

# بررسی کاربرد بهینه PSS در نیروگاههای خراسان با استفاده از نرم افزار DIgSILENT

مهدی نجار<sup>1,2</sup> حمید رضا نجفی<sup>1</sup> حمید فلقی<sup>1</sup> رضا زابلی<sup>3</sup> ابوالقاسم یعقوبی<sup>2</sup>

1- دانشگاه بیرجند

2- شرکت مدیریت تولید برق توس

3- مرکز کنترل دیسپاچینگ شمال شرق

**چکیده-** یکی از مسائل مهم و اساسی در شبکه انتقال خراسان محدودیت انتقال توان توسط خطوط بین ناحیه ای می باشد. مشکل نوسان توان بین ناحیه ای از ابتدای اتصال شبکه خراسان به شبکه سراسری همواره وجود داشته است حتی با افزایش تعداد خطوط ارتباطی این مشکل بطور کامل حل نمی شود و در اثر قطع برخی از خطوط ارتباطی، جهت حفظ پایداری شبکه، برخی واحدهای نیروگاهی شبکه خراسان باید تریپ داده شوند. در این مقاله، این مشکل با استفاده از نرم افزار DIgSILENT که از نرم افزارهای کاربردی و قابل اعتماد در زمینه مطالعات سیستم قدرت است، تحلیل و بررسی شده است و جهت حل کامل مشکل، نحوه طراحی، تنظیم و استفاده پایدار ساز سیستم قدرت (PSS) در یکی از نیروگاههای کشور بیان شده است. مکان یابی و تعیین پارامترها بطور دقیق انجام شده و می تواند مبنایی برای کاربرد عملی شود. لازم به ذکر است که اطلاعات ورودی شبکه بطور دقیق وارد نرم افزار شده است و همانطور که در این مقاله مشاهده می شود، نتایج تحلیل شبکه در همه موارد، با اطلاعات دیسپاچینگ تطابق کامل دارد. در این مقاله، سناریوهای مختلفی که باعث بروز نوسان می شوند، تعیین شده و با در نظر گرفتن PSS و بدون آن شبیه سازی می شود و نشان داده می شود که PSS می تواند بطور کامل و مطمئن نوسانات توان ایجاد شده را میرا کند و با استفاده از PSS دیگر نیازی به خروج اجباری واحدها جهت حفظ پایداری شبکه نیست. علاوه بر این، امکان انتقال توان الکتریکی بیشتری به شبکه سراسری وجود دارد و در نتیجه می توان از واحدهای نیروگاهی شبکه خراسان بطور کامل بهره برداری نمود

**کلمات کلیدی:** نوسانات بین ناحیه ای، PSS، خطوط بین ناحیه ای، DIgSILENT، پایداری، شبکه خراسان، شبکه سراسری

(پ)- کاهش ذخیره چرخان: هنگامی که ذخیره چرخان کم باشد، در اثر حوادث تولید و مصرف، قطع بار و خاموشی بوجود می آید.

(ت)- در این حالت با توجه به ظرفیت نصب شده شبکه خراسان و میزان مصرف نمی توان از کل توان قابل تولید واحدهای نیروگاهی بهره برداری نمود.

در سال 78، شبکه خراسان توسط خط علی آباد اسفراین به شبکه سراسری متصل شد و برخی مشکلات ذکر شده برطرف گردید. اما موارد ذیل همواره وجود داشتند:

## 1- مقدمه

شبکه انتقال خراسان تا سال 78 مستقل بود. مشکلات موجود در این حالت عبارت بودند از:

(الف)- خاموشی حاصل از بروز حوادث، شامل قطع خط و از مدار خارج شدن واحدهای نیروگاهی،

(ب)- ناپایداری در اثر تغییر ناگهانی بار و تولید، به این معنی که در اثر بروز عدم تعادل ناگهانی و قابل توجه بار و تولید، رله های فرکانسی عمل کرده و موجب خاموشی های فراوان می شد.

با عبور بیش از 400 مگاوات از خط بین ناحیه ای، متغیرهای شبکه نوسانی می شود. بنابراین با افزایش توان انتقالی به بیش از 400 مگاوات، بسته به میزان اضافه بار، یک یا دو واحد نیروگاه نیشابور تریپ داده می شدند.

بحث قابلیت اطمینان در این حالت مهم بود و با قطع خط بین ناحیه ای به هر دلیل، حدود 300 مگاوات بار بطور ناگهانی قطع می شد.

در این حالت نیز بدلیل محدودیت انتقال توان، امکان استفاده از همه ظرفیت نصب شده در نیروگاههای خراسان وجود نداشت.

در سال 87، شبکه خراسان از طریق خط سریداران- شاهوار نیز به شبکه سراسری متصل شد. با بهره برداری از این خط محدودیت انتقال توان به شبکه سراسری به 600 مگاوات کاهش یافت. اما این مشکل وجود داشت که با قطع یک خط ارتباطی به دلیل افزایش توان خط ارتباطی دیگر، نوسان توان رخ می داد. به همین دلیل با قطع هر خط در این حالت نیز، همزمان دو واحد نیروگاه نیشابور تریپ داده می شدند. در نتیجه در این حالت نیز همچنان مشکل محدودیت انتقال توان، عدم بهره برداری کامل از تمام توان قابل تولید نیروگاههای خراسان و مشکل تریپ واحدهای نیروگاه نیشابور در اثر قطع خطوط ارتباطی همچنان وجود داشت. اما در عین حال میزان توان انتقالی به شبکه سراسری هر چند نه با قابلیت اطمینان کافی، به میزان 600 مگاوات افزایش یافت.

