

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده برق و رباتیک

پایان نامه کارشناسی ارشد برق-قدرت

تأیید شده است
رئیس دانشکده برق و رباتیک
مهر و امضاء
[Signature]

هماهنگ سازی پایدارسازها در سیستمهای قدرت چند ماشینه با استفاده از فازی تطبیقی

**Coordination of Power System Stabilizers in
Multi-Machine Power System Using Adaptive Fuzzy**

اساتید راهنما:

دکتر علی اکبر قره ویسی

دکتر احمد دارابی

ارائه دهنده :

مهدی منادی

تابستان ۱۳۸۳

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

چکیده

لازمه کارکرد مناسب یک سیستم قدرت برخوردار از پایداری مناسب در مقابل اغتشاشات مختلف بوجود آمده در آن است. به همین دلیل استفاده از پایدارسازهای سیستم قدرت و اعمال روشهای مناسب کنترلی بر روی این پایدارسازها همواره مورد توجه بوده است. پایدارسازهای سیستم قدرت باید بتوانند سیگنالهای کنترلی مناسب را برای محدوده مختلفی از شرایط عملکرد سیستم و انواع اغتشاشاتی که در آن رخ می دهد را ایجاد نمایند. بعد از پایدارسازهای کلاسیک که محدوده مشخصی برای عملکرد داشتند، استفاده از سیستم های فازی برای این امر مورد توجه قرار گرفت. به گونه ای که پایدارسازهای فازی به عنوان پایدارسازهای مقاوم در برابر تغییر شرایط سیستم قدرت مورد نظر، از پاسخ های مناسبی برخوردار بوده اند. برای بهبود عملکرد سیستم های فازی معمولاً روشهایی برای تطبیق پارامترهای آن به سیستم فازی افزوده می شود. در این پایان نامه از سیستم های فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی استفاده نموده ایم. پایدارسازهای مبتنی بر ANFIS ضمن آنکه می توانند از حوزه عملکرد بیشتری برخوردار باشند دارای ساختار سیستماتیکی برای تعیین پارامترهای سیستم فازی هستند. این پایدارسازها در یک سیستم ۹ باسه شبیه سازی شده اند و نتایج بدست آمده دقت مناسب آنها و نیز مقاوم بودن در مقابل تغییرات عملکرد سیستم قدرت و نیز شرایط مختلف وقوع اغتشاشات در آن را تایید می کند.

کلمات کلیدی: پایداری سیستم های قدرت، پایدارسازهای فازی، سیستم چند ماشینه، سیستم های فازی

مبتنی بر شبکه های تطبیقی

فهرست مطالب

۱	مقدمه
۵	فصل اول: پایداری سیستم های قدرت
۶	مقدمه
۶	۱-۱- دینامیکهای سیستم قدرت
۶	۱-۲- دسته بندی دینامیک ها
۷	۱-۲-۱- تعریف پایداری
۸	۱-۳- انواع پایداری ها در سیستم قدرت
۸	۱-۳-۱- پایداری زاویه رتور یا پایداری سنکرون
۸	۱-۳-۱-۱- پایداری سیگنال کوچک
۸	۱-۳-۱-۲- پایداری گذرا
۹	۱-۳-۱-۳- پایداری دینامیک
۹	۱-۳-۲- پایداری فرکانس
۹	۱-۳-۳- پایداری ولتاژ
۱۰	۱-۴- پایدار سازهای سیستم قدرت
۱۲	۱-۵- تاریخچه

۱۵	فصل دوم: سیستم های فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی
۱۶	مقدمه
۱۷	۱-۲-قوانین اگر-آنگاه فازی و سیستم های استنتاج فازی
۱۷	۱-۱-۲-قوانین اگر-آنگاه فازی
۱۹	۲-۱-۲-سیستمهای فازی
۲۲	۲-۲-شبکه های تطبیقی: ساختار و الگوریتم آموزش آن
۲۳	۱-۲-۲-توصیف شبکه های تطبیقی
۲۴	۳-۲-ANFIS: شبکه های تطبیقی مبتنی بر سیستم استنتاج فازی
۲۴	۱-۳-۲-ساختار ANFIS
۲۹	۴-۲-شبکه های ANFIS در نرم افزار MATLAB
۲۹	۴-۲-۱-مراحل آماده سازی ANFIS برای کاربرد در SIMULINK
۳۴	۵-۲-روش دیگر
۳۵	۶-۲-شبکه های عصبی مبتنی بر توابع پایه شعاعی (RBF)
۳۶	۶-۲-۱-مقایسه شبکه های عصبی پیشخورد (پرسپترون) و ...
۳۸	۶-۲-۲-دستورات MATLAB
۳۹	فصل سوم: شبیه سازی سیستم قدرت
۴۰	مقدمه
۴۲	۱-۳-مدل سازی بخش های مختلف سیستم قدرت
۴۲	۱-۱-۳-مدل ژنراتور
۴۳	۲-۱-۳-معادلات دینامیک ژنراتور
۴۴	۳-۱-۳-بلوک های سیمولینک توان تولیدی هر ژنراتور
۴۴	۴-۱-۳-شبیه سازی معادلات دینامیک ژنراتور ها

۴۵	۳-۱-۵-مدل سازی بارها
۴۵	۳-۱-۵-۱-توان ثابت
۴۵	۳-۱-۵-۲-امپدانس ثابت
۴۶	۳-۱-۶-خطوط و ترانس ها
۴۶	۳-۱-۷-پایدارسازهای سیستم قدرت
۴۸	۳-۲-الگوریتم تحلیل سیستم قدرت
۴۸	۳-۲-۱-روش تحلیل سیستم های چند ماشینه
۴۹	۳-۲-۱-۱-انجام پخش بار بر روی سیستم مورد مطالعه
۵۰	۳-۲-۱-۲-محاسبه ولتاژ های داخلی ژنراتورها
۵۰	۳-۲-۱-۳-شروع شبیه سازی

۵۱ فصل چهارم: پایدارسازهای فازی-تطبیقی

۵۲	مقدمه
۵۳	۴-۱-توصیف سیستم قدرت مورد استفاده
۵۴	۴-۲-پایدارسازی سیستمهای قدرت با استفاده از سیستمهای فازی تطبیقی
۵۶	۴-۳-بیان روش پیشنهادی
۶۰	۴-۳-۱-وضعیت بار نرمال و خطای ایجاد شده در باس ۸ در ۰،۳ ثانیه رفع می گردد
۶۲	۴-۳-۲-وضعیت بار نرمال و خطای ایجاد شده در باس ۶ در ۰،۳۵ ثانیه رفع می گردد
۶۴	۴-۳-۳-وضعیت ۲۰ درصد اضافه بار و خطای موجود در باس ۷ در ۰،۳ ثانیه رفع می گردد
۶۶	۴-۴-استفاده از ANFIS
۶۷	۴-۴-۱-آموزش ANFIS

۷۲	فصل پنجم: هماهنگ سازی پایدارسازها
۷۳	۱-۵- هماهنگ سازی پایدارسازهای سیستم قدرت
۷۵	۲-۵- طراحی دو پایدارساز هماهنگ فازی در سیستم های قدرت چندماشینه
۷۵	۱-۲-۵- روشهای پیشنهادی
۷۵	۲-۲-۵- روش اول
۷۹	۳-۲-۵- روش دوم
۸۳	فصل ششم: نتیجه گیری و پیشنهادات
۸۴	مقدمه
۸۴	۱-۶- نتیجه گیری
۸۵	۲-۶- پیشنهادات
۸۷	پیوست ها
۸۸	پیوست الف: مشخصات سیستم قدرت
۸۹	پیوست ب: برنامه های مورد استفاده
۹۹	مراجع و ماخذ

تشکر و قدردانی

بر خود لازم می دانم از همه اساتید محترم و دوستانی که در مراحل مختلف تحصیلی از الطاف آنها بهره مند بوده ام تشکر و قدردانی نموده و برای آنها موفقیت و شادکامی آرزو نمایم.

خصوصاً از اساتید محترم راهنما و نیز اساتید محترم ممتحن کمال تشکر را دارم و توفیق جبران زحمات آنها و نیز موفقیت ایشان را از خداوند متعال خواستارم.

مهدی منادی

شهریور ۱۳۸۳

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم ...

مقدمه

شبیه سازی های انجام شده در این پروژه برای سیستم های قدرت و اجزای آن، در محیط SIMULIK نرم افزار MATLAB انجام پذیرفته است و برای بیان سیستم های فازی، شبکه های عصبی و نیز انجام مراحل آماده سازی¹ ANFIS از بلوک های موجود در این محیط استفاده شده است.

در این بخش به معرفی اجمالی فصل های مختلف پایان نامه می پردازیم:

- در فصل اول ضمن بیان مقدمه ای درباره پایداری سیستم های قدرت و انواع آن، مروری بر کارهای انجام شده برای این منظور صورت پذیرفته است و برخی مقالاتی که درباره سیستم های فازی تطبیقی ارائه شده است را بیان نموده ایم.
- در فصل دوم جزئیات ANFIS توضیح داده شده است. در این فصل ضمن مروری کلی بر سیستم های فازی و نیز شبکه های عصبی RBF²، لایه های مختلف یک شبکه ANFIS و نیز نحوه آماده سازی آن در محیط MATLAB بیان گردیده است.
- فصل سوم بیان نحوه شبیه سازی سیستم های قدرت چندماشین با استفاده از محیط SIMULIK است. در این بخش ضمن بیان روابط و معادلات حاکم بر بخش های مختلف سیستم های قدرت، بلوک های طراحی شده برای هر بخش آورده شده است.
- فصل چهارم بیان نحوه طراحی سیستم های تطبیقی فازی برای پایدارسازهای سیستم قدرت است. در این بخش دو گونه سیستم برای تطبیق عملکرد سیستم های فازی با شرایط و عملکرد های مختلف سیستم قدرت بیان شده است. در حالت اول یک سیستم مبتنی بر شبکه های عصبی RBF² برای تشخیص شرایط کار سیستم طراحی شده است که این سیستم متناسب با وضعیت سیستم قدرت، پارامترهای مناسب را برای پایدارساز فازی انتخاب

¹ Adaptive Network Based Fuzzy Inference System

² Radial Basis Function

می‌کند. در بخش دیگر این فصل از ANFIS برای ایجاد قدرت تطبیق در سیستم‌های فازی استفاده شده است.

- فصل پنجم بیان نحوه هماهنگ‌سازی پایدارسازها است. در این حالت ابتدا با بیان یک روش مقدماتی برای این امر و مطرح کردن معایب و مزایای آن چگونگی استفاده از ANFIS برای طراحی چند پایدارساز هماهنگ بیان شده است.
- در فصل ششم به بیان نتایج حاصل از کارهای انجام شده پرداخته ایم و پیشنهاداتی را برای بهبود کار و یا ادامه آن در آینده مطرح نموده ایم. ضمن آنکه مزایا و معایب هر کدام از سیستم‌های کنترلی مورد استفاده نیز بیان شده است.
- تعدادی ضمیمه نیز برای این پایان‌نامه در نظر گرفته است که در آنها مشخصات سیستم قدرت مورد استفاده، برنامه‌های نوشته شده برای اهداف مختلف و نیز بلوک‌های طراحی شده، آورده شده است.

فصل اول

پایداری سیستم های قدرت

مقدمه:

در این فصل ضمن بیان تعریفی از پایداری در سیستم های قدرت و انواع آن، روشهای مورد استفاده برای بهبود پایداری در سیستمهای قدرت چندماشینه مورد بررسی قرار می گیرند. همچنین ضمن مروری بر پایدارسازها و روشهای کنترلی آنها، دلایل استفاده از PSS¹ ها در سیستم های قدرت و اثرات و نیز محدودیت هایی که با آن روبرو هستند مورد توجه و بررسی قرار می گیرد.

۱-۱-دینامیک سیستم قدرت:

پدیده های دینامیکی بسیار زیادی با مشخصات مختلف در سیستم های قدرت موجود است. این پدیده ها ممکن است به شکل محلی باشند که در این صورت فقط یک ناحیه یا منطقه خاص از سیستم قدرت را تحت تاثیر قرار می دهند یا فقط یکی از مولفه های سیستم را تحت تاثیر قرار دهند. همچنین ممکن است پدیده هایی اتفاق بیافتد که باعث ایجاد تداخل و برهمکنشهایی بین نواحی مختلفی از سیستم گردد که ممکن است از لحاظ جغرافیایی از هم دور باشند. معمولاً این قبیل پدیده ها در اثر وقوع یک اغتشاش و یا خطا در سیستم های قدرت آغاز می گردد. مثلاً وقوع یک خطای تکفاز یا سه فاز به زمین می تواند باعث اثراتی در تمام بخش های یک سیستم گردد. این پدیده ها می توانند باعث ایجاد ناپایداری در سیستم شود که باعث خروج بخش بزرگی از سیستم از چرخه عملکرد می شود و به عبارت دیگر بخش مهمی از سیستم تغذیه به مصرف کنندگان از دست خواهد رفت.

دینامیک در سیستم قدرت همچنین می تواند در اثر عکس العمل و برهمکنش بین عملکرد کنترلرهای مختلف و یا در اثر سویچینگ خطوط و یا سایر عناصر، همچون مصرف کنندگان بزرگ باشد. این قبیل اغتشاشات باید در محدوده مشخصی که در حدود کار نرمال و طبیعی است نگه داشته شوند و نباید پایداری سیستم را در معرض خطر قرار داد.

۱-۲-دسته بندی دینامیک ها:

پدیده های دینامیک در سیستم قدرت معمولاً در دسته های زمانی زیر قرار می گیرند:

(۱) حالت های گذرای سریع (الکترومغناطیسی) 100Hz-MHz

(۲) سوینگ های الکترومغناطیس (سوینگ رتور در ژنراتورهای سنکرون) 0.1 – 3 Hz

(۳) دینامیک های غیر الکتریکی یعنی پدیده های مکانیکی و ترمودینامیکی بالاتر از 10Hz

¹ Power System Stabilizer

۱-۲-۱- تعریف پایداری:

همانگونه که در بالا ذکر شد، یک دینامیک در سیستم قدرت با وقوع یک اغتشاش در سیستم آغاز می گردد. رفتار سیستم پس از وقوع این اغتشاش وابسته به میزان بزرگی و زمان امتداد اغتشاش روی داده است. اغتشاشات کوچک معمولاً نوسانات کوتاه و کوچکی را در سیستم قدرت ایجاد می کنند که به سرعت از بین می روند (دمپ می شوند). در حالی که در اثر وقوع اغتشاشات بزرگ، نوسانات بزرگ و دامنه دار در سیستم قدرت به وقوع خواهد پیوست. پایداری وابسته به این است که آیا نوسانات بوقوع پیوسته حذف خواهند شد یا نه؟ و آیا عملکرد و بهره برداری از سیستم قدرت می تواند بدون اینکه برق رسانی به هیچ مصرف کننده ای تحت تاثیر قرار گیرد، ادامه پیدا کند که این مطلب بسیار مهم است. از آنجا که سیستم قدرت یک سیستم غیر خطی است، پایداری سیستم به شدت وابسته به نوع و اندازه اغتشاشات بوقوع پیوسته است. البته در این بین، زمان وقوع اغتشاش و وضعیت سیستم در آن زمان و نیز مدت زمان امتداد اغتشاش از عوامل موثر در پایداری پس از وقوع اغتشاش است.

