که عملکرد موثری دارند با کنترل اولیه اتوماتیک محلی و کنترل ثانویه منطقه ای، تراز ولتاژ در شرایط عملکردی روتین بهتر اداره می شود.

به منظور پرهیز از محدودیت های حاضر کنترل ثانویه ولتاژ **EDF** طرح جدیدی از کنترل ولتاژ ثانویه به نام **CSVC** را جایگزین مدل قبلی کرده است این برنامه کنترل مرتبط با هم را مدیریت کرد مطالعات طراحی و توسعه که تحت عنوان شبیه سازی دینامیک بر **EUROSTAG** انجام شده است نشان می دهند که ویژگیهای **CSVC** خواسته های کلی را برای یک کنترل ثانویه فراهم می کند و مدیریت وضعیت ولتاژ و منابع راکتیو را بهبود می بخشد.

نتایج شرح داده شده در این مقاله نشان میدهند که سیستم **CSVC** قادر به سرپرستی یک شبکه متراکم با تعداد زیادی از ژنراتورهای مختلف و ناهمگن می باشد این سیستم همچنین کنترل ولتاژ در نقاط پیلوت را در شرایط دینامیکی رضایتبخش و با زمان محاسبه ای که

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نیازمندیهای زمان و ابعی را برآورده می کند تضمین می کند این نشان می دهد که **CSVC** واقعاً در تمام شبکه ها مفید می باشد علاوه بر آن **CSVC** فقط به تعداد کمی اندازه گیری های قابل اطمینان در پست های پیلوت و یک ورودی در **AVR** ژنراتورها نیاز دارد .

علاوه بر این سیستم **CSVC** را می توان با یک مبنای اندک **Gradval basis** بکار گرفت این پیش روی اندک همزیستی با کنترل موعود و بهره گیری از تجهیزات موجود را امکان پذیر می سازد .

## یک کنترل کننده غیر حساس برای تنظیم ولتاژ سیستم های قدرت

### خلاصه :

در این مقاله یک کنترل خطی قدرتمند ولتاژ جهت اصلاح و بهبود پیاداری سیستم قدرت و عملکرد آن تحت شرایط کارکردی متغیر پیشنهاد شده است. این کنترل کننده شامل تنظیم کننده اتوماتیک ولتاژ (**AVR**) و استابلاز سیستم قدرت می باشد. این کنترل کننده تغییرات ولتاژ ترمینال را محدود کرده و نوسانات الکترومکانیکی را میرا می کند و تحریک مولد را در طول و پس از وقوع یک اتصال کوتاه در تمام نقاط کار افزایش می دهد. روش طراحی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

انتخاب شده جهت بهبود پارامتری سیستم قدرت بر اساس عکس حساسیت می باد. این اولین باری است که یک روش طراحی پاراکتریک قدرتمند جهت حل مسئله رگولاسیون ولتاژ بکار برده می شود. اصول این روش در حالتی که پارامتربرداری باشد، نشان داده شده است. کنترل غیرفعال ساختمان ساده ای دارد و بنابراین می توان به آسانی آن را ساخت. نتایج بدست آمده توسط نرم افزار شبیه ساز و توسط تحلیل گر حالت های گذرای شبکه برق فرانسه، عملکرد خوب و مزایای این کنترلر را نسبت به روش اغتشاشات گوناگون نشان می دهند. این روش را می توان برای تمام انواع ژنراتورها و به خصوص توربور ژنراتورهایی که رد شرایط عملکردی بسیار متفاوت کار می کنند بکار بست.

#### مقدمه :

ما در این نوشته روشی برای طراحی یک کنترلر ولتاژ پیشنهاد می کنیم که شامل یک رگولاتور ولتاژ (AVR) و PSS بدست آمده هماهنگ می باشد. مدل طراحی که در نظر گرفته شده، بر اساس سیستم کلاسیک «یک ماشینی بایاس بار بی نهایت» می باشد.

یک رگولاسیون ولتاژ خوب برای پایداری شبکه بسیار مهم می باشد و این موضوعی است که سالها توجه متخصصین را به خود معطوف داشته است: برای تمام نقاط کار مجاز، هرگونه تغییراتی بر روی ولتاژ تحریک بایستی:

- پایداری سیستم را تضمین کند.

- نوسانات الکترومکانیکی را میرا کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

- به رگولاسیون ولتاژ بدون ایجاد خطای استاتیک دست یابد.

- در حالت های اتصال کوتاه، عملیات کلید زنی و تغییرات فرکانس باس بار، عملکرد خوبی را از خود نشان دهد.

مدل آخر یک نمونه از واکنش بین ماشین مورد نظر و سایر موارد می باشد. برای همه ماشین های از یک نوع، ما پارامترهای کنترلر را بطور یکنواخت تنظیم می کنیم. مطابق تجربه *EDF*، بررسی یک ماشین منحصر به فرد جهت ل مسائل چند ماشین مؤثر می باشد.

یکی از مشکلات این مسئله به علت انواع مختلف اغتشاشات است که بایستی مردود شوند. برای مثال یک چرخه  $\omega$ -loop ( $\omega$ ) که همان سرعت روتور است، به ما اجازه می دهد که تحریک را افزایش دهیم، و سپس پیداری گذرا بهبود می یابد. ولی این چرخه، تغییرات ولتاژ ترمینال را هنگامیکه فرکانس باس بار تغییر کند، افزایش میدهد. بنابراین، کنترلر بایستی توافق و سازگاری لازم بین عملکرد مطلوب را درک کند.

مشکل دیگر بدست آوردن عملکرد خوب برای همه نقاط کار ممکن می باشد. در حقیقت، رفتار آلترناتور متصل به شبکه، به چیزهای دیگری از جمله: موقعیتش در آن برنامه تولید وابسته می باشد. بنابراین، یک کنترل کننده ولتاژ نبایستی نسبت به تغییرات نقطه کار حساس باشد. در این مقاله این تغییرات به عنوان مجهولات پارامتریک در نظر گرفته شده اند.

روش های گوناگون برای بهبود و طراحی کنترل کننده های ولتاژ استفاده شده است. در بیشتر آنها، برای بهبود میراسازی نوسانات، سیگنال های پیدار کننده به چرخه ولتاژ



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قراردادی AVR اضافه می شوند. AVR معمولاً یک رگولاتور از نوع متناسب و انتگرالگیر (PI) می باشد. بعضی از روش های دیگر براساس تئوری کنترل مدرن می باشد. برای مثال محل قرار گرفتن قطبها، کنترل بهینه خطی درجه دوم، کنترل غیرخطی و تئوری HOO متأسفانه، آنی روش ها برای طراحی یک کنترلر قدرتمند نسبت به مجهولات پارامتری، مناسب نمی باشند. در حقیقت، از این دیدگاه، روش های کنترل غیرخطی ضمانت های لازم جهت سیستم قدرتمند را فراهم نمی کنند. از طرف دیگر، تمام روش های مربوط به تئوری HOO (مانند پیوند  $\mu$  بسیار محافظه کاراته می باشند. مانند روش پارامتری که در مسئله مورد بحث ما عنوان شد.) یک ژنراتور متصل به یک سیستم غیرخطی می باشد که می تواند حول یک نقطه کار که به وسیله مقادیر ویژه  $X^*, Q^*V^*P^*$  مشخص شده است خطی در نظر گرفته شود. بنابراین، مدل خطی شده به برادر پارامترهای بستگی دارد؛  $\theta^*$  می تواند در یک دامنه  $D$  مجاز پارامتری نامیده می شود، تغییر کند که تمام نقاط کار ممکن را مشخص می کند. بعضی از مؤلفه های  $\theta^*$  (به ویژه  $X^*$ ) مجهول می باشند. علاوه بر این، به منظور بدست آوردن یک کنترلر ثابت خطی، در این مقاله فرض شده است که تمام بردار  $\theta^* \in D$  مجهول است (در حالیکه  $D$  شناخته شده است). تغییرات  $\theta^*$  در محدوده  $D$  از نوع مجهولات پارامتری می باشند.