در سال 89، شبکه خراسان از طریق خط بیرجند-سفیدابه- زاهدان به شبکه سراسری متصل شد. ولی این خط نتوانست پارالل شود. علت این امر اختلاف زیاد زاویه ولتاژ پستهای بیرجند و زاهدان بود. که این موضوع نیز خود بدلیل کمبود شدید توان تولیدی در شبکه سیستان و اضافه تولید در شبکه خراسان بود. بنابراین شبکه سیستان که دارای افت ولتاژ فراوان است، بصورت شعاعی از شبکه خراسان برقرار شد. یعنی اینکه پست زابل از شبکه سیستان جدا شده و به شبکه خراسان متصل گردید و مشکل افت ولتاژ شدید زابل حل شد. پس این خط ارتباطی مشکل نوسان توان ایجاد نمی کند و برای شبکه خراسان بعنوان بار محسوب می شود. البته با قطع این خط، توان انتقالی خطوط ارتباطی دیگر افزایش می یابد و هنگامی که خط کاوه- نخلستان قطع باشد، به ناچار یک واحد نیروگاه کاوه باید تریپ داده شود. از طرفی در فصل کم باری به دلیل بار کم این خط 400 کیلومتری، مشکل اضافه ولتاژ رخ می

دهد و بنابراین این خط در فصل زمستان قطع گردیده و زابل توسط خود شبکه سیستان برقرار می شود.

در سال 90، خط کاوه- نخلستان به جمع خطوط ارتباطی شبکه خراسان اضافه شد. با پارالل شدن این خط، توان انتقالی شبکه خراسان به شبکه سراسری به 850 مگاوات افزایش یافت. که 400 مگاوات از خطوط شمال شرق و 350 مگاوات از این خط عبور می نماید. در اینحالت نیز هنگامیکه خط نخلستان کاوه قطع شود، 350 مگاوات توان الکتریکی به خطوط شمال شرق اضافه شده و مشکل نوسان توان رخ می دهد. بنابراین با قطع این خط، همزمان دو واحد نیروگاه کاوه تریپ داده می شوند. در این حالت نیز همچنان مشکل محدودیت توان انتقالی به شبکه سراسری و تریپ واحدها، همزمان با قطع خطوط ارتباطی همچنان وجود دارد. اما همانطور که ذکر شد، توان انتقالی به شبکه سراسری به 850 مگاوات افزایش می یابد.

در این مقاله جهت میرایی نوسانات بین ناحیه ای ذکر شده بین شبکه خراسان و شبکه سراسری، از PSS استفاده شده است. در مراجع [1-3] مبانی و مفاهیم پایداری سیستم، انواع پایداری و روشهای بهبود پایداری بررسی شده اند. در مراجع [4-13] مطالعه و طراحی PSS از دیدگاههای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در مرجع [4] طراحی PSS با روش فازی، عصبی، تطبیقی، در مرجع [5] با کنترل PID، در مرجع [6] به روش Wide Area، در مرجع [7] نیز به روش اندازه گیری فازور انجام شده است. مقایسه ای بین این روشها صورت نگرفته است. اما اعمال PSS در هر کدام از این روشها به منظور میرا نمودن نوسانات بین ناحیه ای بوده است. در مرجع [14] طراحی PSS توسط MATLAB انجام شده است. که مرجع مناسبی جهت استفاده از نرم افزار مطلب در این زمینه است. البته استفاده از نرم افزار مطلب ساده سازی و معادل سازی را می طلبد که مشکل است و تقریب را زیاد می کند. در مرجع [15] هماهنگی PSS با AVR مطرح شده است. در این مقاله نیز همزمان با تنظیم پارامترهای PSS پارامترهای AVR اصلاح می گردد. در مرجع [16] PSS طراحی شده و در شبکه انتقال مکزیک استفاده شده است و نتیجه اعمال PSS بر یک شبکه واقعی، تاثیر عملی آن را بر میرایی نوسانات را نشان می دهد. در مراجع [17] تا [19] هماهنگی بین PSS ها مطالعه شده است. زیرا در شبکه ای که از تعداد قابل توجهی PSS استفاده می شود، تداخل بازه عملکرد PSS ها می تواند منجر به

افزایش ناپایداری سیستم شود. در مرجع [19] جایابی PSS مد نظر بوده است. در مراجع [20] تا [23] تنظیم پارامترهای PSS توسط الگوریتم های مختلف آورده شده است. در مرجع [21] روش برنامه ریزی خطی، در مرجع [22] روش برنامه ریزی غیر خطی، در مرجع [23] تنظیم پارامترهای PSS با کنترل PID تشریح شده است. در مراجع [24] تا [29] میرایی نوسانات بین ناحیه ای توسط ادوات FACTS بررسی شده است. ادوات FACTS بطور موثرتری از PSS نوسانات بین ناحیه ای را میرا می نمایند. اما هزینه سرمایه گذاری آنها خیلی بیشتر است. در مرجع [24] UPFC، در مرجع [25] SSSC و در مرجع [26] TCSC جهت میرایی نوسانات بین ناحیه ای استفاده شده است. در مراجع [30] و [31] ادوات FACTS و PSS جهت میرایی نوسانات بطور همزمان و هماهنگ استفاده شده اند.