در سالهای اخیر تعاریف زیادی برای بحث پایداری ارائه شده است که در گزارش کار IEEE در مرجع [27] به تعریف زیر اشاره شده است:

پایداری سیستم قدرت ، قابلیت یک سیستم قدرت است که در یک نقطه کار معلوم، پس از وقوع یک اغتشاش فیزیکی ، در حالت و نقطه کار عادی خود باقی بماند، با این فرض که اغلب متغیرهای سیستم بدون تغییر عمده باقی بمانند.

با استفاده از تعریف بالا می توان نکات زیر را در بحث پایداری استخراج نمود:

(۱) لازم نیست که سیستم پس از وقوع خطا در نقطه تعادل قبل از وقوع خطا باقی بماند. بدین دلیل که پس از وقوع خطا ممکن است برخی از بخش های سیستم (مثلاً خطوط) بی برق شده و از سیستم خارج شوند. ولتاژ و توان عبوری از خطوط لزومی ندارد پس از وقوع خطا در مقدار قبلی خود باقی بمانند. اغلب اغتشاشاتی که در تحلیل های مرتبط به پایداری زاویه مطرح هستند باعث تغییر در توپولوژی سیستم و نقاط کار مختلف آن می شوند.

(۲) لازم است که نقاط تعادل پس از وقوع خطا، نقاط قابل قبولی باشند. نقطه کار قابل قبول برای هر سیستم بر اساس مشخصات آن باید دقیقاً معلوم شود. البته تعاریف دیگری هم برای پایداری مطرح شده است.

۱-۳-انواع پایداری ها در سیستم قدرت:

بر اساس نوع پارامترها و فاکتورهای سیستم که در پایداری و عملکرد آن موثر هستند سه نوع پایداری قابل طرح است:

۱-۳-۱-پایداری زاویه رتور یا پایداری سنکرون:

معمولا در شرایط کار عادی مجموع توان تولیدی ژنراتورهای یک سیستم قدرت با مجموع توان مصرفی و کل تلفات سیستم برابر است. با توجه به تغییرات سیستم، همواره یک تعادل بین توان مصرفی و توان اعمالی توسط توربین ها به ژنراتور وجود ندارد. اگر این میزان عدم تعادل از حد مشخصی تجاوز کند، باعث می شود توان اکتیو ژنراتورها کاهش و یا افزایش یابد که در این حالت ممکن است تغییراتی در سرعت و زاویه ماشین ایجاد گردد. پایداری زاویه رتور یا پایداری سنکرون به معنای توانایی ماشین های سنکرون در حفظ حالت سنکرونیزم پس از وقوع خطا در سیستم است. اگر خطا در محل ژنراتور و به شکل اساسی و غیرگذرا باشد، مثلا وقوع خطای فاز به زمین در نزدیکی ژنراتور، ممکن است ژنراتور از کار بیفتد و از مدار خارج شود، زیرا در زمان وقوع خطا توان شتاب دهنده به محور ژنراتور اعمال شده و آنرا از حالت سنکرون با شبکه خارج می کند. در این حالت جریان زیادی از سیم پیچ های ژنراتور می گذرد که می تواند برای آن بسیار مخرب باشد. معمولا این نوع پایداری را به دسته های زیر تقسیم می کنند:

۱-۳-۱-۱-پایداری سیگنال کوچک:

پایداری سیگنال کوچک، عبارت است از قابلیت سیستم در برگشت به کار عادی پس از وقوع یک اغتشاش کوچک. بررسی و تحقیق در مورد این قبیل پایداری ها معمولا توسط خطی سازی معادلات حالت توصیف کننده سیستم حول نقطه کار انجام می پذیرد.

۱-۳-۱-۲-پایداری گذرا:

این قبیل پایداری، قابلیت سیستم در برگشت به حالت کار عادی پس از وقوع یک اغتشاش سخت است، از قبیل اتصال کوتاههای سه فاز و یا تک فاز و یا از دست رفتن یکی از ژنراتورها، در این شرایط معمولا معادلات خطی مورد استفاده قرار نمی گردند و لازم است از آنالیزهای غیر خطی استفاده گردد.

۱-۳-۱-۳-پایداری دینامیک:

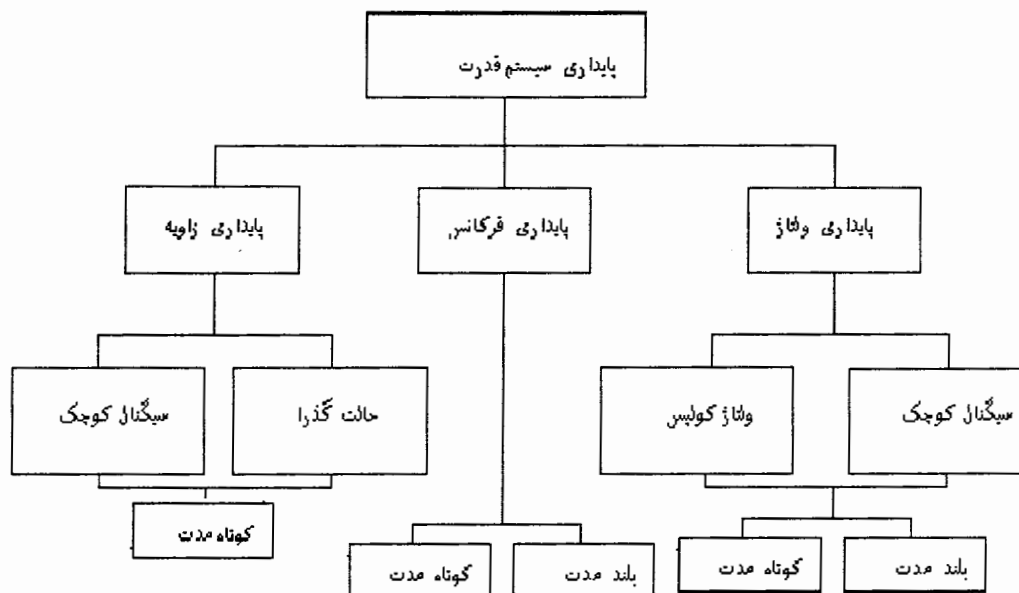
این نوع پایداری هم مستقل از دو نوع قبل مورد توجه قرار گرفته و در مقالات مختلف از سوی مولفان تعاریف و روشهایی مختلفی برای بیان آن استفاده شده است.

۱-۳-۲- پایداری فرکانس :

این پایداری در حالی که اغتشاش از حالت محلی خارج شده و به شکل عمومی (گلوبال) تبدیل می گردد، مطرح می شود. در این حالت با وجود آنکه مجموع توان اعمالی به سیستم کافی است ولی در نقاطی از شبکه عدم تعادل های محلی وجود دارد. اگر توان تزریقی به شبکه کمتر از توان مصرفی و تلفات باشد این امر می تواند باعث تاثیر در فرکانس کل شبکه و ناپایداری آن گردد.

۱-۳-۳- پایداری ولتاژ:

این پایداری در اثر عدم وجود تعادل در توان راکتیو بوجود می پیوندد. لازم است که همواره تعادل بین توان راکتیو در تمام نقاط شبکه موجود باشد. بحث عدم پایداری در این حالت بدین معنی است که توان راکتیو تزریق شده به یک گره کمتر از میزان مورد نیاز است به همین دلیل اندازه ولتاژ در گره مورد نظر به کمتر از میزان نامی می رسد. اگر این حالت عدم تعادل خیلی زیاد شود و ولتاژ کل سیستم از حد قابل قبول خارج شود در این حالت ناپایداری در ولتاژ به وقوع پیوسته است. ادامه این امر می تواند باعث شکست ولتاژ و وقوع پدیده ولتاژ کولپس شود که می توانند مشکلات عمده ای را برای کل سیستم قدرت ایجاد کند.



شکل (۱-۱): دسته بندی انواع پایداری ها

۴-۱- پایدار سازهای سیستم قدرت:

از سال ۱۹۶۰ نوسانات فرکانس پایین در هنگام اتصال صنایع بزرگ به سیستمهای برق در این سیستمها دیده شده است. در این حالت اگر هیچ عنصر و یا ساختاری برای حذف این نوسانات موجود نباشد، ممکن است پایداری و سنکرونیزم در این سیستم ها از دست رفته و خاموشی های منطقه ای و مقطعی و یا سراسری ایجاد گردد. سیستم های قدرت به عنوان سیستم های بزرگ غیر خطی که خواص غیر خطی زیادی از خود نشان می دهند مطرح هستند که ممکن است تحت نوسانات کوچک و یا بزرگ الکترومکانیکی قرار گیرند. از سوی دیگر به دلیل وجود سرمایه گذاری های بسیار زیاد در بخش برق و یا بخش هایی که از انرژی برق استفاده می کنند قطعی های مکرر و نیز ناپایداری های بوجود آمده در سیستم می تواند باعث ایجاد ضررهای زیادی به بخش های مختلف گردد. به همین دلیل لازم است وسایل و سیستم های کنترلی در سیستم قدرت ایجاد گردد که ضمن حذف نوسانات بوجود آمده در سیستم قدرت پایداری و قابلیت اطمینان آنرا افزایش داده و امکان استفاده بیشتر و بهتر از سیستم های قدرت را بوجود آورد.

بحث این پایدار سازها و لزوم آنها از سالهای ۱۹۲۰ و پس از گزارش اولین ناپایداری های بوجود آمده در سیستم های قدرت حالت جدی به خود گرفت که منجر به ایجاد و گسترش پایدار سازهای سیستم قدرت PSS ها و سپس ادوات پیشرفته تر، همچون ادوات FACTS، گردید. به همین دلیل PSS ها به عنوان ابزارهای اقتصادی و موثر در حذف نوسانات معمولاً مورد توجه و استفاده هستند. پایدارسازهای سیستم قدرت PSS ها با اعمال فید بک ها و سیگنال های کنترلی مناسب باعث حفظ پایداری این سیستم ها می گردند. به عبارت دیگر، در راستای مقابله با نوسانات فرکانس پایین یکی از روشهای کارآمد و معمول استفاده از یک سیگنال اضافی در سیستم تحریک ژنراتور است. وظیفه تولید و اعمال این سیگنال اضافی را پایدار ساز سیستم قدرت (PSS) به عهده دارد. PSS بشرطی کار رضایت بخش خود را انجام خواهد داد که درست تنظیم شده باشد. برای تنظیم درست آن لازم است مدل خطی سیستم بررسی و تحلیل شود. یک پایدار ساز، گشتاور مثبت جهت دمپ کردن (حذف) نوسانات سیستم قدرت در جهت موافق با فاز سیگنال های سرعت اعمال می کند تا در اثر آن اثر گشتاور های منفی نوسانات (ایجاد کننده نوسانات) خنثی گردد.

یک پایدار ساز زمانی می تواند اثر قابل توجهی در سیستم قدرت و حذف نوسانات آن داشته باشد که پارامترهای آن به شکل مناسبی طراحی و تنظیم شده باشند. یکی از مشکلات این قبیل پایدار سازها ثابت بودن ضرایب آنها و پارامترهای معین کننده عملکرد آنهاست. به همین دلیل پایدار ساز فقط در محدوده مشخصی قادر به اعمال سیگنال کنترلی کارا است و در سایر حالات عملکرد سیستم، ممکن است سیگنال های تولیدی توسط آن چندان کارایی مناسبی در حذف نوسانات سیستم نداشته باشند. به همین دلیل تلاشهایی برای افزایش کارایی پایدار سازها در شرایط

مختلف عملکرد سیستم های قدرت انجام شده است. از سوی دیگر طراحی پایدار سازه های کلاسیک نیازمند داشتن یک مدل از سیستم مورد نظر است که خصوصا در شبکه های بزرگ وجود این مدل عملا بسیار مشکل است. به همین دلیل استفاده از روشهای جدید تر مورد توجه واقع شده است.

یکی از روشهای مورد توجه، استفاده از سیستمهای مبتنی بر هوش مصنوعی است. سیستم های فازی به عنوان اولین مورد از این روشها به شدت مورد توجه محققین بوده است. در پایدارسازهای مبتنی بر سیستم های فازی، قوانین زبانی که بر اساس ارتباط بین خروجی های سیستم و سیستم کنترل بیان می شوند، پایدار ساز فازی را می سازند. کنترلرهای فازی خصوصا در زمانی که مدل مشخصی برای سیستم وجود ندارد ولی توسط یک فرد خبره، اطلاعاتی درمورد آن وجود دارد مورد استفاده قرار می گیرد. از دلایل دیگر استفاده از کنترلر فازی این است که در عدم قطعیت ها در عملکرد و پارامتر های سیستم نقش مناسبی را ایفا می کند.

پس از اعمال سیستم های فازی مشاهده شد که اگرچه این سیستم ها از قدرت و دقت و محدوده عملکرد بالاتری نسبت به روشهای کنترلی کلاسیک برخوردار هستند ولی بازهم بدلیل ثابت بودن توابع عضویت و قوانین، در برخی از حالات سیستم پاسخ مناسبی را اعمال نمی نمایند به عبارت دیگر کنترلرهای فازی که تا کنون ارائه شده اند به شکل کلی و برای حالات عمومی هستند. یک طراحی و کنترل ویژه نیازمند معین کردن همه قوانین و توابع عضویت کنترلی، برای همه حالات ویژه عملکرد سیستم، است. به همین دلیل تلاشهای برای ایجاد و طراحی پایدارسازهای تطبیقی صورت پذیرفته است که پارامتر های آنها توسط روال های مشخصی بر اساس نیاز های سیستم تغییر کند. برای این منظور و بالا بردن محدوده عملکرد پایدار سازی ها از سیستم های خبره و یا سیستم های بر مبنای قوانین خاص استفاده می شود.