هدف از این مقاله پیشنهاد یک روش برای طراحی یک کنترلر قدرتمند نسبت به این مجهولات پارامتری می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کمی تخصصی تر ، این کنترلر خطی است ، تغییر ناپذیر با زمان است ، مستقل از  $\theta$  و برای هر  $\theta \in D$  .

- مرزهای (*Margins*) قدرتمند کافی فراهم می کند (یعنی بهره (*gain*))، فاز و مرزهای تأخیر).

- تنظیم ولتاژ را بدون خطای استاتیک انجام می دهد.

- اثرات اغتشاشات را بر روی ولتاژ ترمینال ماشین به حداقل می رساند.

مسئله طراحی یک کنترلر قدرتمند نسبت به مجهولات پاراکتری موضوع بسیاری از مطالعات

بوده است. علیرغم این کوششها فقط تعداد کمی وجود دارند که اکثر آنها هم فقط با آنالیز

محض سر و کار دارند (برای مثال روش خاریتونوف و آنالیز ترکیبی  $\mu$  را ببینید). روش ما

روش «عدم حساسیت» می باشد. این روش طراحی براساس کنترل بهینه گوسی درجه دوم

خطی (*LQG*) پیاپی گذاری شده که در آن شاخص درجه دومی که باید می‌مینیم شود، به

وسیله «حساسیت» افزایش می یابد. این روش ، تغییرات متغیرهای سیستم را مشخص می

کند هنگامی که  $\theta$  در  $D$  تغییر می کند.

اولین پیشرفت ها در این روش توسط چند مؤلف انجام شدند و توسط لارمینات و بگوویچ

در حالتی که  $\theta$  یک اسکالر باشد مورد مطالعه عمیقتر قرار گرفتند. این روش در این مقاله

در حالت کلی تر وقتی که  $\theta$  یک بردار می باشد مورد بررسی قرار گرفته است. باید توجه

داشت که در روش های کنترلی ذکر شده در بالا ، برای مثال روش های «ترکیب  $\mu$ » و

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

«خاریتونوف»، پیاداری یک اصل از قبل تضمین شده برای تمام «مدل های خطای» مجاز می باشد. بهایی که بایستی پرداخت، حفظ و نگهداری آن و یا محاسبات حجیم پیچیده می باشد.

در روش عدم حساسیت، پارامتر مجهول  $\theta$ ، فرض شده است که یک پارامتر اتفاقی با توزیع گوسی می باشد و در لحاظ اول و دوم شناخته می شود. مرحله دوم را برای پارامترهای طراحی در نظر می گیریم، یعنی عنوان یک درجه آزادی اضافی برای بهبود قدرتمندی.

پایداری سیستم کنترل شده برای مقادیر (و یا در عمل برای مجهول از مقادیر انتخاب شده) از  $\theta$  در  $D$  بایستی از پیش چک شده باشد. این روش دو مزیت دارد: مطابق تجربه ما، اولاً محافظه کارخانه نیست و دوم اینکه مسائل مربوط به ضریب بهره را از خود نشان نمی دهد. کنترل غیرفعال راه حل خوبی را برای مسئله ما فرام می کند. علاوه بر آن همانطور که در شکل ۱ نشان داده خواهد شد، کنترل کننده حاصل شامل چهار مدار موازی با  $V$  و  $P-Pm$  و  $\omega$  و  $V$  و  $Vc$  می باشد که در آن  $Vc, \omega, Pm$  به ترتیب توان مکانیکی، سرعت چرخش روتور و سیگنال دستور می باشند. این کنترل کننده را می توان به عنوان یک AVR که توسط یک PSS مکمل شده است در نظر گرفت که جهت پایدار سازی سیگنال های  $(P-Pm)$  و  $\omega$  بکار گرفته شده باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این قسمت از نوشته به ترتیب زیر فصل بندی شده است: فصل ۲ بررسی مدل اختصاص داده شده است. در فصل ۳ «عدم حساسیت» توضیح داده شده است. فصل ۴ نتایج را در بردارد و فصل ۵ نیز جمع بندی مطلب است. امکانات ریاضی غیر استاندارد (مانند عملیات کرونگر بر روی ماتریس ها) به همراه بعضی محاسبات در ضمیمه ارائه شده اند. یک دیدگاه خلاصه نیز از تئوری LQG در بخش ۱-۳ داده شده است.

## ۲- مطالعه مدل

یک ماشین متصل به یک باس بار بی نهایت از طریق یک راکتانس خارجی را می توان به وسیله یک مدل غیرخطی بر اساس معادلات پارک تشریح کرد. تحت مفروضات همیشگی (اشباع نداشته باشیم، و مشتقات  $\frac{di}{dt}$  و  $\frac{du}{dt}$  نسبت به  $\omega i$  و  $\omega \psi$  صرفنظر کردن باشند.)، یک مدل غیرخطی از مرتبه پنجم بدست می آید. چون برای طراحی یک کنترل کننده خطی به یک مدل خطی نیاز می باشد، مدل غیرخطی با مشتق گیری از یک نقطه خطی می شود. به وسیله روش ساده سازی مدل مبتنی بر درک متقابل یک مدل خطی مرتبه سوم کلاسیک که ولتاژ تحریک را به سرعت روتور، ولتاژ ترمینال و توان اکتیو مربوط می کند، بدست می آید. بالاخره چون یک مدل خطی شده بستگی به بردار پارامترها یعنی  $\theta$  دارد، یک ماشین متصل به یک باس بار بی نهایت می تواند توسط معادله حالت زیر تشریح شود:

$$\begin{aligned} X(t) &= A(\theta)X(t) + B(\theta)U(t) + \alpha(t) \\ Y(T) &= X(t) \quad X = [WVP]^T \quad X(0)X_0 \end{aligned} \quad (1)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

که در آن  $\alpha(0)$  نویز کوچک تحریک حالت ،  $X_0$  حالت اولیه ،  $U=Vp$  ولتاژ تحریک و  $Y$  خروجی اندازه گیری شده می باشند.  $A(\theta)$  و  $B(\theta)$  به ترتیب ماتریس های حالت ورودی می باشند.

### ۳- روش عدم حساسیت

همانطور که در بالا گفته شد، سختی مسئله ما بطور عمده در مجهولات پارامتری نهفته است. ما مجبوریم پایداری سیستم را به خوبی عملکرد مناسب آن را هنگامیکه سیستم تغییر می کند تضمین کنیم. برخلاف روش  $LQG$  استاندارد، عدم حساسیت در مراحل طراحی رگولاتور شامل مجهولات پارامتری می باشد. اصل کنترل غیرحساس ، اثرات تغییرات پارامترها را که در واقع همان اغتشاشاتی می باشند که باید حذف شوند، به حداقل می رساند.