در این مقاله برای کنترل PSS، از کنترل خطی بهره گرفته می شود و تفاوت عمده روش ارائه شده با روشهای ذکر شده در مراجع این است که PSS برای شبکه واقعی با پارامترهای دقیق، طراحی شده و نتایج مطالعات معیار مناسبی برای استفاده در عمل می باشد. همچنین طراحی PSS با استفاده از نرم افزار DIGSILENT انجام شده که نرم افزار مورد استفاده در اغلب برق های منطقه ای و شرکت مدیریت شبکه است. در ادامه مراحل شبیه سازی و طراحی PSS جهت میرایی نوسانات بین ناحیه ای بیان می گردد.

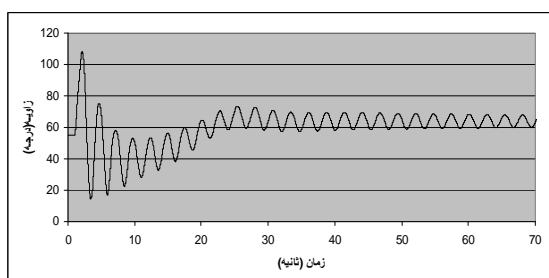
## 2- بررسی و تحلیل مساله

در این بخش سناریوهای اصلی شبیه سازی می شود. شبیه سازیها و مطالعات در این مطالعه با نرم افزار DIGSILENT انجام شده که در مطالعات پایداری دینامیکی عملکرد بسیار مناسبی دارد. و مورد تایید صنعت برق کشور و برق های منطقه ای در زمینه تحلیل های استاتیکی و دینامیکی می باشد.

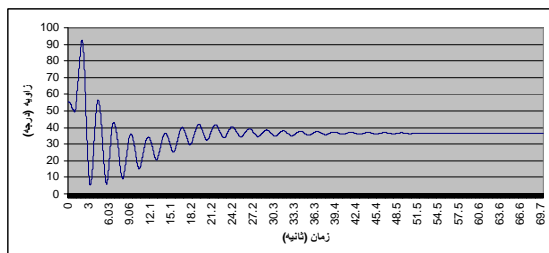
ابتدا باید خطای مورد نظر جهت بروز مشکل نوسانات توان تعریف شود. همانطور که ذکر شد با قطع یک خط ارتباطی، توان سایر خطوط افزایش می یابد و می تواند منجر به وقوع نوسان توان گردد. بنابراین ابتدا هر کدام از خطوط ارتباطی در حالت توان انتقالی ماکزیمم، قطع شده و حالت گذرای سیستم بررسی می شود.

در حال حاضر، حداکثر توان قابل انتقال از شبکه خراسان به شبکه سراسری 850 مگاوات می باشد. در این حالت، قطع هر کدام

از خطوط بین ناحیه ای شبیه سازی می شود و نمودارهای حالت گذرا در ازای قطع خطوط نخلستان- کاوه، سرداران- شاهوار، علی آباد اسفراین مطابق شکل های 1، 3 و 4 می باشد. همانطور که مشاهده می شود، با قطع خط کاوه- نخلستان مشکل نوسان توان رخ می دهد ولی با قطع دو خط دیگر مشکل چندانی وجود ندارد. بنابراین در حال حاضر با قطع خط نخلستان- کاوه دو واحد در نیروگاه کاوه همزمان تریب می نمایند. در نیروگاه نیشابور نیز رله ای جهت حل مشکل نوسان توان قرار داده شده است. این رله قبل از وصل خط نخلستان- کاوه، با خروج هر خط ارتباطی، دو واحد نیشابور را تریب می داد. اما با پارالل شدن خط نخلستان- کاوه، این رله غیر فعال است و در حالتی که یکی از خطوط ارتباطی قطع باشد، عملکرد تریب برای رله دو واحد نیروگاه نیشابور فعال می گردد. شکل 2، حل مشکل نوسان توان در اثر خروج خط نخلستان- کاوه، توسط تریب دو واحد نیروگاه کاوه را نشان می دهد. لازم به ذکر است که میزان تداوم اتصال کوتاه با توجه به زمان قطع رله ها در شبکه 400 کیلوولت، 300 میلی ثانیه در نظر گرفته می شود. در ضمن از آنجا که ژنراتورهای شبکه خراسان همزمان با هم نسبت به ژنراتورهای شبکه سراسری نوسان می کنند، نمودار نوسان آنها مشابه است و در این مقاله برای سنجش پایداری، بعنوان مثال زاویه روتور نیروگاه فردوسی آورده شده است.



شکل 1) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط نخلستان کاوه



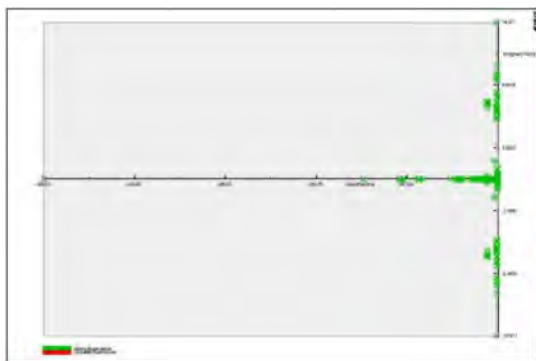
شکل 2) حل مشکل نوسان توان در شکل 1، توسط تریب دو واحد نیشابور

به منظور تعیین پارامترهای بهینه برای PSS روند ذیل انجام می شود:

همانطور که بیان شد، PSS نوع PSS2 انتخاب می شود.