استفاده از این قبیل تکنولوژی های کنترلی برای دست یابی به یک یا چند مورد از اهداف زیر بوده است:

(۱) بهتر کردن و افزایش رباست بودن سیستم بیش از آنچه توسط روشهای کلاسیک قابل دستیابی است.

(۲) آسان کردن طراحی کنترلی برای سیستم هایی که مدل سازی آنها مشکل است.

(۳) آسان کردن استفاده از سیستم های کنترلی.

۱-۵-تاریخچه:

در این بخش به بررسی برخی از کارهای انجام شده در این مورد می پردازیم: وانگ و مندل در مرجع [19] توابع پایه ای فازی را معرفی نموده اند که قابلیت ترکیب داده های ریاضی و عددی با اطلاعات زبانی را دارند. همچنین از این توابع برای معرفی کنترل فازی تطبیقی پایدار برای سیستم های غیرخطی استفاده شده است. به عبارت دیگر در این مقاله کنترلر فازی تطبیقی بکار رفته از قوانین If-Then تولید شده توسط دانش انسان خبره تشکیل یافته است که از یک قانون تطبیق دهنده در کنترلر فازی در پروسه تطبیقی کردن آن استفاده شده است.

در مرجع [14] به گونه ای دیگر فازی ساز به شکل تطبیقی در آمده است. در این مقاله پارامترهای پایدار ساز فازی در هر لحظه از زمان بر اساس شرایط مساله توسط یک سیستم فازی دیگر تنظیم و مشخص می شود و بدین وسیله سیستم فازی برای حالات مختلف تطبیق داده می شود. برای این امر سیستم فازی تطبیق دهنده در هر لحظه دو پارامتر به عنوان پارامترهای اندازه و مقیاس ایجاد می کند که ورودی های FPSS² با این دو پارامتر تغییر خواهند نمود.

در مرجع [7] از الگوریتم ژنتیک برای حل مشکلات مرتبط با پایدار سازها استفاده شده است. برای این منظور مساله طراحی پارامترهای PSS و FACTS³ به یک مساله بهینه سازی تبدیل شده و توسط الگوریتم ژنتیک حل شده است.

در PSS ارایه شده در مرجع [3] از کنترل فازی تاکاگی-سوگنو استفاده شده است. این پایدار ساز فازی از دو بخش پایدارساز کلاسیک و یک بخش فازی که سیگنال ترکیب را ایجاد می کند تشکیل شده است. این دو پایدار ساز برای حالت های بار زیاد و بار کم سیستم طراحی شده اند که هر کدام در حالت های مربوطه به خود بهترین سیگنال کنترلی را تولید می کنند. خروجی های این دو بخش بر اساس وضعیت بار شبکه وزندار می شوند و در خروجی اصلی ظاهر می شوند که میزان این وزنها و در واقع اثر گذاری پایدارسازها در خروجی توسط سیستم فازی معین می گردد.

در مرجع [2] به گونه ای دیگر سیستم فازی تطبیقی شده است. در این مقاله یک روش تطبیق سازی و تنظیم سیستماتیک ارایه شده است و فرض شده است که قوانین پایه ای کنترل با تغییر شرایط عملکرد به شکل کمی تغییر خواهند نمود. در این روش قوانین و توابع عضویت یکبار طراحی می شوند و توابع عضویت توسط ضرایبی تغییر نموده و اصلاح می شوند. یعنی توابع عضویت خروجی و ورودی در یک ضریب ضرب خواهند شد.

² Fuzzy Power System Stabilizer

³ Flexible AC Transmission System

در مرجع [10] از ترکیب دو روش، یک روش تحلیلی به نام کنترل مینیمم فاز و یک روش هوشمند مبتنی بر الگوریتم ژنتیک برای تنظیم پارامترهای پایدار ساز استفاده شده است. در این حالت پارامترها به شکل of line تنظیم می گردند.

در [۳۰] یک شبکه عصبی به عنوان کنترل کننده تعلیم داده شده است. ابتدا یک PSS تطبیقی برای پایداری سازی سیستم قدرت طراحی شده و سپس شبکه عصبی چنان تعلیم داده شده است که در رنج وسیعی از نقاط کاری مثل PSS تطبیقی عمل نماید. این شبکه دارای سه لایه و چهار ورودی است. ورودیها، چهار نمونه متوالی از سرعت زاویه ای هستند و خروجی شبکه به سیستم تحریک اعمال می شود. عملکرد این PSS در یک سیستم چند ماشینه بررسی شده است.

در [۳۱] یک شبکه عصبی برای کنترل هم آهنگ سیستم تحریک و گاورنر تعلیم و نشان داده شده است این کنترل کننده می تواند پایداری گذرا را نیز برای اغتشاشات بزرگ بهبود ببخشد.

در [۲۱] از یک شبکه عصبی خود تنظیم که دینامیک معکوس سیستم کنترل شده را یاد می گیرد استفاده شده است، در این طراحی از یک مدل مرجع برای تولید پاسخ ایده آل استفاده شده است. در این مقاله یک روش جدید برای یاد گیری دینامیک معکوس ارائه شده است.

در مقاله [1] بر اساس روش مستقیم لیاپانف قوانین تطبیقی ارائه شده اند که بر اساس شرایط کار سیستم تغییر می نمایند. در این مقاله ملاحظه شده است که $AFPSS^4$ کاربرد و اثر بیشتری نسبت به $CPSS^5$ و $FPSS$ با پارامترهای ثابت در محدوده های عملکردی گسترده تر و متفاوت عملکرد سیستم دارد.

هر چند که PSS های طراحی شده با روش های ذکر شده در بالا بطور رضایت بخشی عمل می کنند ولی بعضی مواقع در یک سیستم علی رغم اینکه اکثر ماشینها به PSS مجهز هستند باز هم نوسانهای فرکانس پایین مشاهده می شود. علت بروز این نوسانات عدم هماهنگی بین PSS های نصب شده است، این ناهماهنگی به خاطر نادیده گرفتن دینامیک بقیه بخش های سیستم است که به صورت باس بی نهایت مدل می شود. PSS که برای ماشین متصل به باس بی نهایت طراحی شده عملاً در یک سیستم چند ماشینه کار می کند، از آنجایی که پهنای باند PSS های مذکور خیلی کم است و هر کدام فرکانس طبیعی یک ماشین را میرا می کنند لذا از عهده میرا کردن نوسانهایی با فرکانس دیگر که از طریق خط انتقال بر سیستم تحمیل می شود بر نمی آیند. این مسئله به

⁴ Adaptive Power System Stabilizer

⁵ Conventional Power System Stabilizer

تداخل بین PSS ها معروف است، این مساله نه فقط برای PSS که در مورد همه پایدار سازهای موجود در یک سیستم قدرت از جمله ادوات FACTS هم ممکن است رخ دهد. قرار دادن نامناسب و غیر هماهنگ ادوات FACTS و PSS ها ممکن است باعث تداخل و برهمکنش های ناخواسته گردد که باعث افزایش ناپایداری و یا عوامل ناپایدار ساز در سیستم قدرت گردد. به همین جهت برای بهبود عملکرد سیستم تحقیقات و پژوهش هایی در مورد هماهنگ سازی PSS ها و FACTS به انجام رسیده است. برخی از این روش ها بر اساس شبیه سازی های غیر خطی و برخی دیگر روشهای خطی هستند.

در مرجع [41] بحث هماهنگ سازی بین پایدارسازهای قدرت مطرح شده است. در اینجا نیز از روشهای حل معادلات غیر خطی و روشهای بهینه سازی استفاده شده است و در این حالت قیود مساله بهینه سازی به گونه ای است که تداخل نامناسب بین اثرات پایدارسازهای گوناگون موجود در سیستم قدرت ایجاد نشود.

در مرجع [34] نیز بحث هماهنگی بین PSS ها و ادوات FACTS مطرح شده است. در این مقاله ذکر شده است که خصوصاً در سیستم چند ماشینه PSS ها به تنهایی نمی توانند در حذف نوسانات بوجود آمده در سیستم های قدرت موثر باشند و وجود ادوات FACTS برای کنترل و حذف نوسانات بین ناحیه ای بسیار موثر هستند.

فصل دوم

سیستم های فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی

در این فصل مروری بر سیستم های فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی ارائه می کنیم که در آنها یک سیستم خبره فازی در فرم و شکل شبکه های تطبیقی ارائه می شود. با استفاده از یک پروسه آموزش، ANFIS¹ مورد نظر می تواند یک ارتباط بین ورودی ها و خروجی بر اساس اطلاعات انسان خبره، که به شکل قوانین اگر-آنگاه در آمده اند، و نیز زوجهای ورودی - خروجی مناسب ایجاد کند و در واقع ساختار اصلی آن توسط قوانین مبتنی بر دانش انسان خبره، که همه حالات عملکرد سیستم را پوشش می دهد، آموزش داده می شود. در این فصل مروری بر ساختار این قبیل سیستم های فازی داریم و نحوه ایجاد و آموزش آنها را در نرم افزار MATLAB بیان می کنیم. همچنین بدلیل استفاده از شبکه های عصبی در بخشهایی از پایان نامه در انتهای این فصل به معرفی شبکه های RBF پرداخته ایم.

مقدمه:

مدل سازی سیستم ها بر اساس ابزارهای کلاسیک ریاضی (مثل معادلات دیفرانسیل) برای تحلیل سیستمهایی که ساختار مشخص ندارند و یا از یک ساختار نامناسب و غیر خطی برخوردار هستند، مناسب و کارآمد نیستند. در مقابل، یک سیستم فازی، با استفاده از قوانین فازی اگر-آنگاه می تواند اطلاعات یک انسان خبره را به شکل کیفی مدل کند و روال تحلیلی بدون استفاده از روش های تحلیلی کمیتی ارائه دهد. این مدل سازی فازی و یا شناسایی فازی یک سیستم که ابتدا به شکل سیستماتیک توسط تاکاگی - سوگنو² [42] ارائه و ساخته شد، کاربردهای زیادی در کنترل، مسایل پیش بینی و استنتاج پیدا نمود. هرچند با وجود پیشرفت های حاصل شده برخی از جنبه های آن باید مورد دقت نظر بیشتر و یا اصلاح قرار گیرند، خصوصاً باید برای اصلاح دو مورد زیر روشهایی پیدا نمود

- (۱) هیچ روش استانداردی برای تبدیل داده ها و اطلاعات انسان خبره به قوانین فازی و پایگاه داده های فازی وجود ندارد. به عبارت دیگر تبدیل اطلاعات و داده های انسان خبره به یک

¹ Adaptive network Based Fuzzy Inference System

² Takagi and Sugeno

سیستم فازی بر اساس روش مشخصی انجام نمی پذیرد و معمولاً با سعی و خطا ساختار متناسب فازی برای دانش بشری ایجاد می گردد.

(۲) نیاز به روشهای موثری است که بر اساس آنها توابع عضویت تنظیم گردند تا میزان خطای خروجی کاهش یابد و کارایی و بهره وری این سیستمها افزایش یابد زیرا در سیستم های فازی مورد استفاده، روالها و روشهای مشخصی برای ایجاد و تعیین محدوده توابع عضویت وجود ندارد.

از این منظر، هدف از ارایه سیستم های فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی، ANFIS، این است که برای سیستم های فازی توابع عضویت مناسب را براساس آموزش توسط زوجهای ورودی-خروجی سیستم در همه حالات عملکرد آن، ایجاد کند. در بخش بعد قوانین اگر-آنگاه فازی و سیستم های فازی معرفی می شوند و پس از آن ساختار و قوانین آموزش شبکه های تطبیقی ارائه می گردند. در ادامه با قرار دادن سیستمهای خبره فازی در شکل و ساختار شبکه های تطبیقی، طرح و مهندسی ANFIS را بدست می آوریم که اساس سیستم کنترلی این پروژه است.

۲-۱- قوانین اگر-آنگاه فازی و سیستم های استنتاج فازی:

۲-۱-۱- قوانین اگر-آنگاه فازی^۳

قوانین فازی یا حالت های فازی بصورت عبارت های $\text{if } A \text{ then } B$ ارائه می شوند که در آنها A و B نشان دهنده مجموعه های فازی هستند که توسط توابع عضویت مناسب مشخص شده اند. بطور خلاصه، قوانین اگر-آنگاه فازی اغلب برای پوشاندن و حذف کردن مدهای نامشخص سیستم که نقش اساسی در تصمیم گیری های بشری، در شرایطی که عدم قطعیت هایی در عملکرد یک سیستم وجود دارد، مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر این قوانین برای توصیف حالات غیر قطعی، که در آنها روشهای کلاسیک کارایی خود را از دست می دهند، مورد استفاده هستند. مثال زیر را عنوان یک قانون فازی در نظر بگیرید:

اگر سرعت ماشین کم است ، پدال گاز را زیاد فشار بدهید.

در این مثال، سرعت ماشین و فشار دادن پدال متغیرهای زبانی هستند و عبارت های کم و زیاد مقادیر (کمیت های) زبانی توصیف کننده حالات سیستم هستند که توسط توابع عضویت متناسب بیان می شوند. این گونه بیان قوانین فازی به روش ممدانی معروف است.

در نوع دیگری از قوانین اگر-آنگاه فازی که توسط تاکاگی و سوگنو [42] ارائه شده است، مجموعه های فازی فقط در بخش اول قوانین مورد استفاده قرار می گیرند و بخش دوم قوانین توسط اعداد ثابت و با توابع قطعی بیان می شوند. به عبارت دیگر در این حالت بخش آنگاه قوانین فازی صورت فازی خود را از دست می دهد و توسط عبارات و توابع قطعی بیان می گردد.

با استفاده از قوانین بر مبنای روش تاکاگی-سوگنو می توانیم در برخی از حالات و سیستم هایی که در خروجی سیستم عدم قطعیت ملاحظه نمی شود، و نمونه ای از آنها در ادامه خواهد آمد، پاسخ هایی مناسب تری دریافت نماییم. به مثال زیر توجه کنید :

اگر سرعت ماشین کم است آنگاه مقدار فشار بر پدال گاز برابر است با $\frac{K}{speed^2}$

که در این حالت، همانند حالت قبل، عبارت کم در بخش اول یک کمیت زبانی است که توسط توابع عضویت مناسب بیان شده اند و از سوی دیگر، بخش دوم توسط یک معادله غیر فازی از ورودی ها، معلوم و مشخص شده است.