#### ۳-۱- یک بازنگری خلاصه بر تئوری $LQG$

معادله حالت یک مدل خطی را در نظر بگیرید :

$$\begin{aligned} X(t) &= Ax(t) + Bu(t) + \alpha(t) \\ Y(t) &= Cx(t) + \beta(t), X(0) = X_0 \end{aligned}$$

که  $\alpha(0)$  و  $V\beta(0)$  به ترتیب نویز تحریک حالت و نویز اندازه گیری می باشند. هر دوی آنها فرش شده است که گوسی می باشند.  $X_0$  حالت اولیه ،  $u$  ورودی و  $y$  خروجی اندازه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

گیری شده می باشند؛  $A$  و  $B$  به ترتیب کیفیت و ماتریس ورودی می باشند. مسئله کلاسیک

$LQG$  این است که رگولاتور  $K$  را که مشخصه درجه دوم را مینیمم می کند، پیدا کند :

$$J = \lim_{t \rightarrow \infty} \int_0^t E[X^T(t)Q_C X(t) + U^T(t)R_C U(t)] dt$$

$Q_C$  یک ماتریس متقارن معین غیرمنفی می باشد که تغییرات معادله حالت حول مقدار نامی

آن متمرکز شده است.  $R_C$  یک ماتریس متقارن معین مثبت می باشد که انرژی کنترل را تعیین

می کند. با چنین معیاری، رگولاتور بدست آمده معامله پایاپای بین تغییرات حالت و انرژی

سیگنال کنترل را می فهمد. توجه داشته باشید که در این حالت مجهولات پارامتری در نظر

گرفته نمی شوند. اگرچه، معادله حالت (۱) به متغیر اتفاقی  $\theta$  وابسته است. همچنین،

اعمالی یک روش طراحی  $LQG$  کلاسیک به چنین سیستمی غیر ممکن است.

عدم حساسیت یک روش طراحی مبتنی بر تئوری  $LQG$  می باشد. این روش تغییرات

پارامتری را در مراحل طراحی کنترل کننده به حساب می آورد. بخش بعدی اصول روش را

توضیح می دهد و نشان می دهد چگونه با تقریب امکان استفاده از تئوری  $LQG$  برای یک

سیستم که مبتنی بر یک پارامتر نامعین می باشد، وجود دارد.

## ۲-۳- اصول این روش :

معادله حالت (۱) را در نظر بگیرید در حالتی  $\theta \in R^p$  و  $\theta$  یک پارامتر اتفاقی گوسی باشد و

فرض شده باشد که  $\theta$  نامتغیر با زمان و مرتبط با  $\alpha(t)$  باشد؛  $\bar{\theta} = E(\theta)$  و  $\bar{\theta} = \theta - \bar{\theta}$  و  $\bar{\theta}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و  $\Sigma_\theta$  شناخته شده و  $\theta$  ناشناخته می باشند. مسئله مورد بحث در این نوشته این است که کنترل کننده  $K$  را که شاخص درجه دوم زیر را به حداقل می رساند پیدا کنیم:

$$J_1 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T E[X^T(t, \theta) Q_C(X, \theta) + u^T(t, \theta)] dt$$

به ضوح معلوم است که حل یک اصل کنترل  $LQG$  استاندارد خواهد بود اگر  $\theta$  شناخته شده باشد تصور کنید که  $\theta$  کوچک می باشد، بنابراین یک بسط درجه اول تیلور از  $X$  و  $U$  حول  $\bar{\theta}$ ، تقریب خوبی از آنهاست. با استفاده از حاصل ضرب های کرونکر (ضمیمه را ببینید) یک تقریب از  $J_1$  و  $J_2$  بدست می آید که از مقدار متغیر اتفای  $\theta$  مستقل می باشند:

$$J_2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T E[X^{-T} Q_C \bar{X} + U^{-T} R_C \bar{u} + (\bar{V}_\theta \bar{X})^T (\Sigma_\theta \otimes Q_C) (\bar{V}_\theta \bar{X}) + (\bar{V}_\theta \bar{u})^T (\Sigma_\theta \otimes Q_C) (\bar{V}_\theta \bar{u})] dt \quad (3)$$

که در آن  $\bar{Z} = Z(t, \bar{\theta})$ ،  $\bar{V}_\theta \bar{Z} = \left[ \frac{\partial Z^T}{\partial \theta_1} \dots \frac{\partial Z^T}{\partial \theta_p} \right]^T$  (همچنین نوشته می شود  $\bar{Z}_\theta$ ) حساسیت  $Z$  نسبت به متغیر می باشد و ضرب کرونکر است.

در مقایسه با روش  $LQG$  کلاسیک، معادله (۳) در کل نشان می دهد که اصل کنترل غیر حساس سازی حالت کنترل را نسبت به تغییرات پارامتری به حداقل می رساند. این حداقل سازی اجازه می دهد که قدرتمندی پارامتری سیستم را بهبود ببخشیم. در ادامه نشان خواهیم داد که حساسیت ها را می توان بر پایه آنچه که «مدل حساسیت» نامیده می شود محاسبه کرد که آن هم ارتباط به تعیین رگولاتور  $K$  دارد.

### ۱-۲-۳- مدل حساسیت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

یک کنترلر از نوع LQG می تواند توسط معادلات حالت شکل زیر بیان شود:

$$\xi = Q\xi + \Gamma Y \quad U = -G\xi - HY \quad (4)$$

و  $\mu = \bar{\xi}_0$ ،  $T = \bar{X}_0$  ( با توجه به یادداشت بخ ۲-۳ و ضمیمه). دیفرانسیل گیری از (۱)

نسبت به  $\theta$  و استفاده از ضرب کرونکر باعث می شود که (ضمیمه را ببینید).

$$\sigma = A_\theta X + B_\theta U + I_p \otimes (A\sigma + B u_\theta) \quad (5)$$

$$Y_\theta = \sigma \quad (6)$$

بطور مشابه، دیفرانسیل گیری از (۴) نسبت به  $\theta$  باعث می شود که ک

$$\mu = I_p \otimes (\phi\mu + \Gamma Y_0) \quad (7)$$

$$U_\theta = -I_p \otimes (G\mu + H_{Y\theta}) \quad (8)$$

(مدل حساسیت) به و سیله  $\sigma$  و  $\mu$  مشخص می شود. و به رگولاتور  $K$  بستگی دارد که

بایستی طراحی شود. بنابراین امکان ندارد که معادله (۴) را در یک مرحله به حداقل رساند

و بایستی از یک روش تکراری استفاده کنیم. توجه داشته باشید که این تکرارها رها می

شوند بطوریکه بهره کنترل کننده نصب شده تغییری نکند (یعنی کنترل کننده از نوع

غیرانتخابی می باشد).

## ۲-۲-۳ روش تکراری

فرض کنید که در مرحله  $i$ ، رگولاتور  $K_i$  شناخته شده است. در آن صورت مدل حساسیت

مرتبط با  $K_i$  را محاسبه می کنیم. با ترکیب معادلات (۸-۵) و با استفاده از ضرب کرونکر،

مدل پیشرفته استفاده شده جهت طراحی، خواهد شد :



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\begin{aligned} X_{\sigma} &= A_{\sigma} X_{\sigma} + B_0 U + \alpha'(t) \\ Y(t) &= C_{\alpha} X_{\alpha} \end{aligned} \quad (9)$$

$$A_{\sigma} = \begin{bmatrix} A & 0 & 0 \\ A_{\theta} & I_p \otimes (A - BH_1) & I_p \otimes (-BG_1) \\ I_p \otimes \Gamma_1 & & I_p \otimes \Phi_T \end{bmatrix} \quad B_{\sigma} = \begin{bmatrix} B \\ B_{\theta} \\ 0 \end{bmatrix} \quad X_{\sigma} = \begin{bmatrix} \chi \\ \sigma \\ \mu \end{bmatrix}$$

$$\alpha'(t) = [\alpha(t) \quad 0 \quad 0]^T \quad C_{\sigma} = [I \quad 0 \quad 0]$$

مشخصه درجه دوم (۳) می تواند چنین نوشته شود :

$$J_z = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T E[X_{\sigma}^T V X_{\sigma} + \bar{U}^T R_C \bar{U}] dt \quad (10)$$

که  $V$  ماتریس با عناصر  $V_{31} = 0, V_{21} = 0, V_{13} = 0, V_{12} = 0, V_{11} = Q_C$  و :

//////////

اصل کنترل غیرفعال با استفاده از تئوری  $LQG$  از روی مدل توسعه یافته (۹) طراحی شده است. مینیمم سازی (۱۰) یک کنترلر  $K_{i+1}$  را فراهم سازد. تکرارها تا زمانی تکرار می شوند که همگرایی در تمودار توپولوژی دیده می شود. چون تمام بیانها مدل درجه سوم (۱) قابل قبول می باشند،  $k0$  یک کنترلر  $LQ$  از نوع فیدبک حالت می باشد.