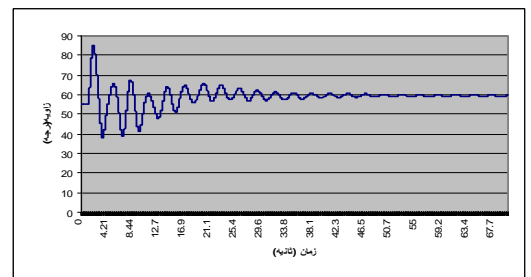
بلوک کنترلی استفاده شده، مطابق پیوست 1 می باشد. از آنجا که گاورنر در مطالعات حالت گذرا تاثیر چندانی ندارد، در این مقاله در مورد آن بحث نمی شود.

با توجه به اینکه PSS یک کنترل کننده خطی در نظر گرفته شده است و نرم افزار DigSILENT قابلیت نمایش مکان ریشه های سیستم را دارد، می توان با تغییر پارامترها و مشاهده مدهای غالب و پاسخ گذرای سیستم در هر مرحله، پارامترهای مناسب را برای PSS انتخاب نمود. نمونه نمایش مدهای سیستم توسط نرم افزار، مطابق شکل 5 می باشد. با توجه به توضیحات بند 3 لازم است که پارامترهای AVR نیز تغییر داده شود تا اینکه مقادیر ویژه سیستم در بازه مورد قبول قرار گیرند. (می توان بندهای 3 و 4 را با نوشتن برنامه کامپیوتری در محیط DSL از نرم افزار DigSILENT انجام داد به این صورت که پارامترها و مدهای سیستم در بازه مشخصی تغییر داده می شوند تا اینکه به مقدار مورد نظر برسند.)

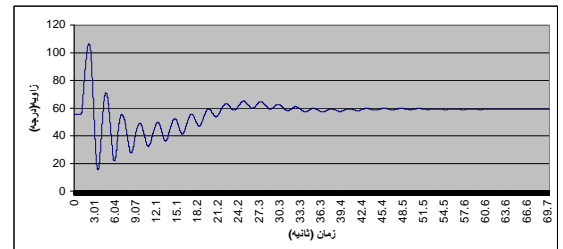


شکل 5) نمونه نمایش مکان ریشه ها در نرم افزار DigSILENT

در این مرحله باید جایابی PSS انجام گیرد. از آنجا که مکان نصب PSS در نیروگاههای خراسان است، مکانهای کاندیدا جهت نصب PSS محدود می باشد و با طراحی PSS برای هر کدام از این مکانها و مقایسه نتایج، جای بهینه PSS تعیین می گردد. بدیهی است که در هر مکان، پارامترهای بهینه با استفاده از روش بیان شده تعیین می گردد و میزان پارامترها در مکانهای دیگر نصب PSS متفاوت خواهد بود. بعنوان مثال پاسخ به یک خطای مشابه برای دو مکان مختلف نصب PSS (توس و شیروان) مطابق شکل های 6 و



شکل 3) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط سربداران - شاهوار



شکل 4) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط علی آباد - اسفراین

جهت حل مشکلات فوق به نظر می رسد که بتوان با استفاده از پایدارساز سیستم قدرت (PSS)، محدودیت توان انتقالی به شبکه سراسری را برطرف نمود و حد انتقال توان الکتریکی به شبکه سراسری را تا حد حرارتی خطوط ارتباطی افزایش داد و به این ترتیب مشکل تریپ واحدها، همزمان با قطع خطوط ارتباطی را برطرف کرد. در ادامه مطالعات طراحی PSS، جهت حل مشکل محدودیت انتقال توان از شبکه خراسان به شبکه سراسری بیان می گردد.

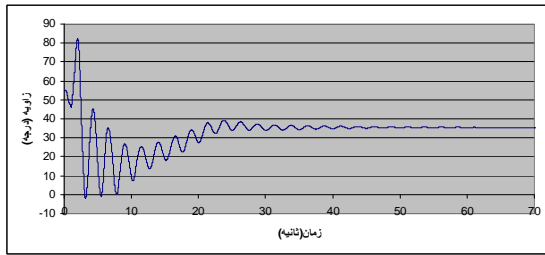
### 3- طراحی PSS

#### 3-1- انتخاب نوع PSS

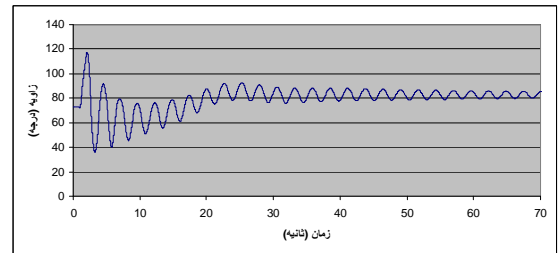
جهت طراحی PSS اولین مرحله، انتخاب نوع PSS است. در مطالعات مختلف در مقالات و مراجع از PSS های IEEE به کرات استفاده شده و این مدلها PSS، کارایی مناسبی را نشان داده است. از میان این ساختارهای PSS، دو نوع IEE2ST و PSS2 بیشترین کاربرد را دارند. در این پروژه روند طراحی برای هر دو ساختار انجام شده و از آنجا که ساختار PSS2، مدهای سیستم را پایدارتر می کند و تاثیر بیشتری بر نتایج حالت گذرا دارد، از این نوع PSS استفاده شده است. پیوست 1، ساختار PSS2 ی IEEE را نشان می دهد.