هر دو نوع این قوانین فازی در کنترل و سایر موارد استفاده و کاربرد دارند. در استفاده از عبارات زبانی (مثل زیاد، کم و غیره) و توابع عضویت، قوانین اگر-آنگاه فازی براحتی می توانند با شبیه سازی منطق مورد استفاده توسط بشر، سیستم کنترلی مورد استفاده یک انسان خبره را ایجاد و شبیه سازی کنند. از سوی دیگر هر قانون اگر-آنگاه فازی می تواند به عنوان یک توصیف منطقه ای از بخشی از سیستم تحت مطالعه در نظر گرفته شود. پس قوانین اگر-آنگاه فازی به عنوان هسته و مرکز سیستمهای استنتاج فازی عمل می کنند.

³ Fuzzy if-then rules

۲-۱-۲- سیستمهای فازی^۴:

سیستمهای فازی به عنوان سیستمهای مبتنی بر قوانین اگر-آنگاه زمانی که به عنوان کنترلر مورد استفاده قرار گیرند، تحت عنوان کنترلر های فازی شناخته می شود.

هر سیستم فازی به شکل عمومی از بخش های زیر تشکیل شده است:

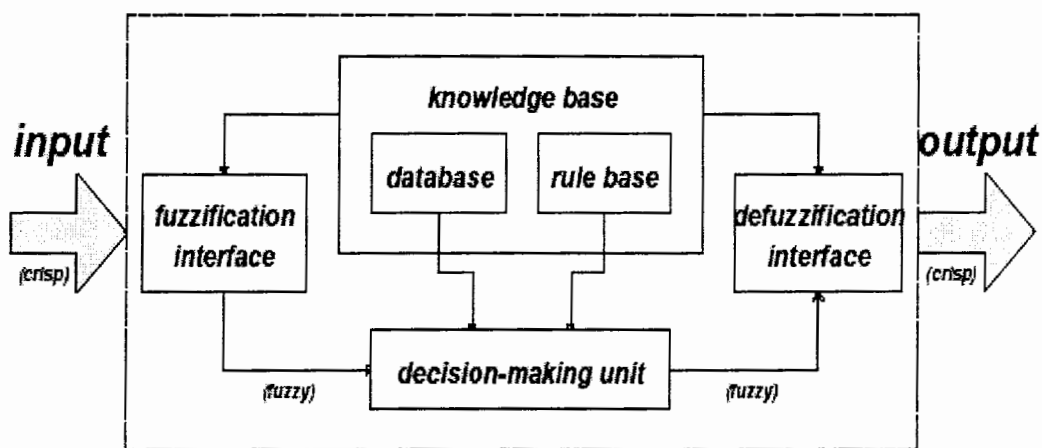
(۱) مجموعه (پایگاه) ای از قوانین که شامل تعدادی از قوانین اگر-آنگاه فازی است.

(۲) یک پایگاه داده که توابع عضویت مجموعه های فازی مورد استفاده در قوانین فازی را معین می کند.

(۳) یک واحد تصمیم سازی که عملیات های استنتاج در بین قوانین را انجام می دهد.

(۴) یک بخش فازی ساز که داده های ورودی را فازی می کند. در این بخش هر داده ورودی با یک درجه یا ضریب به کمیت های زبانی نسبت داده می شود.

(۵) یک بخش غیر فازی ساز که خروجی ها و نتایج فازی را به شکل داده های قطعی درآورده و غیر فازی می کند.



شکل (۱-۲) ساختار یک سیستم فازی

معمولا پایگاه قوانین و پایگاه داده ها در یک بخش بنام پایگاه اطلاعات با هم ترکیب می شوند و تحت یک بلوک نمایش داده می شوند.

^۴ Fuzzy Inference System

مرحله استنتاج از قوانین اگر-آنگاه توسط یک موتور استنتاج فازی انجام می شود و عبارت است از:

(۱) مقایسه متغیرهای قطعی ورودی با توابع عضویت معین شده و بدست آمدن

مقدار عضویت هر ورودی از هر کدام از عبارت های زبانی^۵ (این مرحله معمولاً

مرحله فازی سازی نامیده می شود).

(۲) ترکیب مقادیر عضویت هر ورودی برای بدست آوردن وزن هر کدام از قوانین برای

این ورودی بخصوص (این مرحله توسط یک اپراتور T-NORM که معمولاً ضرب

یا مینیمم است انجام می شود).

(۳) تولید نتایج مناسب (به شکل فازی و یا قطعی) برای هر قانون فازی با توجه به

Firing str (وزن هر قانون)

(۴) یکپارچه سازی و جمع آوری نتایج بدست آمده از همه قوانین برای ایجاد یک

خروجی قطعی (این مرحله غیر فازی سازی نامیده می شود).

روشهای مختلفی برای استنتاج فازی در مقالات و کتابها ارائه شده است. بر اساس نوع موتور

استنتاج فازی و قوانین اگر-آنگاه مورد استفاده اغلب سیستم های فازی می توانند به شکل زیر

دسته بندی شوند:

نوع (۱) خروجی نهایی بر اساس میانگین وزن دار خروجی های قطعی هر کدام از قوانین، که تحت

تاثیر وزن های هر قانون قرار گرفته اند، و نیز توابع عضویت خروجی معلوم می گردند. توابع

عضویت خروجی مورد استفاده در این حالت باید به شکل یکنواخت و غیر کاهشی باشند. (به شکل

(۲-۲) توجه کنید).

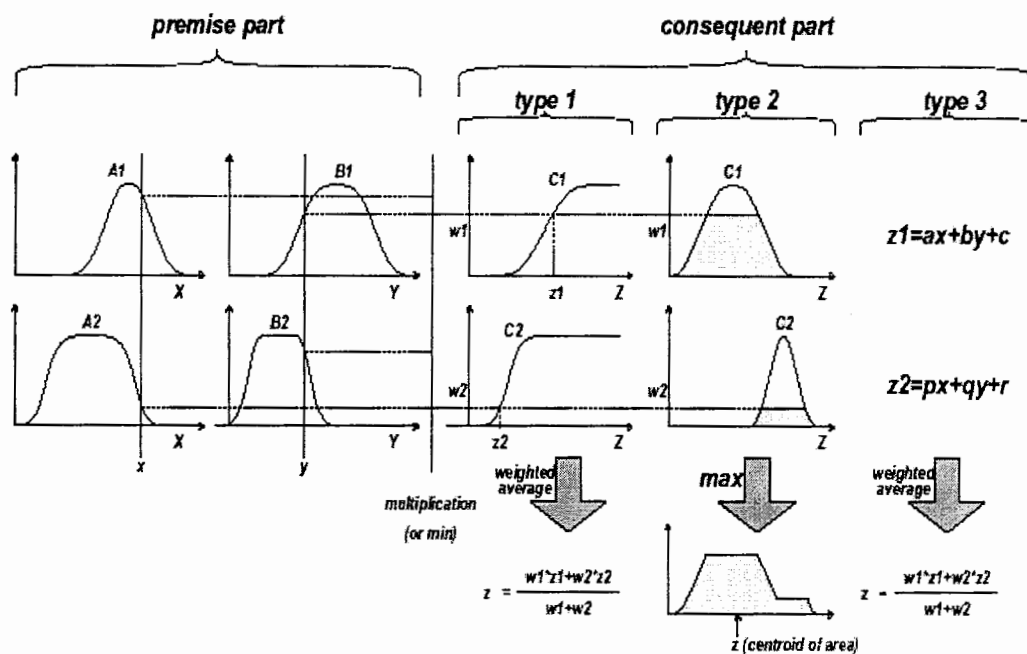
نوع (۲) خروجی نهایی سیستم قدرت با اعمال اپراتور (عملگر) MAX بر روی خروجی های فازی

توصیف و محاسبه می شوند. (هر کدام از آنها برابر مقدار مینیمم Firing str و خروجی تابع

^۵ Linguistic label

عضویت هر قانون است. روشهای مختلفی برای انتخاب میزان خروجی قطعی از خروجی نهایی فازی ارائه شده است. برخی از آنها عبارتند از: مراکز ثقل، نیمساز مراکز، میانگین ماگزیم و غیره،

نوع (۳) استفاده از قوانین اگر-آنگاه تاکاگی-سوگنو. در این حالت خروجی هر کدام از قوانین یک ترکیب خطی از متغیرهای ورودی بعلاوه یک مقدار ثابت هستند و خروجی نهایی، میانگین وزندار خروجی های همه قوانین است.

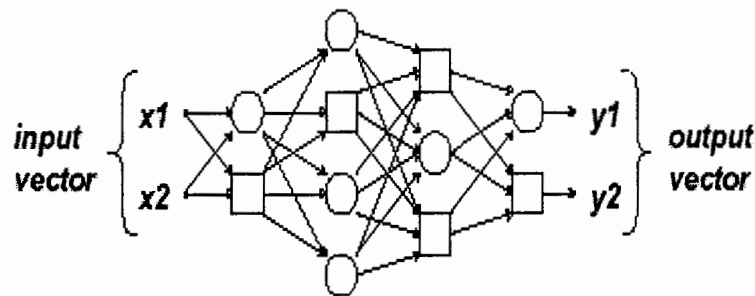


شکل (۲-۲): قوانین و مکانیزم های فازی

شکل (۲-۲) یک سیستم فازی با دو ورودی و دو قانون فازی را نمایش می دهد که توسط آن تفاوت بین روشها و انواع گفته شده در بالا، نشان داده شده است. به این نکته توجه کنید که همانگونه که مشاهده می شود، اغلب تفاوت های موجود بین این سه نوع در بخش دوم-تولید نتایج- است (که در یکی از توابع عضویت غیر کاهشی و یکنواخت و در دیگری از توابع عضویت ناقوسی شکل (مثل گوسین) و در سومی از توابع قطعی استفاده شده است) و بر اساس همین مطلب تفاوتیایی نیز در بخش غیرفازی ساز آنها دیده می شود (که ممکن است شامل میانگین وزنی، مرکز ثقل و غیره باشد).

۲-۲- شبکه های تطبیقی^۶: ساختار و الگوریتم آموزش آن

همانگونه که در شکل (۳-۲) نمایش داده شده است، یک شبکه تطبیقی، همانگونه که از نامش مشخص است، یک ساختار شبکه ای است که از گره ها و خطوط اتصال روبه جلو تشکیل یافته شده است که گره های موجود در لایه های مختلف توسط این خطوط به هم متصل می گردند. بعلاوه برخی از گره های این شبکه از نوع تطبیقی هستند بدین معنی که خروجی این گره ها متناسب با پارامترهایی است که از قبل به آن آموزش داده شده است. و همچنین قوانین آموزشی که مشخص می کنند این پارامترها چگونه باید خطای اندازه گرفته شده برای شبکه را کاهش دهند.



شکل (۳-۲): ساختار یک شبکه تطبیقی

قانون اساسی برای آموزش شبکه های تطبیقی بر مبنای روش کاهش گرادیان و قوانین زنجیره ای است که توسط وربوس در سال ۱۹۷۰ ارائه شده است. هرچند به علت کمی تحقیقات انجام شده در زمینه شبکه های عصبی مصنوعی در آن زمان، کارها و تحقیقات وربوس در این زمینه به نتایج دلخواه و موثری منجر نشد.

۲-۲-۱- توصیف شبکه های تطبیقی:

^۶ Adaptive Network

یک شبکه تطبیقی، همانگونه که در شکل (۲-۳) نمایش داده شده است، یک شبکه چند لایه رو به جلو است که هر گره شامل یک تابع مخصوص به خود است که آنرا بر ورودی های خود اعمال می کند. ساختار و طبیعت توابع هر گره ممکن است با گره دیگر متفاوت باشد. اتصالات رو به جلو در این شبکه ها فقط نحوه اتصال بین لایه را معین می کنند و هیچ وزنی توسط این اتصالات به داده ها اعمال نمی شوند.

برای نشان دادن تفاوت بین گره ها در شبکه تطبیقی از دایره و مربع استفاده شده است. بدین صورت که یک گره مربعی که نشان دهنده یک گره تطبیقی است، پارامترهایی دارد که قابل تنظیم هستند درحالی که گره های غیر تطبیقی که توسط دایره نمایش داده شده اند، فاقد هرگونه پارامتر و در نتیجه همواره ثابت هستند. پارامترهای یک شبکه تطبیقی در مجموع پارامترهای همه گره های تطبیقی آن هستند و برای اینکه ارتباط مناسبی توسط این شبکه بین داده های ورودی و خروجی پیدا شود این پارامترها بر اساس داده های آموزش شبکه و پروسه آموزش بر مبنای گرادیان معین می شوند. در واقع پروسه آموزش یک شبکه تطبیقی اعمال داده های ورودی و خروجی مناسب به شبکه به جهت پیدا نمودن اعداد مناسبی برای فاکتورهای گره های تطبیقی آن است که لازمه این امر وجود داده های آموزشی مناسب در طیف گسترده ای از عملکرد سیستمی هستیم که بناست توسط این شبکه مورد مطالعه قرار گیرد. قانون اصلی برای آموزش شبکه بر اساس روش گرادیان است، که این روش از سرعت کمی برخوردار است و در نقاط مینیمم محلی دچار مشکل می شود، لذا در شبکه های تطبیقی از یک قاعده آموزشی هیبرید (چند گانه) استفاده شده است که می تواند سرعت آموزش را بالا ببرد. این روش آموزش شبکه در مرجع [42] به شکل کامل توضیح داده شده است.

ساختار کلی شبکه های تطبیقی شامل بخش های زیر است:

(۱) لایه ها که شامل تعدادی گره هستند.

(۲) اتصال دهنده^۷ های روبه جلو که ارتباط بین لایه ها را ایجاد می کنند و خروجی لایه قبلی را به عنوان ورودی به لایه بعد اعمال می کنند.

(۳) یک الگوریتم آموزش^۸

(۴) روشهای محاسبه خطا و انتهای پروسه آموزش

(۵) داده های آموزش مناسب که همه محدوده عملکرد سیستم را در بگیرد.

۲-۳-ANFIS: سیستم استنتاج فازی مبتنی بر شبکه های تطبیقی:

این شبکه ها برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط شینگ روگر جانگ^۹ مطرح گردید و مطالب بیان شده در زیر که توصیف این شبکه است از مرجع [42] که توسط همین فرد نوشته شده است، استخراج گردیده است. برای توضیح و بیان این شبکه ، توصیف آنرا بر روی یک مثال کوچک از سیستم فازی بیان می کنیم.