### ۳-۲-۳- کنترلر غیر حساس

این روش یک کنترلر غیر حساس را فراهم می کند که در شکل یک بلوک دیاگرام آن داده شده است. کنترلر به وسیله  $U(S) = -K(S)Z(S)$  در دامنه لاپلاس تعریف شده است، که در آن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$Z = [WV(P - P_m)(V - V_c)^T]$  سیگنال  $P_m$  برای بدست آوردن تأثیر یک تزریق رو به جلو

(Feedforward) استفاده می شود:

ژنراتور با کنترل غیرحساس شده : شکل ۱

تحریک در نظر گرفته شده از نوع جاروبک بوده که می تواند در طراحی به عنوان یک تابع

انتقالی درجه اول مدل شود :

#### ۴- نتایج :

کنترلر حساس حاشیه پایداری کافی را در تمام دامنه  $D$  فراهم می کند. این نوع کنترل

توسط نرم افزارهای (مطلب) (*Eurostag*) (نرم افزاری که برای شبیه سازی زمان در

مطالعات پایداری بکار می رود) و نرم افزار تحلیل کننده حالت های گذرای شبکه برق

فرانسه ، در حالت های مختلف تغییر  $V_c$  (ولتاژ تنظیم ورودی) ، اتصال سه فاز، عملکرد

کلید زنی و افزایش یا کاهش فرکانس باس بار تست شده است. در این بخش ما

عملکرد کنترل کننده ولتاژ پیشنهادی را در بعضی نتایج شبیه سازی در مقایسه با یک *pss*

کلاسیک که از  $p$  جهت پایدار سازی سیگنال ها استفاده می کند، به نمایش گذاشته ایم.

این *pss* برای  $P=P_n$  ,  $U=0/95U_n$  ,  $Q=0/42Q_n$  و  $X=0/65Z_n$  محاسبه شده است.

برای شرایط عملکرد مختلف ، شکل ۲ و ۳ حالت تغییر ۵ درصدی در یک پله از  $V_c$  و یک

تغییر در فرکانس باس بار ( $200\text{mHz}$  در  $1/5$ ) ثانیه را نشان می دهد. برخلاف کنترل کننده

*pss* کلاسیک ، در کنترلر غیرفعال شده دیده می شود که تغییرات ولتاژ ترمینال تقریباً برابر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ولتاژ نقطه کار می با شند. این یک نتیجه بد ست آمده از روش عدم ح سایست می با شد. تغییرات فرکانس باس بار نیز می تواند به عنوان یک اغتشاش که ضرورتاً بر  $\omega$  عمل کند، تعبیر شود. یک تغییر بسیار بزرگ در  $\omega$  برای حذف کردن این نوع اغتشاش ولتاژ نمی تواند، مناسب باشد. اگرچه در شکل ۳ می تواند مشاهده کرد که تغییرات ولتاژ با استفاده از کنترل کننده غیرفعال از همان میزان دامنه و یا کمتر نسبت به کنترل کننده PSS کلاسیک برخوردار می باشد.

شکل ۴ حالت اتصال کوتاه سه فاز را نشان می دهد. در طول و بعد از اتصالی، لازم است که تحریک ژنراتور جهت بهبود پایداری گذرا افزایش یابد. در این حالت سیستم با استفاده از هر دو رگولاتور پایدار می ماند ولی رگولاتور PSS کلاسیک یک کاهش را در سیگنال تحریک بعد از اتصالی تولید می کند ولی رگولاتور غیرفعال تحریک ژنراتور را در بیشترین مقدارش بعد از اتصالی نگه می دارد. (شکل ۴ را ببینید).

می توان هنگامی که اتصالی در شرایط تحمیلی شدیدتری اعمال شود مشاهده کرد که رگولاتور PSS به سمت ناپایداری می رود. (شکل ۵ را ببینید) این موضوع نیاز به استفاده از چرخه  $\omega$  جهت بهبود پایداری گذرا تأیید می کند.

شکل نشان می دهد که رفتار رگولاتور غیرفعال شده در حالت عملکرد کلید زنی نیز رضایت بخش می باشد. تغییرات ولتاژ کوچکتر با استفاده از رگولاتور غیرفعال شده کوچکتر از حالتی است که از رگولاتور PSS کلاسیک استفاده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آر سایت و به همراه فونت های لازمه

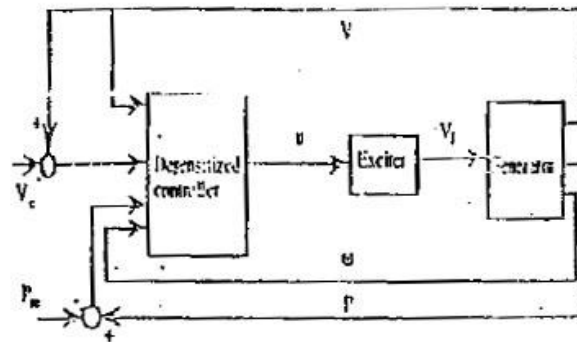
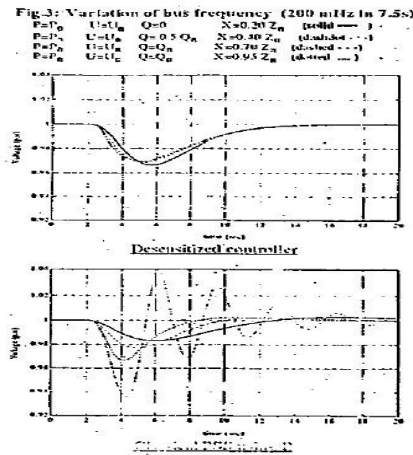
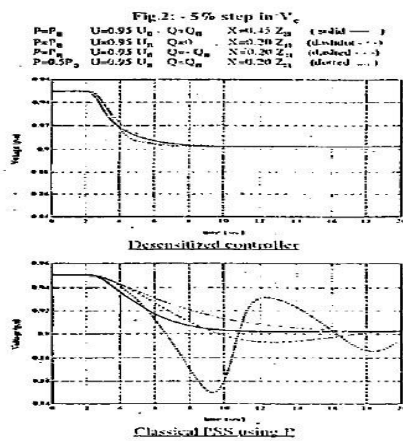


Fig.1: The generator with the desensitized controller

### – جمع بندی

نتایج بدست آمده و ساختمان کنترل نشان می دهند که روش غیر حساس جهت حل مشکل تنظیم ولتاژ سیستم های قدرت مناسب می باشد. این کنترل کننده را می توان به عنوان یک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

AVR/PSS همراه با هم تعبیر کرد. کنترل فیدبک درجه دوم خطی استفاده شده در اینجا اجازه می دهد که توسط چرخه  $\omega$  بعد از یک اتصال کوتاه سه فاز، تحریک افزایش یافته و در نتیجه پایداری گذرا بهبود یابد. علاوه بر آن این چرخه باعث تأثیرگذاری بر تغییرات مهم ولتاژ در هنگامی که این تغییرات ناشی از تغییرات فرکانس باس یار باشند، نمی شود. روش عدم حساسیت قدرتمندی سیستم را نسبت به مجهولات پارامتری بهبود می بخشد. کنترل کننده غیرحساس سیستم را در تمام دامنه کار مجازش پیادار نگه می دارد. تحت اغتشاشات کوچک، عملکرد کنترلر غیرحساس تقریباً مستقل از شرایط کار می باشد. این یکنوع توالی و هماهنگی در کم کردن تغییرات حالت در ولتاژ هنگامیکه پارامترهای سیستم تغییر می کنند، می باشد.