#### 3-2- تعیین پارامترهای بهینه برای PSS

7 می باشد. بدین ترتیب نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که نصب PSS در نیروگاه شیروان بهترین گزینه است.



شکل 7) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط کاوه - نخلستان با وجود PSS (نصب PSS در نیروگاه شیروان)



شکل 6) زاویه نیروگاه فردوسی برای حالت ایجاد خطا در خط نخلستان - کاوه با وجود PSS (نصب PSS در نیروگاه توس)

#### 4- افزایش ظرفیت توان انتقالی با استفاده از PSS

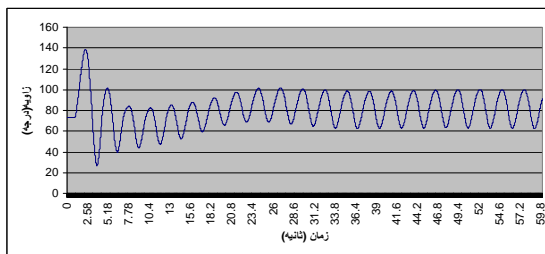
اکنون که PSS مورد نظر طراحی شد، توان انتقالی به شبکه سراسری با بهره برداری کامل از واحدهای نیروگاهی شبکه خراسان از 850 مگاوات به 1100 مگاوات افزایش داده می شود.

مواردی که باعث ایجاد نوسان توان می شود، مجدداً شبیه سازی شده اند. در شکل های 8 تا 13، نتیجه قطع خطوط ارتباطی با و بدون PSS مشاهده می شود. در این شکل ها مشخص است که بدون PSS در هر کدام از حالتها، شبکه نوسانی شده و با نصب PSS در نیروگاه شیروان نوسان در هر کدام از حالتها بطور کامل میرا می شود. نتایج شبیه سازی ها نشان می دهد که با استفاده از PSS می توان از تمام ظرفیت قابل تولید شبکه خراسان بطور پایدار بهره برداری نمود.

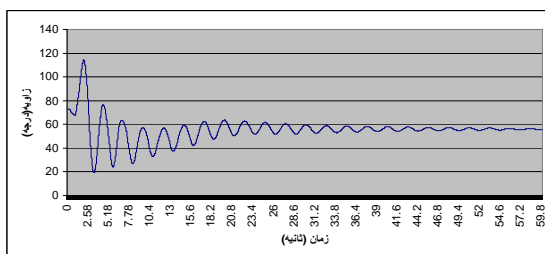
پارامترهای بدست آمده برای PSS مطابق جدول 1 می باشد. از آنجا که همه نتایج شبیه سازیها با عمل تطابق دارد، این مقادیر می تواند مبنای مناسبی جهت پیاده سازی عملی طرح باشد.

#### جدول 1) مقادیر پارامترهای PSS طراحی شده

Tw1 1th washout 1th time constant (s)	2
Tw2 1th washout 2th time constant (s)	2
T6 1th signal transducer time constant (s)	0.01
Tw3 2th washout 1th time constant (s)	2
Tw4 2th washout 2th time constant (s)	2
Ks2 2th signal transducer factor (pu)	1
Ks3 washout coupling factor (pu)	1
T8 ramp tracking filter derivative time constant (s)	0.2
T9 ramp tracking filter delay time constant (s)	0.05
PSS gain (pu)	10
Ts1 1 th lead lag derivative time constant (s)	0.15
Ts2 1 th lead lag delay time constant (s)	0.2
Ts3 1 th lead lag derivative time constant (s)	0.01
Ts4 1 th lead lag delay time constant (s)	0.03
Kd derivative factor (pu)	1
Vstmin controller minimum output (pu)	0.15
Vstmax controller maximum output (pu)	0.15



شکل 8) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط کاوه - نخلستان بدون PSS



شکل 9) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط کاوه - نخلستان با PSS

اکنون برای سناریویی که مشکل نوسان توان ایجاد می کند، شبیه سازی مجدد با وجود PSS انجام می شود. در شکل 7 مشاهده می گردد که PSS نوسانات را بطور کامل میرا می کند و نیازی به تریپ واحدهای نیروگاهی در اثر قطع خطوط ارتباطی نمی باشد.

با استفاده از PSS علاوه بر اینکه با قطع خطوط ارتباطی نیازی به تریپ واحد ها نیست، ظرفیت انتقالی به شبکه سراسری از 850 به 1100 مگاوات افزایش می یابد و واحدهای نیروگاهی خراسان بطور کامل قابل بهره برداری می باشند. بطور خلاصه مشکلات فنی و اقتصادی حاصل از عدم نصب PSS بقرار ذیل می باشد:

نرخ خرابی واحدهای نیروگاهی خراسان در مطالعات قابلیت اطمینان افزایش می یابد.

عدم استفاده از سرمایه گذاری هنگفت واحدهای نیروگاهی، ضرر اقتصادی فراوان بدنبال دارد.