۲-۳-۱-ساختار ANFIS:

برای ساده سازی توصیف این شبکه ها ، فرض می کنیم که یک سیستم فازی با دو ورودی x و y و یک خروجی Z در اختیار داریم و فرض می کنیم که این سیستم دارای دو قانون است که به روش تاکاگی-سوگنو و به شکلهای زیر ارائه شده اند:

قانون ۱: اگر x ، A_1 و y ، B_1 است آنگاه $f_1 = P_1x + q_1y + r_1$

قانون ۲: اگر x ، A_2 و y ، B_2 است آنگاه $f_2 = P_2x + q_2y + r_2$

در این حالت یک موتور استنتاج از نوع سوم که در شکل (۴-۲) نمایش داده شده است مورد استفاده قرار گرفته شده است. همچنین ساختار معادل ANFIS آن در بخش b شکل (۴-۲) نشان داده شده است.

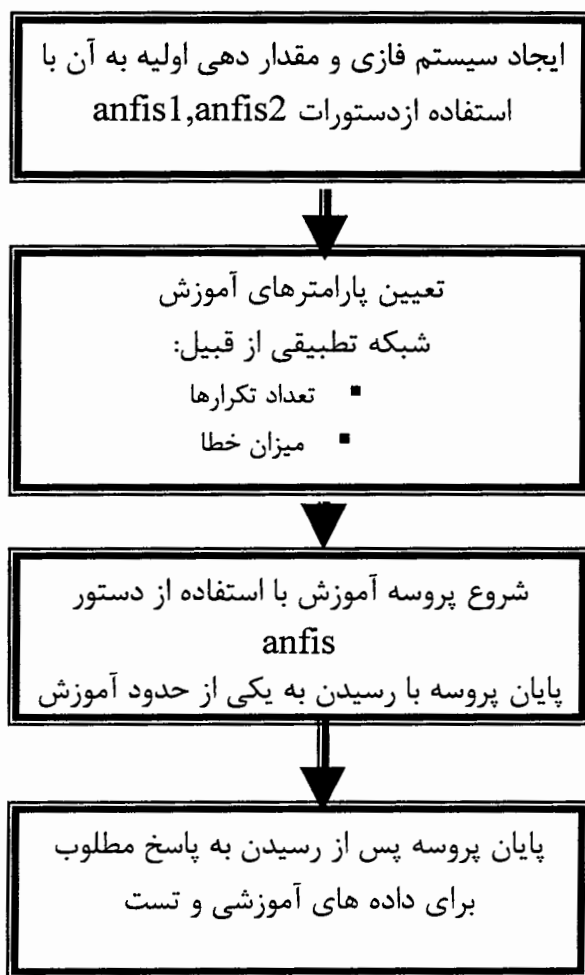
⁷ Link

⁸ Learning Algorithm

⁹ Jyh-Shining Roger Jang

۲-۵- روش دیگر:

علاوه بر روش فوق الذکر برای استفاده از امکانات آماده شده در MATLAB برای استفاده از ANFIS می توان از دستورات برنامه نویسی هم برای آماده سازی ساختار و آموزش ANFIS استفاده نمود که فلوچارت بیان شده در شکل (۲-۱۱) روال ها و دستورات مورد استفاده برای این کار را توضیح داده است.

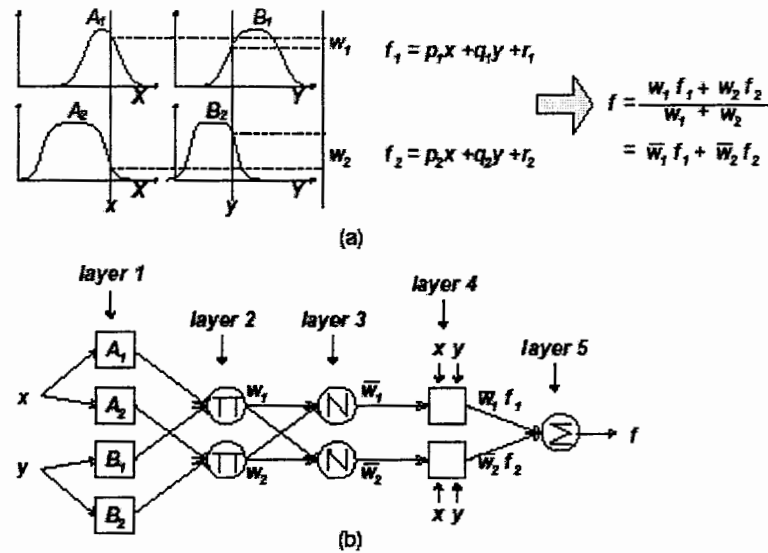


شکل (۲-۱۱): نمودار نحوه استفاده از روال های ANFIS

۲-۶- شبکه های عصبی مبتنی بر توابع پایه شعاعی (RBF)^{۱۲}

در سیستم عصبی ارگانیسم های بیولوژیکی، نرون هایی پیدا می شوند که خصوصیات پاسخ شان موضعی است یا برخی نواحی فضای ورودی سازگار می شود. مثالی از این قبیل نرون ها، سلول های راهنمای حسی قشر بصری می باشد، که پاسخشان به نواحی موضعی شبکه حساس است.

¹² Radial Basis Function



شکل (۲-۴): معادل ANFIS آن (نوع ۳): (b) - فازی نوع (۳): (a)

توابع هر گره، در هر کدام از لایه ها شبیه به هم است. در ادامه به معرفی و بررسی هر کدام از لایه های این شبکه می پردازیم:

لایه ۱:

هر کدام از گره های موجود در این لایه یک گره مربعی هستند که تابع آنها به شرح زیر است

$$O_i^1 = \mu A_i(x) \quad 1-2$$

که در آن x ورودی به گره i و A_i یک کمیت زبانی است. معمولاً $\mu A_i(x)$ به گونه ای انتخاب می شود که در محدوده بین $[0,1]$ قرار گیرد و شکل شبیه به یک ناقوس داشته باشد که بالای آن در نقطه (۱) قرار دارد و به تدریج تا سطح صفر پخش شده اند. شکل عمومی تابع ناقوس شکل به شرح زیر است.

$$\mu A_i(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - a_i}{a_i} \right)^2 \right]^b} \quad 2-2$$

البته استفاده از تابع گوسین برای این منظور هم مرسوم است که تابع آن به شرح زیر است:

$$\mu_{A_i}(x) = \exp\left[-\left(\frac{x - c_i}{a_i}\right)^2\right] \quad 3-2$$

که در آنها $\{a_i, b_i, c_i\}$ پارامترهای تنظیم کننده تابع هستند و به محضی که مقادیر این پارامترها تغییر می کند شکل ناقوس مانند آن نیز متناسب با این تغییرات عوض می شود و مثلاً شکل آن گسترده تر یا محدود تر می گردد که این باعث بوجود آمدن شکلها و حالت های مختلفی از توابع عضویت می گردد. در حقیقت بسیاری از توابع پیوسته و یا گسسته از قبیل توابع مثلثی یا دوزنقه ای نیز برای گره های موجود در این لایه می توانند بکار گرفته شوند.

لایه ۲:

هرگره در این لایه یک گره به شکل دایره ای است که با علامت Π مشخص شده اند. در گره های این لایه، سیگنالهای ورودی در هم ضرب شده و به عنوان خروجی به لایه بعدی اعمال می شوند به عنوان مثال :

$$\omega_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_B(y), i=1,2. \quad 4-2$$

خروجی هر گره در این حالت وزن هر قانون را مشخص می کند. (در حقیقت غیر از اپراتور ضرب، که در این مثال از آن استفاده شده است، دیگر اپراتورهای T-NORM که در شکل کلی به عنوان AND عمل می کنند، می توانند به عنوان توابع این گره مطرح شوند، مثل Min).

لایه ۳:

هر گره در این لایه یک گره دایره ای است که با علامت نمایش داده شده است. در این لایه λ امین گره نسبت وزن λ امین قانون را به مجموع وزن همه قوانین بیان می کند.

$$\omega_i = \frac{\omega_i}{\omega_1 + \omega_2}, i=1,2 \quad 5-2$$

برای راحتی بیان، خروجی های این لایه تحت عنوان وزن نرمال شده معرفی می گردند.

لایه ۴:

هر گره i در این لایه یک گره مربعی است که تابع آن به شرح زیر است

$$O_i^4 = w_i f_i = w_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad ۶-۲$$

که در آن w_i خروجی لایه سوم و $\{p_i, q_i, r_i\}$ پارامترهای تنظیم کننده هستند. پارامترهای این لایه، پارامترهای نهایی و در واقع نتیجه نهایی را ایجاد می کنند و به خروجی می فرستند.

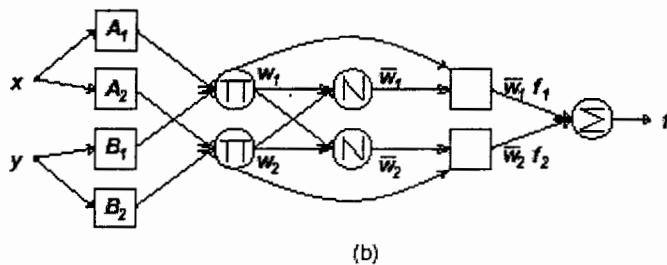
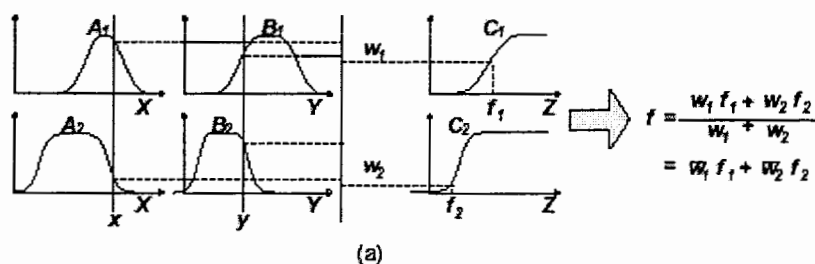
لایه ۵

تنها گره موجود در این لایه یک گره دایره ای است که توسط علامت Σ مشخص شده است که خروجی نهایی را با استفاده از جمع همه سیگنال های ورودی به خود تولید می کند، یعنی

$$O_i^5 = \sum_i w_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i} \quad ۷-۲$$

بنابراین با بیان و توصیف لایه های این شبکه، یک شبکه تطبیقی را مورد بررسی قرار دادیم که در واقع متناظر با نوع سوم سیستم های فازی (نوع تاکاگی- سوگنو) است.

برای سیستم های فازی نوع اول توصیف شبکه معادل آن ساده و شبیه به حالت بالا می باشد که نتیجه آن بدست آمدن شبکه های ANFIS نوع I است که در شکل (۵-۲) نمایش داده شده اند.

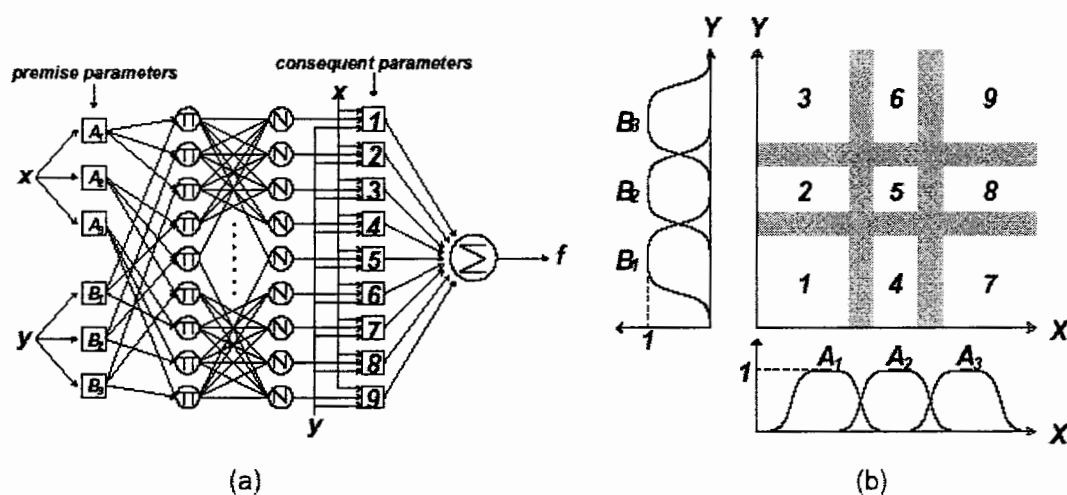


شکل (۵-۲): معادل ANFIS آن (نوع ۱): (b) - فازی نوع (۱): (a)

در این شبکه ها خروجی هر قانون از ترکیب خروجی توابع عضویت و وزن ها حاصل می شود. برای سیستم های فازی نوع دوم باید اپراتور غیر فازی ساز میانگین مراکز را با یک مدل گسسته

تعویض نمود که بتواند مرکز تقریبی ناحیه را محاسبه کند. سپس ANFIS نوع II به همین صورت ایجاد خواهد شد. اگرچه از انواع I و III پیچیده تر خواهد بود.

شکل (۶-۲) یک ANFIS نوع II با ۲ ورودی و ۹ قانون را نمایش می دهد که برای هر ورودی ۳ تابع عضویت در نظر گرفته شده است. بنابراین بردار ورودی به ۹ زیر فضای فازی تقسیم شده است که هر کدام از آنها توسط یک قانون اگر-آنگاه هدایت و مدیریت می شوند. بخش اول هر قانون یک زیر مجموعه فازی را تعریف می کند در حالی که بخش دوم (نتیجه) خروجی این زیر مجموعه فازی را معین می کند.



شکل (۶-۲): فضای فازی معادل آن: (b) ANFIS نوع ۳ با دو ورودی و ۹ قانون: (a)

۴-۲- ANFIS در نرم افزار MATLAB:

نرم افزار MATLAB به همراه پیشرفت نظریه ها و ساختارهای جدید آنها را در قالب بلوک ها و یا دستورات قابل استفاده درآورده و به کاربران ارائه داده می دهد. در این میان علاوه بر شبکه های

عصبی و انواع سیستم های فازی که هم به شکل دستورات برنامه نویسی و هم توسط ابزارهای^{۱۰} GUI ارائه شده اند ، سیستم های ANFIS نیز در این نرم افزار موجود و قابل استفاده است. در این مرحله بخش های مختلف ساختار و GUI ارایه شده برای ANFIS در MATLAB را توضیح می دهیم. البته ذکر این نکته لازم است که علاوه بر روشی که در اینجا توصیف می کنیم می توان از دستورات برنامه نویسی نیز برای این امر استفاده نمود که دستورات مورد نظر برای این امر نیز در ادامه آورده شده است.