یک روش کنترل فازی (FUZZY) جدید برای بهبود ولتاژ سیستم های قدرت

### خلاصه:

این نوشته یک روش جدید با استفاده از تئوری مجموعه Fuzzy برای کنترل ولتاژ و توان راکتیو سیستم های قدرت ارائه می کند. هدف این نوشته افزایش ضریب اطمینان ولتاژ یک سیستم قدرت می باشد. حد مجاز ولتاژ باس یار و متغیرهای کنترل، به نمادها و علائم مجموعه Fuzzy ترجمه می شوند تا رابطه بین حد مجاز ولتاژ و توانایی کنترل دستگاه های کنترل کننده را مشخص سازند. در ابتدا با استفاده از عملگر  $min$  متعلق به مجموعه Fuzzy یک مجموعه جواب عملی بدست می آید و سپس با بکارگیری عملگر  $max$  مجموعه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جواب دقیق خیلی سریع معلوم می شود. استاندارد اصلاح شده IEEE30 (سیستم تست باس بار) برای تشریح کاربرد روش پیشنهادی بکار برده می شود. شبیه سازی نتایج نشان می دهد که این روش کارآمد می باشد و انعطاف پذیری و سازگاری خوبی برای کنترل ولتاژ و توان راکتیو دارد.



## ۱- مقدمه :

چون نمودار ولتاژ یک سیستم قدرت می تواند به طور ثابت به وسیله تغییرات بار و یا تغییرات ساختار شبکه تحت تأثیر واقع شود، اندازه گیری و کنترل زمان واقعی برای ساده کردن مسائل ناشی از اغتشاشات لازم می باشد.

تعدادی از سیستم های ویژه و سیستم هایبرید (ابتکاری و الگوریتمی) نیز جهت حل این مسائل بکار گرفته شده اند. این مقالات یک روش جدید برای کنترل ولتاژ / توان راکتیو ارائه می کنند که توسط سیستم با فائده و / یا قوانین ابتکاری (که روش خوبی برای حل مسائل ضریب اطمینان و تاژ با کنترل زمان حقیقی می باشد) اجرا می شوند. در بعضی از

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقاله ها یک استدلال تقریبی در مورد کنترل ولتاژ/ توان راکتیو مبنی بر یک مدل انعطاف پذیر پیشنهاد شده است. روند کنترل در این روش به وسیله قواعد ساده ای بیان شده است و میزان نزدیکی حالت سیستم را به شرایط عملکردی تعیین شده اندازه می گیرد و از معادلات خطی برای بدست آوردن مدل های کنترل مؤثر استفاده می کند. در بعضی از مقاله ها یک جریان توان بهینه شده *Fuzzy* ارائه شده است. در این روش مجهولات مصرف و تولید به شکل اعداد *Fuzzy* مدل شده اند. و نیز مقدار هزینه *Fuzzy* برای عملکرد سیستم بعلاوه احتمال توزیع برای بخش بار خطوط و میزان تولید بدست می آیند. و به تازگی روش های کنترل ولتاژ- توان راکتیو با استفاده از مجموعه های *Fuzzy* گزارش شده اند که هدفشان در به حداقل رساندن تلفات توان سیستم می باشد.

در این مقاله ، ما یک مدل کنترل ولتاژ توان راکتیو را با استفاده از مجموعه های *Fuzzy* معرفی می کنیم که هدفشان در افزایش ضریب اطمینان ولتاژ می باشد. در این مدل دو متغیر زبانی برای اندازه گیری نزدیکی یک مقدار داده شده با شرایط معینی که باید تحقق یابد، اعمال می شوند. حد مجاز ولتاژ باس یار و توانایی کنترل دستگاه های کنترل کننده هر دو بایستی در ابتدا به نمادهای مجموعه *Fuzzy* تبدیل شوند. پس از آن از طریق عملگرهای *Fuzzy* خیلی سریع می توان جواب مورد نیاز را دریافت. روش پیشنهادی ما ساده و بدون پیچ و خم می باشد که وظایف دو متغیر زبانی را مبتکرانه تعریف می کند بطوریکه شایستگی های روش *Fuzzy* به میان کشیده و مطرح می شوند. روش پیشنهادی در این مقاله

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در استاندارد اطلاع شده IEEE30 (سیستم تست باس بار) اعمال شده است. نتایج اعمال این روش به استاندارد مذکور نشان می دهد که این روش بطور کامل مؤثر می باشد و در کنترل زمان واقعی قابل اجرا است.

## ۲- بیان مسئله

در عملکرد سیستم قدرت هرگونه تغییری در توپولوگرافی سیستم و میزان تقاضای توان الکتریکی می تواند باعث تجاوز ولتاژ از حد مجاز شود. در نتیجه یک افزایش ثابت ضریب اطمینان ولتاژ ضروری می باشد. کنترل بهینه ولتاژ و توان راکتیو، یک تفکیک مهم برا بهبود منحنی ولتاژ یک سیستم قدرت می باشد. برای اینکار باید مجموعه اعدادی را برای متغیرهای کنترل ژیدا کنیم بطوریکه تابع ویژه ای را که محدودیت های شبکه را برآورد می کند، بهینه سازد. در این مقاله، هدف بهبود منحنی ولتاژ می باشد بطوریکه این منحنی تا آنجا که ممکن است به شرایط مطلوب نزدیک باشد. محدودیت های شبکه شامل نوارهای بالایی و پایینی دامنه ولتاژ باس بارها بعلاوه مقادیر مینیمم قابل تنظیم دستگاه های کنترل می باشد.

وقتی که ولتاژ باس بار یک بار الکتریکی از محدوده عملکردی تجاوز می کند، دستگاه کنترل کننده بایستی شرایط غیرنرمال را کاهش دهد. اثر کنترل ولتاژی را می توان از حساسیت بدست آمده به وسیله حل رخش بار ژیش بینی کرد. یک سیستم با  $N$  باس بار را در نظر بگیرد بوطریکه باس بار شماره ۱ تا  $L$  به عنوان باس بار مصرف و باس بار شماره



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$L+1$  تا  $N-1$  به عنوان باس بارهای ژنراتور و باس بار شماره  $N$  به عنوان یک باس بار اسلک باشد. سژس با تنظیم دستگاه کنترل کننده بر روی باس بار  $J$ ، مقدار بهبود ولتاژ باس بار  $i$  به وسیله رابطه زیر داده می شود.

$$\Delta V_i = S_{ij} \cdot \Delta U_j, i=1,2\dots L; j=1,2\dots, N-1 \quad (3)$$

که  $\Delta V_i$  تغییر ولتاژ باس بار  $i$ ،  $S_{ij}$  ضریب حساسیت باس بار  $J$  به باس بار  $i$ ، و  $\Delta U_j$  مقدار تنظیم دستگاه کنترل کننده در باس بار  $J$  می باشد. میزان تنظیم دستگاه کنترل کننده به شکل زیر محدود شده است.

$$\Delta U_j^{\min} \leq \Delta U_j^{\max} \quad (2)$$

که  $\Delta U_j^{\min}$  و  $\Delta U_j^{\max}$  نشان دهنده مینیمم و ماکسیمم قابل تنظیم توان راکتیو و یا ژاین ترین و بالاترین مقادیر قابل تنظیم ولتاژ دستگاه کنترل کننده در باس  $J$  می باشند. در این تحقیق، انحراف ولتاژ باس بار مصرف کننده (*Load*) بایستی بین  $\pm 5\%$  از ولتاژ نامی  $V^{nom}$  که به صورت زیر می تواند بیان شود، باشد.

$$V_i^{\min} \leq V_i \leq V_i^{\max} \quad (3)$$

که  $V_i^{\min} (= 0.95V_{nom})$  و  $V_i^{\max} (= 1.05V_{nom})$  به ترتیب ژاین ترین و بالاترین محدوده ولتاژ باس بار  $i$  می باشد و  $V_i$  ورودی سیستم می باشد. بقیه ورودی های شامل حساسیت و مارجین (*margin*) متغیرهای کنترل می باشد.