پس از خروج 250 مگاوات توان تولیدی از شبکه، تنش زیادی به المانهای شبکه وارد شده و شرکت مدیریت شبکه در حفظ پایداری سیستم، دچار مشکل می شود.

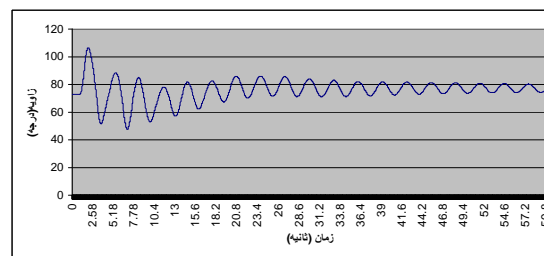
در برنامه ریزی بازار برق، اختلال ایجاد شده و به ناچار برق گرانتر و با بازده کمتر تولید می گردد تا توان تولیدی از دست رفته تامین شود.

تریپ واحدهای نیروگاهی سبب فرسودگی واحدها و کاهش عمر آنها می گردد.

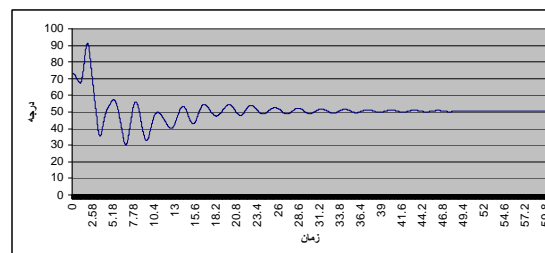
تریپ واحدها و کاهش توان انتقالی به شبکه سراسری، در خیلی از موارد سبب افزایش تلفات می گردد.

## 6- پیشنهاد و نتیجه گیری

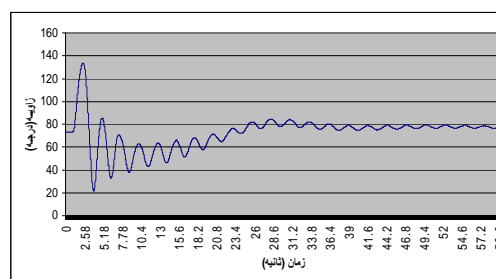
در این مقاله ابتدا وضعیت شبکه انتقال خراسان در ارتباط با شبکه سراسری از ابتدا تا کنون بیان شده و یکی از مشکلات اصلی شبکه تشریح و تحلیل شد. نتیجه مطالعه نشان داد که مشکل مشاهده شده، محدودیت انتقال توان توسط شبکه خراسان به شبکه سراسری می باشد. در این مقاله مساله توسط نرم افزار DIGSILENT تحلیل و راه حل استفاده از PSS مطرح شد. جایابی و تعیین پارامترهای PSS نیز انجام شد. طرح بدست آمده از لحاظ فنی و اقتصادی به صرفه می باشد و مشکل نوسان توان را بخوبی حل می نماید. لازم به ذکر است که این مطالعه توسط نرم افزار DIGSILENT انجام شده که نرم افزار مورد اعتماد صنعت برق ایران در زمینه محاسبات حالت‌های دائمی و گذرا است. بنابراین ساختار و پارامترهای PSS طراحی شده مبنای مناسبی برای ساخت و بهره برداری عملی می باشد.



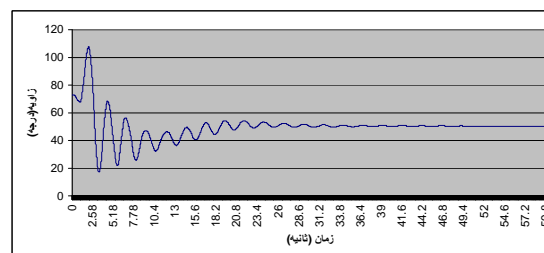
شکل 10) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط علی آباد- اسفراین بدون PSS



شکل 11) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط علی آباد- اسفراین با PSS



شکل 12) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط شاهوار- سربداران بدون PSS



شکل 13) زاویه نیروگاه فردوسی در اثر قطع خط شاهوار- سربداران با PSS

## 5- مشکلات حاصل از عدم استفاده از PSS

همانطور که ذکر شد، در حالت عدم استفاده از PSS و در زمان قطع خطوط بین ناحیه ای، به منظور حفظ پایداری سیستم دو واحد نیروگاهی شبکه خراسان باید از مدار خارج شود. همچنین

, "Inter-Mili, L ; Georges, D. ; Hadjsaid, N. Snyder; [7] area oscillation damping with power system stabilizers and synchronized phasor measurements", powercon 1998, Page(s), 790 - 794 vol.2, Beijing.

[8] P. Kundur, M. Klein, G. J. Rogers, and M. S. Zywno, of power system stabilizers for enhancement "Application of overall system stability", IEEE Trans. on Power Systems, vol. 4, no. 2, pp. 614-626, May 1989.

[9] Yassami H, Darabi A, Rafiei SMR. Power system Strength Pareto multi-objective stabilizer design using optimization approach. Electr Power Syst Res 2010;80:838-46.

[10] Chompoobutrgool Y, Vanfretti L, Ghandhari M. stabilizers control and their Survey on power system damping using prospective applications for power system Synchronphasor-based wide-area systems. Euro Trans Electr Power 2011;21:2098-111.