۲-۴-۱- مراحل آماده سازی ANFIS برای کاربرد در SIMULINK نرم افزار

MATLAB:

پیش از هر چیز لازم به ذکر است که در نرم افزار MATLAB فقط سیستم هایی فازی ای می توانند در ساختار ANFIS وارد شوند که دارای خصوصیات زیر باشند:

الف) از نوع تاکاگی - سوگنو باشد.

ب) فقط دارای یک خروجی باشد البته در مورد ورودی محدودیتی وجود ندارد.

مرحله ۱)

در گام اول لازم است که سیستم فازی مورد نظر ایجاد شود. برای ایجاد این سیستم فازی مورد

نظر عبارت زیر را در خط فرمان تایپ می کنیم: Fuzzy

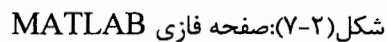
با تایپ این عبارت GUI مربوط به تولید و فعال سازی سیستم های فازی فعال می شود. پس از

ورود به این GUI، برای تولید سیستم فازی از نوع تاکاگی-سوگنو وارد بخش File شده و در بخش

NEW SUGENO FIS فرمان لازم برای تولید سیستم فازی از نوع تاکاگی- سوگنو را صادر می

کنیم.

¹⁰ Graphic User Interface



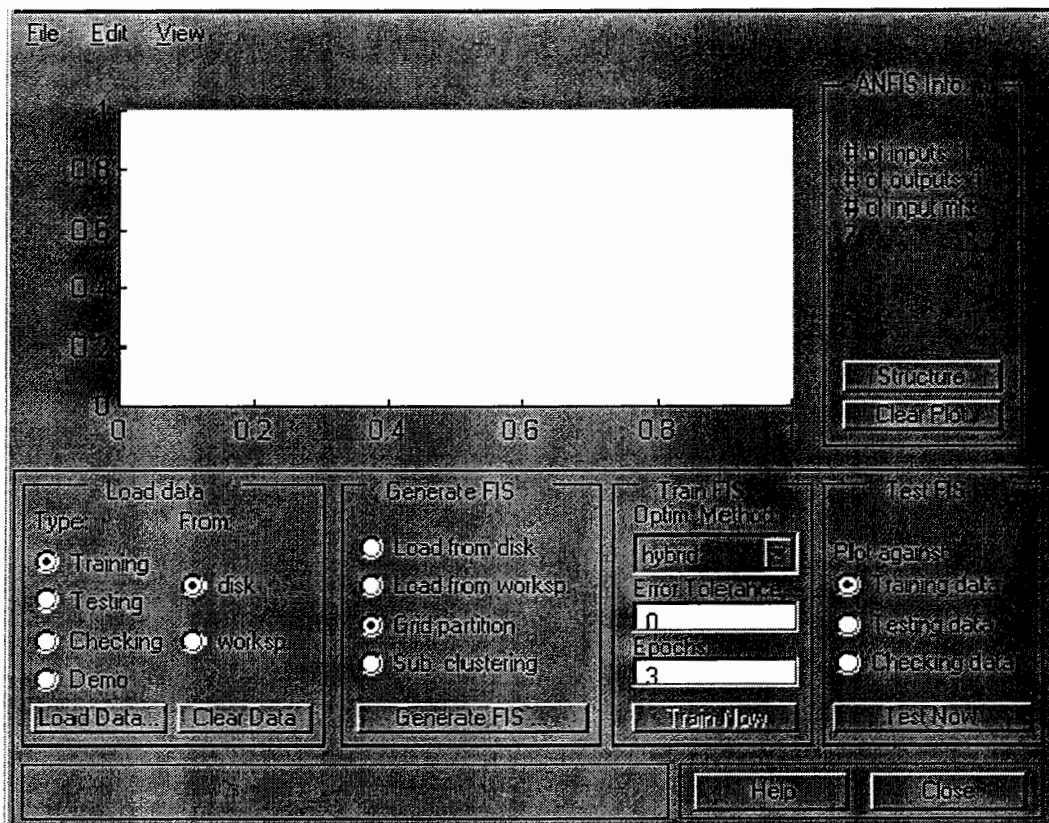
(مرحله ۲)

(۱) روالهایی برای فراخوانی داده های آموزش و تست و نمایش و ترسیم آنها

۲) والهایی برای تست داده های آموزش و تست و نمایش مقایسه آنها با مقادیر واقعی

۳) انتخاب ساختار شبکه

(۴) انتخاب یارامترهای آموزش شبکه

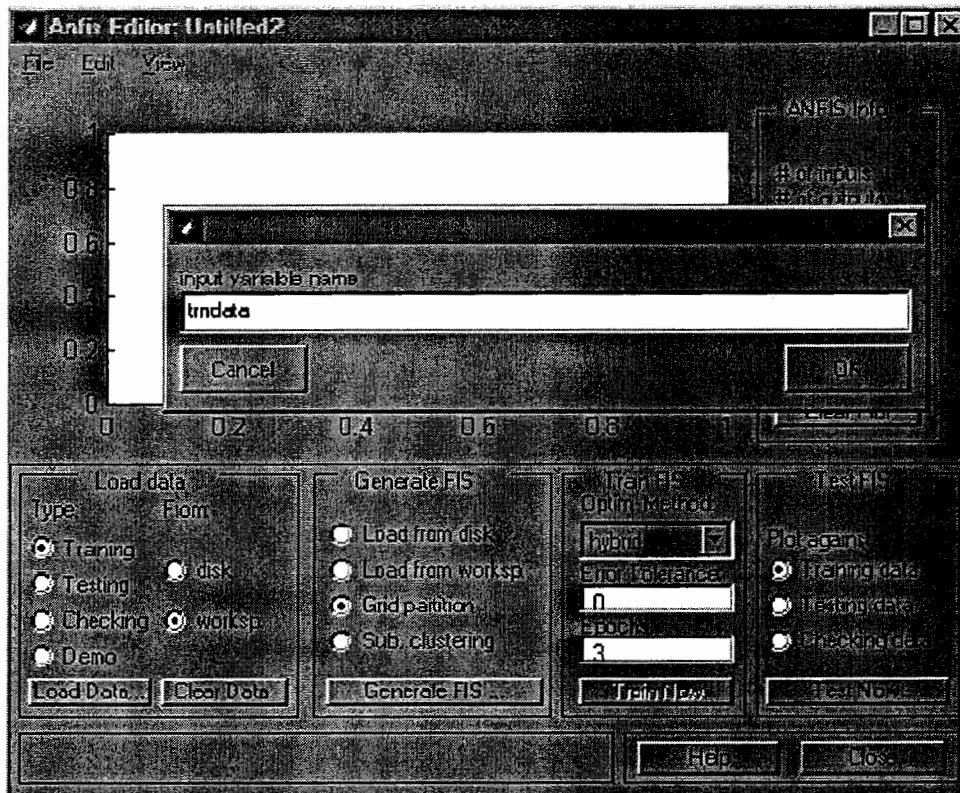


شکل (۲-۸): تعیین نحوه آموزش

در این صفحه می توان ساختار شبکه ونحوه آموزش آنرا معین نمود.

مرحله (۳)

هدف این مرحله آماده کردن داده های لازم جهت آموزش و تست شبکه است. همانگونه که قبلا بیان شد برای آنکه کنترلر مبتنی بر ANFIS از دقت و کارایی مناسبی برخوردار شود لازم است تا با استفاده از داده های مربوط به عملکرد های مختلف سیستم، در شرایط مختلف، آموزش داده شوند. این داده ها باید از قبل آماده شوند و به همراه داده های تست که در پروسه آموزش به شبکه اعمال نمی شوند و فقط برای معین کردن میزان دقت شبکه در مقابله با حالات جدید هستند، در فایل های جداگانه و یا در حافظه موقت قرار گیرند و پس از فراخوانی توسط روال های موجود در صفحه ANFIS به شبکه اعمال گردند. فرمت داده ها باید بدین شکل باشد که هر پترن آموزش و یا تست شامل همه ورودی ها در کنار خروجی مربوط به آن قرار گرفته باشند .

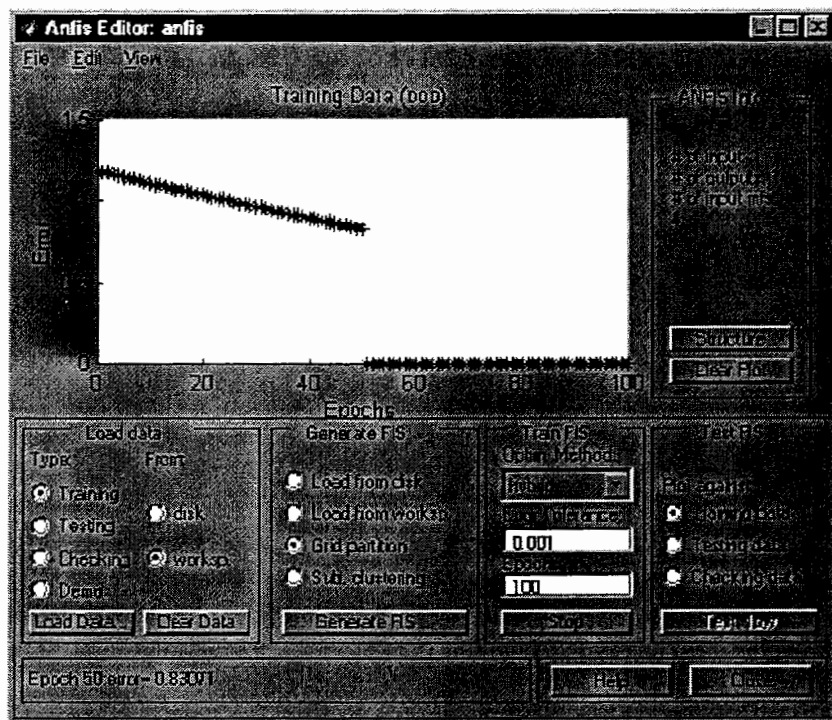


شکل (۲-۹): فراخوانی داده های آموزش

مرحله ۴) آموزش و تست^{۱۱} شبکه:

در این مرحله پس از تعیین نوع قانون آموزش، مقدار خطای قابل قبول و تعداد تکرارها، آموزش شبکه توسط نرم افزار ایجاد می گردد و در هر تکرار میزان خطا بر روی صفحه مربوطه نمایش داده می شود. پس از رسیدن میزان خطا به حد قابل قبول و یا پایان تعداد تکرارها، آموزش شبکه به پایان رسیده است در این حالت لازم است برای تعیین دقت واقعی شبکه داده های تست را به آن اعمال نمود و خروجی بدست آمده از شبکه را با خروجی های واقعی، که از شبیه سازی سیستم بدست آمده اند، مقایسه نمود.

^{۱۱} Learning and Test



شکل (۲-۱۰): نمودار خطای تکرارها

در صورتی که میزان خطا در داده های تست در حد قابل قبولی قرار داشت، آموزش شبکه به پایان رسیده و شبکه آماده قرار گرفتن به عنوان یک کنترلر است. در غیر اینصورت باید دوباره مراحل آموزش را با تغییر ساختار شبکه و یا تعداد و نوع توابع عضویت بکار رفته تکرار نمود.

مرحله ۵) قرار دادن شبکه آموزش دیده به عنوان کنترلر:

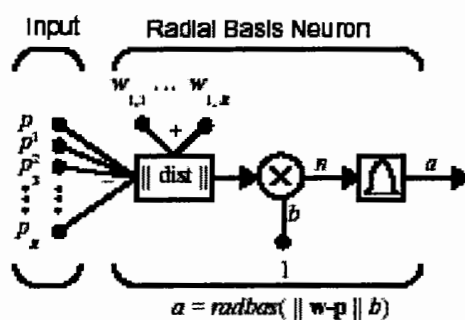
پس از پایان آموزش، یک سیستم فازی مبتنی بر شبکه تطبیقی آماده شده است که با اسم سیستم فازی که در ابتدا ایجاد شده بود و با پسوند FIS قابل استفاده است. برای استفاده از آن در SIMULINK کافی است یک بلوک کنترلر FUZZY در محل مورد نظر قرار داد و سپس اسم شبکه را، همانند یک سیستم فازی، در آن نوشت.

در اینجا مراحل طراحی و آماده سازی از ANFIS به پایان رسیده است و می تواند در صورت برخورداری از ساختار و آموزش مناسب به خوبی و با دقت بالایی در مسائل مختلف نقش خود را ایفا کند.

که برای این منظور شبکه های عصبی RBF ایجاد شده اند. در این بخش بر اساس مراجع [25] شبکه های مبتنی بر RBF را بیان خواهیم نمود.

شبکه های RBF علاوه بر لایه ورودی که متشکل از گره های منبع است شامل دو لایه دیگر نیز هستند. یک لایه پنهان که شامل S_1 سلول است و از توابع غیر خطی استفاده می کند و لایه دیگر که لایه خروجی خطی شامل S_2 سلول (نرون) است که S_2 بیان کننده تعداد خروجی های شبکه آموزش یافته می باشد.

ساختار یک نرون بر اساس توابع پایه شعاعی مطابق شکل (۲-۱۲) است :

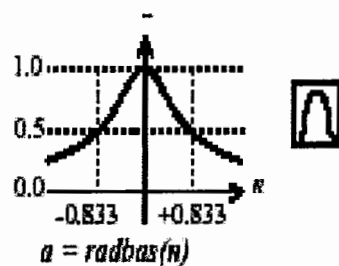


شکل (۲-۱۲): نرون بر اساس تابع پایه شعاعی

تابع تبدیل استفاده شده جهت سلول بصورت زیر می باشد :

$$\text{rad bas}(n) = e^{-n^2}$$

که این تابع در شکل (۲-۱۳) نشان داده شده است :

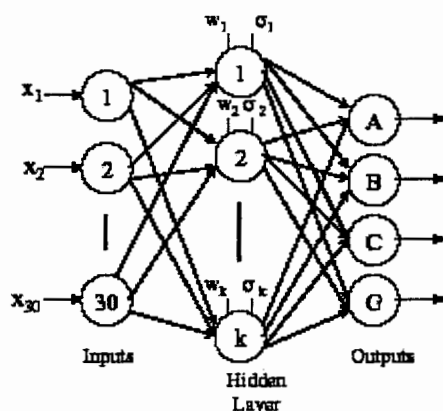


شکل (۲-۱۳): تابع پایه شعاعی

ورودی آن یعنی تفاضل $(w - p)$ در حداقل مقدار خود و صفر باشد برابر حداکثر مقدار خود یعنی 1 می شود و با افزایش این تفاضل میزان تابع کاهش می یابد.