### ۳- صورت محاسباتی مسئله

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

### ۱-۳- مدل سازی Fuzzy

در روش بهینه قراردادی که محدوده ها کاملاً ثابت مدل می شوند. حل این مدل ممکن است قادر به نشان دادن مواد عملی نباشد. در نتیجه یک مدل مستدل تر برای مسئله نیاز می باشد. در این تحقیق، مجموعه های Fuzzy به مدل تابع مورد هدف و محدودیت ها اعمال می شوند. دو تابع عضویت برای این متغیرها ارائه شده است که در ادامه توضیح داده می شوند:

#### ۱- مجاز ولتاژ باس بار

تابع عضویت حد مجاز ولتاژ باس بار در شکل یک نشان داده شده است، که  $\Delta V_i$  می باشد. بیشترین میزان انحراف ولتاژ باس بار به وسیله  $\Delta V_i^{\max} = V_i^{\max} - V^{nom}$  بدست می آید و کمترین میزان انحراف ولتاژ باس بار به وسیله  $\Delta V_i^{\min} = V_i^{\min} - V^{nom}$  بدست می آید، که  $V_i^{\max}$  و  $V_i^{\min}$  به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۹۵ پریونیت و  $V^{nom}$  برابر ۱/۰ pu می باشند.

در این مطالعه، مایلیم انحراف ولتاژ باس بارها را در محدوده  $\pm 5\%$  از ولتاژ نمی کنترل کنیم. در تعریف تابع عضویت، ولتاژ باس بار نگه داشته شده در محدوده  $\pm 1\%$  از ولتاژ نامی، به عنوان بالاترین درجه کنترل که می توان به آن رسید، در نظر گرفته شده است. یعنی ما سعی نمی کنیم که بین ولتاژهای از ۰/۹۹ تا ۰/۱۰۱ مقدار نامی ولتاژ، تفاوتی قائل شویم. اگرچه این تعریف شانس بهبود بیشتر ولتاژ باس بارها را برای هرچه نزدیکتر شدن به ولتاژ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نامی فدا می کند، ولی به طور نسبی یک فرصت بهتر برای افزایش ولتاژ باس بارها با انحراف بزرگتر فراهم می کند.

## ۲- توانایی کنترل دستگاه های کنترل کننده

نمایش Fuzzy توانایی کنترل یک دستگاه کنترل کننده در شکل ۲ نشان داده شده است، که  $C_{ij}$  توانایی کنترل دستگاه کنترل کننده باس بار  $j$  بر روی باس بار  $i$ ، تابع عضویت  $U_{Cij}$  می باشد. در اینجا  $C_{ij}^{\min}$  و  $C_{ij}^{\max}$  مقادیر  $-0.05$  و  $0.05 pu$  را به خود می گیرند. توانایی

کنترل بصورت زیر بدست می آید:  $C_{ij} = S_{ij} \cdot M_j$

که  $M_j$  مارجین (Margin) کنترل دستگاه کنترل کننده در باس بار  $j$  و  $S_{ij}$  ضریب حساسیت باس بار  $j$  بر روی باس بار  $i$  می باشد.

شکل ۱- تابع عضویت حد مجاز ولتاژ

شکل ۲- تابع عضویت توانایی کنترل دستگاه کنترل کننده

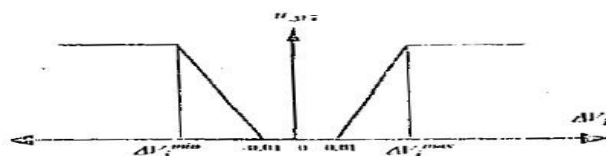


Fig. 1 The membership function of voltage violation level

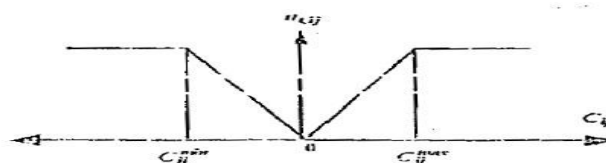


Fig. 2 The membership function of controlling ability of controlling device

## ۲-۳- استراتژی کنترل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حد مجاز ولتاژهای باس بارها و توانایی های کنترل دستگاههای کنترل کننده ، در ابتدا به وسیله مدل *Fuzzy* که در شکل ۱ و ۲ تعریف شد به نمادها و علائم *Fuzzy* تبدیل می شوند. برای کاهش تخلفات ولتاژ از حد مجاز، یک استراتژی کنترل شده کشف شده است. این استراتژی ضرورتاً تعیین یک سری از مراحل کنترل را در بر دارد که هر مرحله از کنترل نیز شامل انتخاب یک دستگاه کنترل کننده بهینه و نحوه تنظیم آن می باشد. برای تعیین یک مرحله از کنترل، سه لایه از عملگرهای *min* و یا *max* در صورت نیاز محاسبه می شوند. که در ادامه توضیح داده می شوند.

### لایه ۱: عملگر *min*

برای یک باس بار کنترل شده ویژه مانند *i* با مقدار عضویت  $U_{\Delta vi}$  از محدوده مجاوز ولتاژ، یک دستگاه کنترل کننده به نام *j* با مقدار عضویت  $U_{cij}$  از توانایی کنترل انتخاب کنید. عملگرد *min* را به این جفت از مقادیر عضویت اعمال کنید :

$$R_{ij} = \min(U_{\Delta vi}, U_{cij}), i \leq L, j \leq N \quad (5)$$

به همین ترتیب عملگر *min* بالا را به تمام دستگاه های کنترل کننده (*j* عدد) اعمال کنید، در آن صورت *J* جمله از  $R_{ij}$  خواهیم داشت.

### لایه ۲: عملگرد *max*

عملگرد *max* را به تمام *J* جمله از  $R_{ij}$  بدست آمده در لایه اعمال کنید، خواهیم داشت :

$$R_{ij} = \max(R_{i1}, R_{i2}, \dots, R_{ij}), j \leq N - 1 \quad (6)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

که  $z$  تعداد کل دستگاههای کنترل کننده را نشان می ده.

لایه ۳: عملگر  $max$

برای هر یک از  $L$  باس بار کنترل شده، عملیات لایه های ۱ و ۲ را تکرار کنید. در آن

صورت ما  $L$  جمله از  $R_{ij}$  بدست خواهیم آورد. در آخر، عملگر  $max$  را به تمام  $L$  جمله  $R_{ij}$

اعمال کنید و خواهیم داشت.

$$R_i^0 j_i^0 = \max(R_{ij1}^0, R_{ij2}^0, \dots, R_{ij}^0) \quad (7)$$

که در آن  $L$  تعداد کل باس بارهای کنترل شده و  $R_i^0 j_i^0$  مقدار عضو توانایی کنترل کننده

باس بار  $J_i^*$  به باس بار کنترل شده  $i^*$  می باشد که به طور عمده پیش نهاد می کند که دستگاه

کنترل کننده در باس بار  $J_i^*$  تنظیم شود تا به طور مؤثر ولتاژ در باس بار  $i^*$  را بهبود بخشد.

WikiPower.ir

#### ۴- فرآیندهای محاسباتی

فرآیندهای محاسباتی شرح داده شده در این روش کنترل پیشنهادی، به صورت زیر داده

شده است.

مرحله ۱: اطلاعات مربوط به ساختار شبکه، امیدنس خط، توان باس بار، محدوده ولتاژ

باس بار و مارجین ( $margin$ ) کنترل را وارد کنید.