[11] Messina AR, Ramirez JM, Canedo JM. An system stabilizers for investigation on the use of power damping inter-area oscillations in longitudinal power systems. IEEE Trans Power Syst 1998;13(2):552-9.

[12] Dubey M, Dubey A. Simultaneous stabilization of system using genetic algorithm based multi-machine power International universities power system stabilizers. In: 41th 2006. p. power, engineering conference, UPEC'06, vol. 2; 426-31.

[13] Yan-feng M, Shu-qiang Z, Xue-ping G. Coordinated Systems Based on On-line Damping Control of Power Identification. In: 2011 4th International conference on electric utility deregulation and restructuring and power (DRPT); 2011. p. 1355-59. technologies

[14] Hasanovic A, Feliachi A. Genetic algorithm based damping controller design using inter-area oscillation 2002;3:1136-41. MATLAB. Eng Soc Summer Meet

[15] Viveros ERC, Taranto GN, Falc DM. Coordinated multi-objective genetic tuning of AVR and PSSs by intelligent algorithms. In: 13th International conference on systems application to power systems; 2005. p. 247-52.

[16] Ramirez-Gonzalez M, Castellanos R, Malik OP. PSSs for Power System Application of Simple Fuzzy Stability Enhancement of the Mexican Interconnected System. IEEE PES general meeting, Minneapolis, 2010. Minnesota, USA; July 25-29,

[17] Han ; Chung, C.Y. ; Junbo Zhang "A Novel Yingduo Modal Decomposition Control and Its Application to PSS

یک راه حل دیگر جهت حل مشکل نوسان توان بین ناحیه ای، استفاده از ادوات FACTS می باشد. این ادوات در اثر سرعت بالای عملکرد، در هنگام حوادث شبکه، در پاسخ حالت گذرای سیستم دخالت نموده و پایداری گذرا و دینامیکی سیستم را بهبود می بخشد. تنها مشکلی که در مورد استفاده از این ادوات وجود دارد، قیمت بالای آنها در رنج های بالای استفاده در شبکه انتقال است. (بعنوان مثال نیاز به 100 SVC مگاوازی). اما با محاسبه سود حاصل از بکارگیری این ادوات، می توان استفاده از آنها را جهت حل مشکل پایداری بین ناحیه ای توجیه نمود. استفاده از این ادوات علاوه بر بهبود پایداری سیستم، قابلیت های کنترلی سیستم را نیز افزایش می دهد بعنوان مثال با بکارگیری UPFC علاوه بر بهبود پایداری بین ناحیه ای، قابلیت کنترل توان اکتیو و راکتیو در خطوط بین ناحیه ای بوجود می آید که با توجه به بحث بازار برق و خرید و فروش برق بین نواحی، مبحث قابل توجه و کاربردی خواهد بود.

## مراجع

[1] P. Kundur, N. Balu, and M. Lauby, "Power System Stability and Control", vol. 4, McGraw-Hill, New York, NY, USA, 1994.

[2] BASLER M J, SCHAEFER R C. Understanding power system stability , IEEE Transactions on Industry Applications, 2008, 44(2),463-474.

[3] LARSEN E, SWANN D. "Applying power system stabilizers". Part I, General concepts. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 1981, PAS100 (6): 3017-3024.

[4] -1 Pal, ; Chowdhury, S.P. ; Chowdhury, S. ; Mitra, P. "Damping Local and Inter-Area Oscillations with S.K. Adaptive Neuro-Fuzzy Power System Stabilizer", page 457 Universities Power Engineering Conference, 2006. - 461, Newcastle-upon-Tyne -2

[5] Mojtaba Shirvani, Pejman Shakeri, Elahe Behzadipour, Iman Baghbani , "PID Power System Stabilizer Design , Life Science "based on Shuffled Frog Leaping Algorithm Journal 2012

[6] ; "Design a Ma Zhanjun ; Chen Xiangyi ; Li Chunyan Wide-area PSS for damping inter-area low-frequency Industrial Electronics and Applications oscillation", , June 2010, page (ICIEA), 2010 the 5th IEEE Conference 808 - 813, Taichung

[28] J. Ma, T. Wang, J. Thorp, A. Phadke, and Z. Wang, "Application of wide-area collocated control technique for damping inter-area oscillations using flexible ac transmission systems devices", *Electric Power Components and Systems*, vol. 39, no. 13, pp. 1452–1467, 2011

[29] مهدی نجار، علی اکبر قره ویسی، محمد علی صدرنیا، عباد .. کامیاب، "بهینه سازی شبکه انتقال خراسان با استفاده از ادوات FACTS"، کنفرانس PSC، پژوهشگاه نیرو، تهران، آبان ماه 1385

[30] J.P. Therattil, P.C. Panda, R. Narne, "Damping of inter-area oscillations in power system using genetic optimization based coordinated PSS with FACTS stabilizers", 2012, Page(s):853 – 858, Kochi

[31] Nguyen TT, Gianto R. Optimal design for control stabilisers and flexible coordination of power system alternating current transmission system devices with controller saturation limits. *IET Gener Transm Distrib* 2010; 4(9):1028–43.