این نوع شبکه ممکن است در لایه مخفی به تعداد بیشتری نرون (سلول) نسبت به شبکه های پیشخورد نیاز داشته باشد ولی معمولاً در مدت زمان بسیار کمتری می تواند به خطای دلخواه رسیده و همگرا شود.

در شکل (۲-۱۴) ساختار کلی این شبکه نشان داده شده است. با استفاده از خروجیهای محاسبه شده در لایه مخفی در پاسخ به یک بردار ورودی و با استفاده از یک پاسخ مطلوب در خروجی، وزنها با روش آموزش بانظارت معین می شوند.



شکل (۲-۱۴): ساختار کلی شبکه RBF

فرآیند نگاشت ورودی- خروجی در شبکه RBF در دو مرحله انجام می شود :

الف - یک تبدیل غیر خطی که فضای ورودی مختلط را به فضای واسطه حقیقی نگاشت می کند.

ب - یک تبدیل خطی که فضای واسطه حقیقی را به فضای خروجی مختلط نگاشت می کند.

۲-۶-۱- مقایسه شبکه های عصبی پیشخورد (پرسپترون)^{۱۳} و شبکه های عصبی مبتنی بر توابع پایه شعاعی :

- شبکه های عصبی مبتنی بر توابع پایه شعاعی (RBF) تنها یک لایه مخفی دارد ، در حالیکه شبکه های پیشخورد می تواند دارای یک یا چند لایه مخفی باشد.
- در شبکه های RBF توابع انتقال بین لایه ورودی و لایه مخفی غیر خطی اند و توابع انتقال بین لایه مخفی و لایه خروجی خطی هستند ولی در شبکه های پرسپترون چند لایه ، نگاشت بین هر لایه مخفی و لایه قبلی اش غیر خطی است و توابع انتقال لایه خروجی ممکن است خطی یا غیر خطی باشند.

- سلولهای مخفی در شبکه های RBF در واقع فاصله (اندازه هندسی یا اندازه اقلیدسی) مابین بردار ورودی و مذکور آنرا پیدا می کند ، در حالیکه در شبکه های پیشخورد سلول مخفی ، حاصلضرب داخلی بردار ورودی و بردار وزن آن سلول را مشخص می کند.
- شبکه پیشخورد تقریب جهانی (عمومی) برای نگاشت غیر خطی ورودی - خروجی پیدا می کند ، این تقریب حتی برای قسمتهایی از فضای ورودی صادق است که هیچگونه اطلاعاتی از آن قسمت شبکه داده نشده باشد. شبکه RBF ، تقریب های غیر خطی مکانی برای نگاشت ورودی - خروجی پیدا می کند ، در نتیجه سرعت یادگیری شبکه نسبت به شبکه پیشخورد بیشتر خواهد بود و همچنین شبکه RBF نسبت به ترتیب ارائه ورودیها کمتر حساس است ولی برای بدست آوردن یک تابع هموار ممکن است تعداد سلولهای لایه مخفی زیاده شود.
- شبکه های عصبی RBF و شبکه های پرسپترون چند لایه دارای این خاصیت مشترک هستند که هر دو یک تقریب زن پیشخورد هستند و هر دو نگاشت ورودی - خروجی ارائه می دهند.
- شبکه های RBF در حل مسائل کلاسه بندی الگوهای پیچیده استفاده و کاربرد بسیاری دارند.
- گروههایی که بطور تحقیقاتی بر روی شبکه های RBF مطالعاتی انجام داده اند معمولاً روند یادگیری شبکه را به دو مرحله تقسیم کرده اند :
 - الف - یادگیری مراکز و پهنای توابع شعاعی در لایه مخفی
 - ب - یادگیری وزنها متصل از لایه میانی به لایه خروجی
- نحوه انتخاب نرونها در این نوع شبکه نیز معمولاً بصورت آزمایش و خطاست بدین ترتیب که ابتدا الگوریتم یادگیری با تعداد زیاد نرون در لایه مخفی شروع شده و سپس تا جایی که بتوان از این مقدار نرونها کاسته می شود. این کاستن تعداد نرونها با کمینه کردن میزان خطای محاسباتی همراه است و در خطای مطلوب که با تست کردن ورودیهای آموزش نیافته بدست می آید الگوریتم آموزش به پایان می رسد.

۲-۶-۲- دستورات MATLAB:

روالهای برنامه نویسی متعددی در MATLAB برای برنامه نویسی شبکه های عصبی مصنوعی تهیه شده است. برای ایجاد یک شبکه RBF در این نرم افزار از دستوری به فرم زیر استفاده می گردد:

Net=newrbe(patterns_input,target,a);

که در آن :

pattern_input: ماتریس حاوی پترن های حاوی داده های ورودی به شبکه

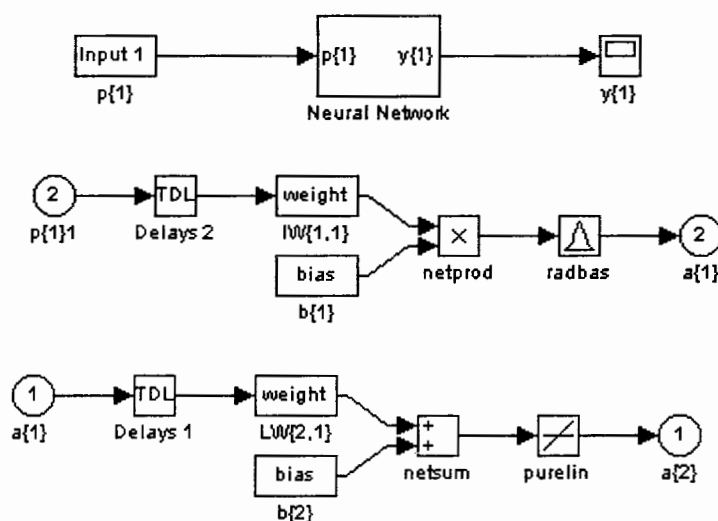
target: خروجی های مطلوب برای هر کدام از پترن های آموزشی

a : ضریب تنظیم توابع Radbas

پس از آموزش شبکه توسط برنامه های که در پیوست (ب) آمده است شبکه آموزش یافته با استفاده از دستور زیر به یک بلوک تبدیل شده و در SIMULINK قابل استفاده است:

Gensim(net)

پس از اعمال دستور فوق بلوکهایی به شکل زیر تولید شده که بیانگر شبکه عصبی آموزش یافته و بلوک های مربوط به هر کدام از لایه های آن می باشد.



شکل (۲-۱۵): بلوک های شبکه عصبی و لایه های تشکیل دهنده آن

شبیه سازی سیستم قدرت

مقدمه:

برای شبیه سازی سیستم قدرت و کنترلرهای آن از نرم افزار SIMULINK موجود در MATLAB استفاده شده است. سیمولینک یک ابزار کارآمد و مفید در بسیاری از کاربردها از جمله حل معادلات غیرخطی، طراحی کنترلرهای فازی، عصبی و نیز کنترلرهای کلاسیک و بسیاری دیگر از کاربردهای مفید در مهندسی است که به همراه نرم افزار MATLAB آرایه می گردد که بسیاری از کاربردهای مفید آن بدلیل برخورداری از ساختار بلوکی و بانک جامع حاوی بلوک های متنوع است. به همین دلیل استفاده از سیمولینک در سیستم های قدرت می تواند به شکل گسترده انجام پذیرد. بیان معادلات خطی و غیر خطی حاکم بر سیستم های قدرت با بلوک های متناسب با آنها و نیز امکان اضافه نمودن کنترلرهای مورد نیاز، بدون نیاز به برنامه نویسی های طولانی، از جمله دلایل استفاده از این نرم افزار در تحلیل سیستم های قدرت است. در این بخش ضمن بیان معادلات حاکم بر هر کدام از بخش های سیستم قدرت نحوه شبیه سازی آنها توسط بلوک های موجود و نیز بلوک های مورد استفاده برای هر بخش از سیستم توضیح داده خواهند شد.

به شکل معمول برای تحلیل حالت های گذرای سیستم های قدرت استفاده از نرم افزارهایی شبیه EMTDC و یا EMTD هم معمول هستند که مبتنی بر روشهای حل گره ها و نیز انتگرال گیری به روش دوزنقه ای هستند. (یک تاریخچه از نرم افزارهای مورد استفاده) ولی این نرم افزار ها از لحاظ اضافه نمودن کنترلرهای محدودیت هایی دارند. به عنوان مثال نمی توان در آنها از کنترلرهای فازی یا امثال آنها استفاده نمود. سیمولینک یک محیط باز و مناسب برای مدل سازی، تحلیل و شبیه سازی دینامیک سیستم های قدرت است. سیمولینک با استفاده یک محیط واسطه گرافیکی برای ارتباط با کاربر ایجاد می کند. در محیط سیمولینک هر سیستمی به راحتی با بلوک های استاندارد مدل سازی می شود و به سریعترین و آسان ترین حالت می توان نتایج و خروجی ها و یا هر بخش مورد نظر را مشاهده نمود. پارامترها و الگوریتم های مورد استفاده در سیمولینک می توانند به راحتی بر اساس شرایط مساله تغییر یابند. با توجه به این نکات نمای کلی و نکات کلیدی سیمولینک عبارتند از:

- امکان شبیه سازی و نمایش همزمان پارامترهای سیستم در طول مدت شبیه سازی

- یک بانک جامع بلوک های جامع برای ایجاد سیستم های خطی، غیر خطی، گسسته با ورودی ها و خروجی های چندگانه
 - هفت روش انتگرال گیری برای حل سیستم ها، با گامهای ثابت و یا متغیر
 - ساختار مدل های مرتبه ای نا محدود
 - اتصالات برداری و یا اسکالر بین بلوک ها
 - امکانات پنهان نمودن بلوک ها برای ایجاد بلوک های مورد استفاده توسط دیگران و یا اضافه نمودن بلوک ها به بانک بلوک ها
- استفاده از سیمولینک در مقالات در حال گسترش است و در حوزه سیستم های قدرت نیز نمونه هایی از آن در مراجع [19] آمده است.

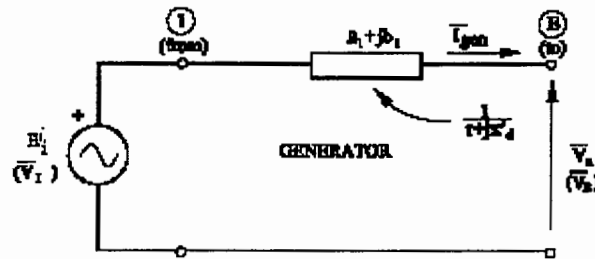
۳-۱- مدل سازی بخش های مختلف سیستم قدرت:

در این بخش به معرفی مدل ها و معادلات مورد استفاده برای شبیه سازی بخش های مختلف سیستم قدرت می پردازیم و در هر بخش بلوک های سیمولینک مورد استفاده برای آن بخش نیز آورده خواهد شد.

۳-۱-۱- مدل ژنراتور:

در محاسبات پخش بار مورد نیاز برای انجام شبیه سازی از مدل نشان داده در شکل (۱-۳) استفاده می کنیم که در این حالت $E'_{q,i}$ در کنار ادمیتانس Y_i نشان دهنده رفتار ژنراتور هستند. در این مدل r مقاومت استاتور و x'_d راکتانس گذرای محور d است:

$$Y_i = \frac{1}{r + jx'_d} = G_i + jB_i \quad 1-3$$



شکل (۱-۳): مدل ژنراتور در محاسبات پخش بار

و در صورت در نظر نگرفتن مقاومت استاتور و تلفات آن:

$$Y_i = jB_i = \frac{-j}{x'_d} \quad 2-3$$

در روش مورد استفاده در این پروژه، برای قرار دادن مدل های شبیه سازی ژنراتورها لازم است علاوه بر شین های موجود در سیستم، برای هر ژنراتور یک شین داخلی در نظر گرفت که در نتیجه تعداد شین های سیستم به تعداد ژنراتورهای موجود در آن افزایش خواهد یافت.

۳-۱-۲- معادلات دینامیک ژنراتور:

برای معادلات دینامیک ژنراتور از مدل 3-state استفاده شده است که معادلات مورد نظر به شکل زیر هستند:

$$\begin{aligned} \dot{\delta}_i(t) &= \omega_i(t) \\ \dot{\omega}_i(t) &= -\frac{D_i}{M_i} \omega_i(t) + \frac{1}{M_i} (P_{m,i} - P_{e,i}(t)) \\ \dot{E}'_{q,i}(t) &= \frac{1}{T'_{do,i}} (E_{fd,i} - E'_{q,i}(t) + (x_{d,i} - x'_{d,i}) I_{d,i}(t)) \end{aligned} \quad 3-3$$

در معادلات فوق بر اساس نیاز مساله می توان $P_{e,i}$ و I_q و I_p و پارامترهای دیگر را با توجه به ماتریس ادمیتانس سیستم بر اساس روابط زیر بدست آورد:

رابطه ۳-۴

$$\begin{aligned} P_{e,i} &= \sum_{j=1}^n E'_{q,i}(t) \cdot E'_{q,j}(t) \cdot \beta_{i,j}(t) \\ I_{d,i} &= \sum_{j=1}^n E'_{q,j}(t) \alpha_{i,j}(t) \\ I_{q,i} &= \sum_{j=1}^n E'_{q,j}(t) \beta_{i,j}(t) \\ Q_{e,i} &= \sum_{j=1}^n E'_{q,i}(t) \cdot E'_{q,j}(t) \cdot \alpha_{i,j}(t) \\ \beta_{i,j}(t) &= [B_{i,j}(t) \cdot \sin(\delta_i(t) - \delta_j(t)) + G_{i,j}(t) \cdot \cos(\delta_i(t) - \delta_j(t))] \\ \alpha_{i,j}(t) &= [B_{i,j}(t) \cdot \cos(\delta_i(t) - \delta_j(t)) - G_{i,j}(t) \cdot \sin(\delta_i(t) - \delta_j(t))] \end{aligned}$$

که در روابط فوق δ نمایش دهنده زاویه رتور و انحراف آن از محور d است. ω سرعت رتور و $E'q$ و Ed مولفه های ولتاژ در راستای محور های d و q هستند.

همچنین سایر پارامترها عبارتند از:

$P_{m,i}$: توان مکانیکی اعمال شده به ژنراتور

$P_{g,i}$: توان تولیدی الکتریکی هر ژنراتور

D : ضریب دمپینگ که در شبیه سازی های ما برابر صفر در نظر گرفته شده است.