مرحله ۲: یک ژخس بار ژایه براساس روش نیوتن-رافسون انجام دهید.

مرحله ۳: ضرائب حساسیت را پیدا کنید.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

مرحله ۴: توانایی کنترل را محاسبه کنید.

مرحله ۵: مقدار عضویت حد مجاز ولتاژ و توانایی کنترل را پیدا کنید.

مرحله ۶: جوابهای بهینه کنترل را ارزیابی کنید.

مرحله ۷: مقدار متغیرهای کنترل را اصلاح نمایید.

مرحله ۸: اگر ولتاژ باس بارها به سمت ولتاژ مطلوب افزایش یافته اند به مرحله بعد بروید.

در غیر این صورت به مرحله ۴ بروید.

مرحله ۹: پخش بار را انجام دهید و نتایج را بدست آورید.

## ۵- مقاله عددی و نتایج آن

### ۵-۱- سیستم تست

برای تأیید و تصدیق مؤثر بودن این روش پیشنهادی، یک سیستم اصلاح شده تستس باس

بار (IEEE30) که در شکل ۳ نشان داده شده است، تست می شود. جداول ۱ و ۲ پارامترهای

سیستم و اطلاعات اولیه باس بارها را در این سیستم در بردارند. در این سیستم منابع تولید

و توان راکتیو در باس بارهای ۱۰، ۱۱، ۱۹، ۲۴ و رگولاتورهای ولتاژ ترمینال ژنراتورها در

روی باس بارهای ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸ و ۲۹ قرار گرفته اند. به منظور نشان دادن مؤثر بودن و

سازگار بودن تکنیک پیشنهادی، چهار حالت در ادامه مورد بررسی قرار می گیرند:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

حالت ۱: بار باس ۲ افزایش می یابد، که باعث می شود ولتاژ باس ۲ از محدوده مجاز تجاوز کند، ول این تجاوز جدی نیست.

حالت ۲: بار باس بارهای ۲، ۱۱ و ۱۳ افزایش می یابند که باعث خارج شدن ولتاژ باس بارهای ۲ و ۱۱ و ۱۳ از محدوده مجاز می شود.

حالت ۳: باس بارهای ۲ و ۱۱ و ۱۳ تحت بار سنگینی مانند حالت ۲ قرار می گیرند، یک قطع دو مداره برای خط ۲۸ اتفاق می افتد. همزمان، حد بالایی توان راکتیو در باس ۱۰ به مقدار  $0.2pu$  کاهش می یابد. که باعث خارج شدن ولتاژ با یک دامنه بزرگ از محدوده مجاز بر روی باس بارهای ۲ و ۱۱ و ۱۳ می شود.

حالت ۴: علاوه بر اغتشاسات شرح داده شده در حالت ۳، حد مجاز بالای توان راکتیو در باس بارهای ۱۰، ۱۱، ۱۹ و ۲۴ همگی به مقدار  $0.2pu$  کاهش می یابد.

جدول ۱- پارامترهای سیستم

جدول ۲- اطلاعات اولیه باس بارها

شکل ۳- سیستم اصلاح شده تست باس بار IEEE30

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Bus No.	Type	Impedance(p.u.)			P <sub>i</sub> [p.u.]	Q <sub>i</sub> [p.u.]	V <sub>i</sub> [p.u.]
		R	X	D			
1	P-Q	0	0	0	0	0	0.9840
2	P-Q	-0.1032	-0.0288	0	-0.1032	0	0.9602
3	P-Q	-0.1151	-0.0563	0	-0.1151	0	1.0856
4	P-Q	-0.1834	-0.0774	0	-0.1834	0	1.0087
5	P-Q	0	0	0	0	0	0.9921
6	P-Q	0	0	0	0	0	1.0092
7	P-Q	-0.2410	-0.1163	0	-0.2410	0	0.9917
8	P-Q	0	0	0	0	0	1.0082
9	P-Q	0	0	0	0	0	1.0033
10	P-Q	-0.1112	-0.0518	0	-0.1112	0	0.9945
11	P-Q	-0.1024	-0.0294	0	-0.1024	0	0.9741
12	P-Q	-0.1291	-0.0367	0	-0.1291	0	1.0009
13	P-Q	-0.1041	-0.0421	0	-0.1041	0	0.9732
14	P-Q	-0.1235	-0.0467	0	-0.1235	0	0.9917
15	P-Q	-0.0812	-0.0255	0	-0.0812	0	0.9873
16	P-Q	-0.0731	-0.0475	0	-0.0731	0	0.9944
17	P-Q	-0.1122	-0.0475	0	-0.1122	0	0.9915
18	P-Q	-0.1122	-0.0475	0	-0.1122	0	0.9831
19	P-Q	-0.0612	-0.0172	0	-0.0612	0	0.9843
20	P-Q	-0.1425	-0.0573	0	-0.1425	0	0.9871
21	P-Q	-0.0552	-0.0552	0	-0.0552	0	0.9912
22	P-Q	0	0	0	0	0	0.9922
23	P-Q	-0.0923	-0.0342	0	-0.0923	0	0.9853
24	P-Q	-0.0782	-0.0252	0	-0.0782	0	0.9848
25	P-V	0	0	0	0	0	1.0150
26	P-V	-0.1073	-0.0342	0	-0.1073	0	1.0250
27	P-V	-0.1192	-0.0362	0	-0.1192	0	1.0160
28	P-V	-0.0993	-0.0483	0	-0.0993	0	1.0212
29	P-V	0	0	0	0	0	1.0125
30	Slack	0	0	0	0	0	1.0500

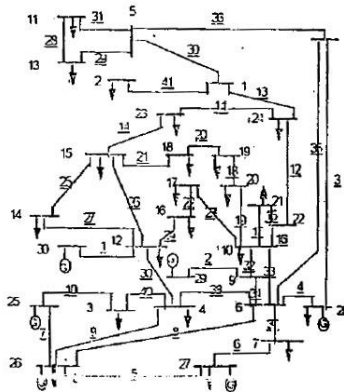


Fig. 3 Modified IEEE 30-bus test system

در حالت ۱، چون فقط یک تغییر کوچک در ولتاژ به وجود آمده است، روش ما مؤثرترین دستگاه کنترل کننده در باس بار شماره ۱۰ را انتخاب می کند و همچنین فقط مقدار کمی از توان راکتیو برای کاهش انحرافات ولتاژ بکار برده شده است.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در حالت ۲، اگرچه سیستم تغییرات بزرگتری را در ولتاژ باس بارهای ۲ و ۱۱ و ۱۳ دارد، روش ما بطور صحیح مقادیر کنترل را در باس بار شمار ۱۰ انتخاب کرده است تا این تغییرات را کاهش دهد.

در حالت ۳، شرایط سخت تر دیگری به سیستم اضافه شده است، این شرایط سخت شامل قطع دو مدار خط ۲۸ و کاهش حد بالای توان راکتیو باس بار ۱۰ در مقدار  $0.2pu$  می شود. مؤثرترین متغیرهای کنترل از باس بار شماره ۱۰ به شماره ۱۹ منتقل شده اند. که این موضوع سازگاری روش ما را نشان می دهد.

در حالت ۴، اگرچه سخت ترین شرایط کاری در نظر گرفته شده است، منحنی ولتاژ با استفاده از روش کنترل پیشنهادی بطور مؤثری بهبود یافته است، محاسبات نشان می دهد که کنترل پیشنهادی نه تنها بطور مؤثر تمام انحرافات ولتاژ باس بارهای کنترل شده را کاهش می دهد، بلکه بیشتر باس بارهای دیگر را به یک محدوده با ضریب اطمینان بیشتر ولتاژ ارتقاء می دهد.