Design for Damping Inter-area Oscillations in Power Systems, *IEEE Transactions Systems*, ( ), Nov. 2012, page 2015 – 2025 Issue: 4 (Volume:27 , on

[18] Dysko A, Leithead WE, O'Reilly J. Enhanced power coordinated PSS design. *IEEE Trans system stability by Power Syst* 2010;25(1):413–22.

[19] Shan Li, Lian Zhang, Xiaoqian Hu, "Allocation Parameter Configuration and Simulation of PSS Based on Small Signal Stability Analysis", *MACE '12 Proceedings of the 2012 Third International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering*, Pages 165-168, IEEE Computer Society Washington, DC, USA ©2012

[20] Juan M. Ramirez, Rosa E. Correa b, Diana C. Hernandez, "A strategy to simultaneously tune power system stabilizers", *Elsevier Electrical Power and Energy Systems* 43 (2012) 818–829,

[21] Jabr RA, Pal BC, Martins N, Ferraz JCR. Robust and system stabilizer gains using coordinated tuning of power sequential linear programming. *IET Gener Transm Distrib* 2010;4(8):893–904.

[22] Sebaa K, Guéguen H, Boudour M. Mixed integer non-the cross-entropy approach for linear programming via IET Gener power system stabilizers location and tuning. *Trans Distrib* 2010;4(8):928–39.

[23] Hsu YY, Liou KL. Design of Self-tuning PID Power Synchronous Generators. *IEEE Trans System Stabilizers for Energy Conver* 1987;EC-2(3):343–8.

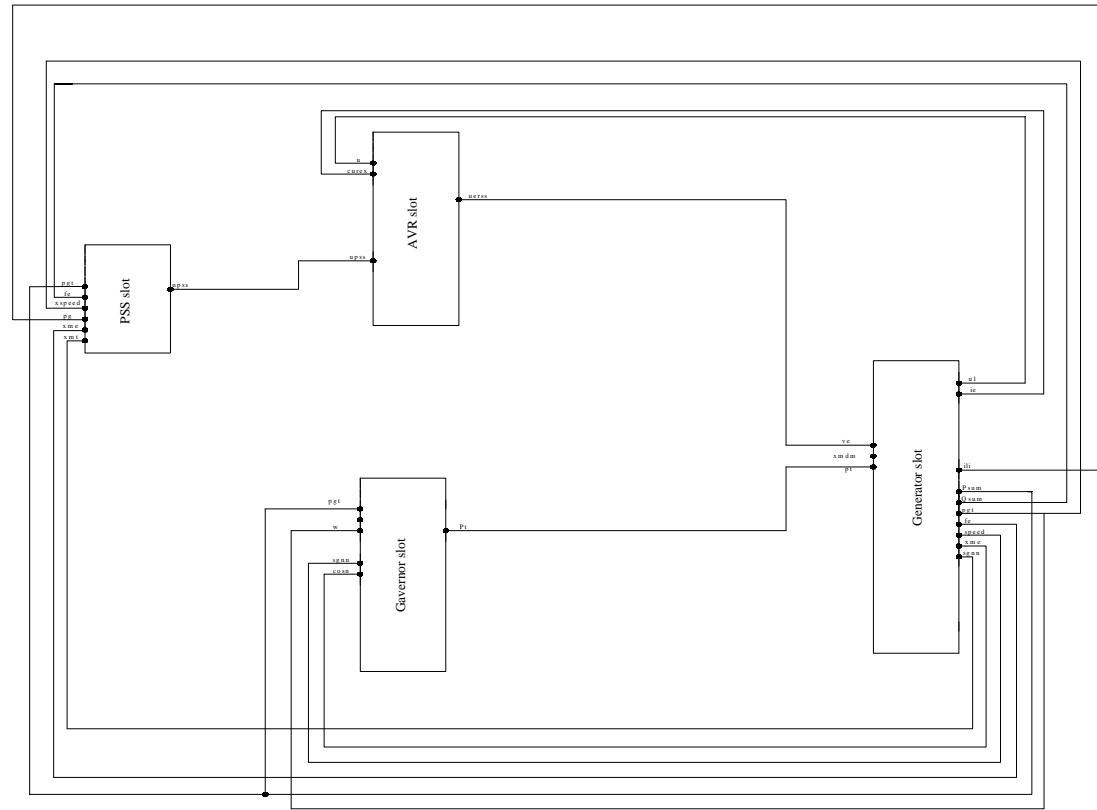
[24] R. D. Saxena, K. D. Joshi, G. H. Raison, "Application of Unified Power Flow Controller (UPFC) for Damping Power System Oscillations", *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 1 Issue 4, June – 2012

[25] C.Su and Z.Chen, "Damping Inter-Area oscillations using static, synchronous series compensator (SSSC)", *Universities' Power, Engineering Conference*, 2011.

[26] A. Sengupta, and A. Chakrabarti, D. Mondal, "Intelligent Control of Inter-Area Oscillations in a Multimachine Network Employing LMI Based Wide Area TCSC Controller", *IRANIAN JOURNAL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING*, VOL. 11, NO. 1, WINTER-SPRING 2012

[27] Mats Larsson, Petr Korbaa, Walter Sattingerb, Priscilla Owena, "Monitoring and Control of Power System Oscillations using FACTS/HVDC and Wide-area Phasor Measurements", *ABB Switzerland Ltd, PARIS CIGRE* 2012





پیوست 1- دیاگرام کنترلی و PSS استفاده شده در نرم افزار