جدول ۳- نتایج محاسبات

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

variables		limits		case 1		case 2		case 3		case 4	
		lower	upper	initial	final	initial	final	initial	final	initial	final
reactive	Q10	-1.0	1.0	0	0.0586	0	0.3473	0	0.0602	0	0.2
compen	Q11	-1.0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
series	Q19	-1.0	1.0	0	0	0	0	0	0.4193	0	0.2
(p.u.)	Q24	-1.0	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
gener-	V25	0.95	1.05	1.0150	1.0150	1.0150	1.0150	1.0150	1.0150	1.0150	1.0150
ator	V26	0.95	1.05	1.0250	1.0250	1.0250	1.0250	1.0250	1.0250	1.0250	1.0377
voltage	V27	0.95	1.05	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0160	1.0500	1.0160	1.0500
(p.u.)	V28	0.95	1.05	1.0212	1.0212	1.0212	1.0212	1.0212	1.0212	1.0212	1.0212
	V29	0.95	1.05	1.0123	1.0123	1.0213	1.0213	1.0213	1.0213	1.0213	1.0213
	V30	0.95	1.05	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500	1.0500
load	V1	0.95	1.05	0.9795	0.9819	0.9697	0.9836	0.9647	0.9874	0.9647	0.9860
bus	V2	0.95	1.05	0.9176	0.9501	0.9359	0.9506	0.9306	0.9545	0.9306	0.9531
voltage	V3	0.95	1.05	1.0081	1.0086	1.0076	1.0089	1.0073	1.0097	1.0073	1.0118
(p.u.)	V4	0.95	1.05	1.0083	1.0088	1.0067	1.0095	1.0061	1.0112	1.0061	1.0157
	V5	0.95	1.05	0.9893	0.9912	0.9751	0.9861	0.9639	0.9835	0.9639	0.9837
	V6	0.95	1.05	1.0086	1.0101	1.0060	1.0151	1.0048	1.0178	1.0018	1.0200
	V7	0.95	1.05	0.9915	0.9920	0.9917	0.9935	0.9903	1.0190	0.9903	1.0197
	V8	0.95	1.05	1.0068	1.0083	1.0005	1.0090	0.9966	1.0093	0.9966	1.0105
	V9	0.95	1.05	1.0026	1.0047	1.0002	1.0123	0.9991	1.0144	0.9991	1.0153
	V10	0.95	1.05	0.9934	0.9968	0.9900	1.0094	0.9886	1.0120	0.9886	1.0127
	V11	0.95	1.05	0.9712	0.9732	0.9489	0.9608	0.9341	0.9525	0.9341	0.9527
	V12	0.95	1.05	0.9999	1.0010	0.9965	1.0021	0.9955	1.0065	0.9955	1.0061
	V13	0.95	1.05	0.9702	0.9722	0.9481	0.9599	0.9322	0.9507	0.9322	0.9509
	V14	0.95	1.05	0.9905	0.9919	0.9865	0.9940	0.9852	1.0012	0.9852	0.9995
	V15	0.95	1.05	0.9858	0.9876	0.9811	0.9917	0.9793	1.0052	0.9793	1.0001
	V16	0.95	1.05	0.9934	0.9950	0.9897	0.9990	0.9886	1.0027	0.9886	1.0028
	V17	0.95	1.05	0.9905	0.9926	0.9867	0.9991	0.9855	1.0025	0.9855	1.0028
	V18	0.95	1.05	0.9817	0.9842	0.9775	0.9920	0.9759	1.0233	0.9759	1.0091
	V19	0.95	1.05	0.9829	0.9857	0.9789	0.9950	0.9774	1.0325	0.9774	1.0150
	V20	0.95	1.05	0.9859	0.9890	0.9823	1.0002	0.9808	1.0183	0.9808	1.0111
	V21	0.95	1.05	0.9900	0.9932	0.9862	1.0052	0.9846	1.0082	0.9846	1.0086
	V22	0.95	1.05	0.9908	0.9941	0.9869	1.0055	0.9851	1.0087	0.9851	1.0090
	V23	0.95	1.05	0.9833	0.9854	0.9780	0.9897	0.9758	1.0012	0.9758	0.9970
	V24	0.95	1.05	0.9818	0.9844	0.9747	0.9893	0.9714	0.9954	0.9714	0.9935

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## ۶- نتیجه گیری

یک روش ساده اما مؤثر با استفاده از مجموعه *Fuzzy* برای کنترل ولتاژ- توان راکتیو جهت بهبود ولتاژ سیستم پیشنهاد گردید. استراتژی کنترل از بکارگیری عملگرهای سریع *max* و *min* مطابق خواسته هایکنترل زمن حقیقی اقتباس شده است. به وسیله تبدیل محدوده مجاز ولتاژ باس بار و توانایی کنترل دستگاههای کنترل کننده به شکل *Fuzzy* که یک روش ساده اما مؤثر با استفاده از مجموعه *Fuzzy* برای کنترل ولتاژ- توان راکتیو جهت بهبود ولتاژ سیستم پیشنهاد گردید. استراتژی کنترل از بکارگیری عملگرهای سریع *max* و *min* مطابق خواسته های کنترل زمان حقیقی اقتباس شده است. به وسیله تبدیل محدوده مجاز ولتاژ باس بار و توانایی کنترل دستگاههای کنترل کننده به شکل *Fuzzy* که ضرورتاً بینش اپراتور را در عمل نشان می دهد، هدف ارتقاء تأثیرگذاری کنترل تحقق یافته ست. در کنترل عملی، اگر اثراتور با درجه بندی مدل *Fuzzy* قانع نشود، او می تواند پارامترهای استفاده شده در تعریف تابع عضویت را تنظیم کند، به طوریکه به خوبی با تمایل او انطباق داشته باشد. این نوع کنترل بری کنترل بهینه قراردادی مشکل می باشد. در مدل پیشنهادی بیشتر از یک دستگاه کنترل کننده برای کنترل هماهنگ معمولاً انتخاب می شوند. بنابراین کنترل ولتاژ *robust* را با استفاده از مدل پیشنهادی به راحتی می توان اجرا کرد. شبیه سازی نتایج مثال کاربردی نشان می دهد که کنترل پیشنهادی ولتاژ تا آنجا که ممکن است شرایط مطلوب سیستم را دنبال می کند و عملکرد انعطاف پذیر دستگاههای کنترل کننده تحقق می یابد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

### ضمیمه :

حاصل ضرب کرونگر  $C \in R$  دو ماتریس  $A \in R_{r \times p}$  و  $B \in R_{r \times p}$  بصورت زیر تعریف می

شود:

$$C = A \otimes B = \begin{bmatrix} a_{11}B & \dots & a_{1m}B \\ 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ a_{1m} & \dots & a \end{bmatrix}$$

$$W = MV, \quad W_\theta = \Delta_\theta W = \left[ \frac{\partial W^T}{\partial \theta_1} \dots \frac{\partial W^T}{\partial \theta_p} \right]^T, \quad M_\theta = \left[ \frac{\partial M}{\partial \theta_1} \dots \frac{\partial M}{\partial \theta_p} \right]^T$$

دیفرانسیل نسبت به بدست می آید :

$$W_0 = M_0 V + (I_p M) V_0$$

که  $I_p$  ماتریس یکه با ابعای  $p$  می باشد.

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

## مراجع

- 1) P.Pruvot, Y.Harmand; *an improved voltage control on large-scale power system.*
- 2) B. GAo , G.K.Morison , *toward the development of a systematic approach for voltage stability assessment of large-scale power system.*
- 3) Ching-Tzong SU, Chien-tung lin; *a new Fuzzy control approach to voltage profile enhancement for power system.*
- 4) A.Heniche, H.Bourles; *a desensitized controller for voltage regulation of power system.*
- 5) *Same references of power system analyze.*

WikiPower.ir