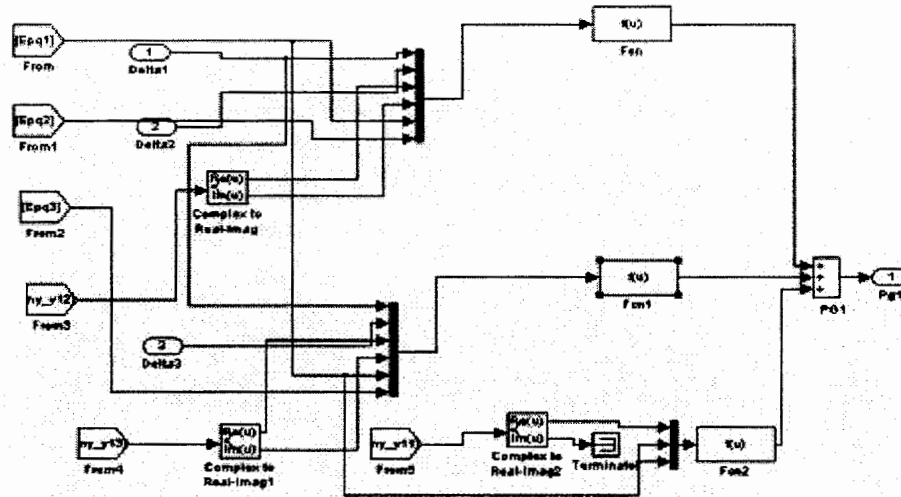
M : بیان کننده میزان لختی و اینرسی بخش های گردنده هر ژنراتور

E_{fd} : ولتاژ ورودی از سیستم تحریک

۳-۱-۳- بلوک های سیمولینک توان تولیدی هر ژنراتور :

با توجه به معادله بالا توان تولیدی هر ژنراتور توسط بلوک های نشان داده شده در شکل (۳-۲)

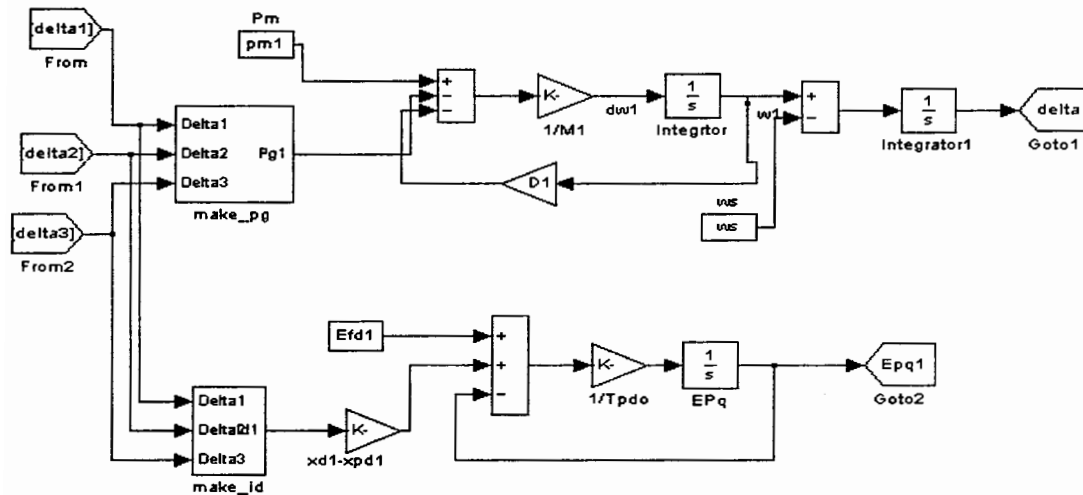
محاسبه و به سایر بخش های سیستم اعمال می گردد.



شکل (۳-۲): شبیه سازی توان تولیدی هر ژنراتور

۳-۱-۴- شبیه سازی معادلات دینامیک ژنراتورها:

معادلات ذکر شده در بالا که معادلات اصلی دینامیک ژنراتورها هستند توسط بلوک ها زیر شبیه سازی شده اند..



شکل (۳-۳): بلوک های معادلات دینامیک ژنراتور

۳-۱-۵- مدل سازی بارها:

بارها از عوامل مهم نشان دهنده وضعیت سیستم هستند، بدین معنی که وجود تعادل بین تولید- مصرف وابسته به میزان و سطح بار موجود در شبکه است. در این پروژه بارها به شکل امپدانس هایی در ماتریس ادmittانس سیستم وارد شده اند و مقدار ادmittانس معادل آنها در هر گام شبیه سازی توسط رابطه زیر مشخص می گردند:

$$Y_{load} = \frac{P_L - jQ_L}{V^2} \quad ۴-۳$$

که در آن:

P_L, Q_L : توانهای اکتیو و راکتیو بار مورد نظر

V : ولتاژ شینی که بار به آن متصل شده است

با این تعریف بر اساس شرایط و نیازهای مساله بارها را می توان به یکی از صورت زیر شبیه سازی نمود:

۳-۱-۵-۱- توان ثابت : در این حالت، با توجه به فرمول (۴-۳)، لازم است در مرحله پس از محاسبه ولتاژ در شین هایی که بار به آنها متصل است، با توجه به میزان توان بار، امپدانس معادل در آن مرحله را محاسبه نموده و به ماتریس ادمیتانس سیستم اعمال نمود. در واقع در این حالت در هر مرحله ماتریس ادمیتانس سیستم به روز شده و تغییرات ناشی از تغییرات ولتاژ در شینی که بار متصل است، خصوصا در شرایط ایجاد خطاهایی در سیستم و تغییرات ونوسانات ولتاژ در شین ها، باعث تغییر ماتریس ادمیتانس کل سیستم می شود.

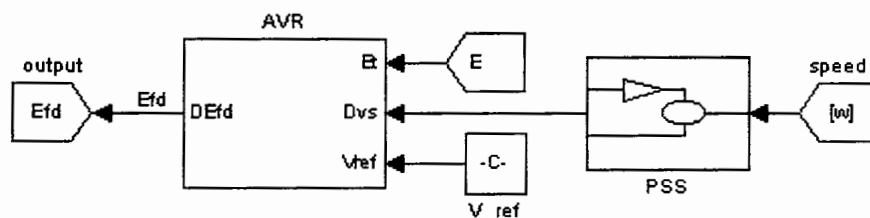
۳-۱-۵-۲- امپدانس ثابت: در این حالت، پس از پخش بار اولیه و بدست آوردن ولتاژ شینی که بار بدان متصل است، بر اساس توان بار، ادمیتانس معادل آن محاسبه می گردد که این ادمیتانس در ادامه کار و حتی با تغییرات در ولتاژ شین یا سایر پارامترهای سیستم تغییر نمی کند. در واقع در این حالت ماتریس ادمیتانس سیستم از لحاظ بارهای موثر در آن هیچگونه تغییری نمی کند.

۳-۱-۶- خطوط و ترانس ها:

در این پروژه خطوط انتقال با استفاده از یک امپدانس که بیان کننده میزان مقاومت و راکتانس آن است نمایش داده می شوند. همچنین ترانسها موجود در سیستم بدون تلفات و فقط با استفاده از یک اندوکتانس نمایش داده می شوند.

۳-۱-۷- پایدارسازهای سیستم قدرت:

پایدارسازهای سیستم قدرت با اعمال یک سیگنال کنترلی مناسب باعث عملکرد بهتر سیستم تحریک و پاسخ مناسب به جهت افزایش پایداری سیستم ها می گردند. در این حالت باید سیگنالهای خروجی از این پایدارسازها به عنوان یکی از سیگنال های ورودی سیستم¹ AVR مطرح و در واقع بلوک های AVR و PSS با این سیگنال ها به هم متصل گردند. نحوه اتصال این بلوک ها در شکل (۳-۴) نمایش داده شده است:



شکل(۳-۴): بلوک های پایدار ساز

در این پروژه از دو نوع از پایدارسازها برای حالات مختلف استفاده شده است:

(۱) پایدارسازهای کلاسیک :

پایدار سازهای کلاسیک با استفاده از بلوک دیاگرام زیر نمایش داده شده اند:



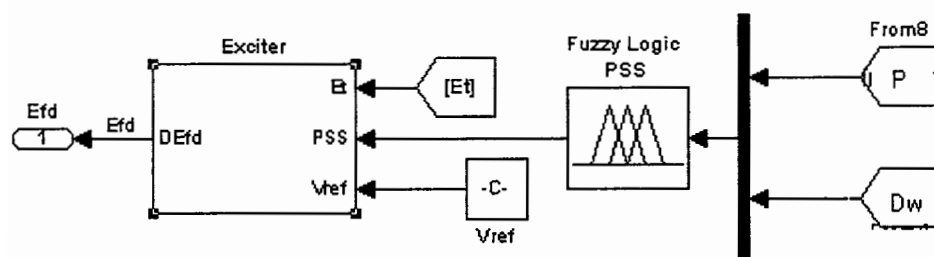
شکل(۳-۵): بلوک های پایدار سازهای کلاسیک

(۲) پایدارسازهای فازی:

این قبیل پایدارسازها با استفاده از بلوک دیاگرام زیر به سیستم اعمال می شوند. البته باید این نکته ذکر گردد که سیستم فازی کنترل کننده این پایدار سازها باید از قبل طراحی شده و فراخوانی شوند. ورودی سیستم فازی در این حالت توان شتاب دهنده² (که برابر تفاضل توان الکتریکی و مکانیکی ژنراتور است) و تغییرات سرعت هر کدام از ژنراتورهایی است که PSS باید بر روی آنها نصب گردد.

¹ Automatic Voltage Regulator

² Acceleration Power



شکل (۶-۳): بلوک های پایدار سازهای فازی

۳-۲- الگوریتم تحلیل سیستم قدرت:

مقدمه:

الگوریتم مورد استفاده بگونه ای است که می توان بر روی هرکدام از باس های سیستم خطایی را ایجاد نمود و نتایج مربوط به تغییرات ولتاژ زاویه و سرعت زاویه ای را ملاحظه نمود. پیش از توضیح دادن الگوریتم، روش تحلیل سیستم های چند ماشینه را مورد بحث قرار می دهیم.

۳-۲-۱- روش تحلیل سیستم های چند ماشینه:

فرض می کنیم که می خواهیم یک سیستم N شینه را مورد بررسی که دارای M لژنراتور سنکرون است و معادلات گره سیستم بصورت فرمول (۳-۵) نوشته خواهند شد. که در آنها فقط در باسهای

داخلی ژنراتور، بدلیل تزریق جریان به سیستم از این باسها، مقادیری برای جریانها در سطرهای ماتریس جریان وارد می شود و سایر سطرهای این ماتریس برابر صفر خواهند بود. در این حالت داریم:

$$\begin{bmatrix} Y_{N*N} & Y_{N*M} \\ Y_{M*N} & Y_{M*M} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ I \end{bmatrix} \quad 5-3$$

که در آن V بردار N بعدی از ولتاژهای شین های اصلی سیستم است و E یک بردار M بعدی از ولتاژهای شین های داخلی ژنراتورهای سنکرون می باشند. I نیز یک بردار M بعدی از جریانهای تزریقی به شین ها می باشد. در نتیجه ماتریس ادمیتانس سیستم یک ماتریس $(N+M)*(N+M)$ است.

در ماتریس Y فوق، ماتریس $Y(N*N)$ ، ماتریس ادمیتانس شین های اصلی است که این همان ماتریس مورد استفاده در پخش بارهای معمولی سیستم است که با امپدانس های مربوط به ژنراتور و بارها ترکیب شده است. همچنین ماتریس $Y(N*M)$ ، ماتریس ادمیتانس های بین ژنراتورها و سیستم است که در واقع ماتریس ادمیتانس های بین ژنراتور و نزدیک ترین شین به آن است. در نهایت ماتریس $Y(M*M)$ ، ماتریس قطری از ادمیتانس های ژنراتورها است. مقادیر E ، ولتاژهای داخلی ژنراتورها در هر لحظه از زمان بر اساس تغییرات بوجود آمده در سیستم و نیز ولتاژهای شین ها تغییر خواهد نمود. مراحل تحلیل سیستم را می توان به شکل زیر خلاصه نمود:

۳-۱-۲-۱-۱-انجام پخش بار بر روی سیستم مورد مطالعه:

این مرحله برای مشخص کردن شرایط عملکرد سیستم و نیز نقطه کار آن قبل از وقوع هرگونه اغتشاش در سیستم است. هدف از این مرحله به شکل خاص، معلوم نمودن پارامترهای زیر است:

- ولتاژهای شین های اصلی
- توان های الکتریکی ژنراتورها
- زوایای رتور هر کدام از ژنراتورها

- ولتاژ تحریک اعمالی به هر ژنراتور

در این مرحله پس از معلوم شدن پارامترهای فوق، بر اساس آنها فرض هایی را ایجاد می کنیم، مثل:

$$P_{M,i} = P_{e,i} \quad \text{توان مکانیکی:}$$

$$\omega_n = \omega_{syn} \quad \text{سرعت رتور:}$$

۳-۲-۱-۲- محاسبه ولتاژهای داخلی ژنراتورها:

با استفاده از رابطه زیر و مقادیر بدست آمده برای ولتاژ شین ها از پخش بار، ولتاژهای داخلی محاسبه خواهند شد:

$$E_n = |E_n| < \delta_n = V_n + jX_{th,n} * I_n \quad ۶-۳$$

۳-۲-۱-۳- شروع شبیه سازی

$t = 0$: شروع مراحل تکرار:

الف) تعیین Y ، ماتریس ادمیتانس، کل سیستم و محاسبه $Y(N*N)$, $Y(N*M)$, $Y(M*M)$ که در هر گام شبیه سازی ممکن است بدلیل تغییر شرایط کار سیستم و یا اعمال توان های متفاوت از سوی ادوات FACTS مقادیر آن تغییر کند.

ب) اگر در محدوده زمانی وقوع خطا هستیم، در شینی که اتصال کوتاه رخ داده است، ولتاژ آنرا برابر صفر در نظر می گیریم.

ج) با استفاده از روشهای تکراری همچون گوس سیدل و یا حل معادلات ماتریسی ولتاژ همه شین ها را بدست آورده و همچنین میزان ولتاژهای شین های داخلی و سایر پارامترها را هم معین می کنیم.

د) با استفاده از ولتاژهای محاسبه شده در بخش قبل ، مقدار امپدانس معادل جدید آنها را ایجاد و محاسبه می نماییم.

ه) در صورتی که زمان شبیه سازی پایان یافته باشد، از تکرارها خارج می شویم در غیر اینصورت مقدار $t = t + \Delta t$ قرار داده شده و تکرارها ادامه می یابد.

فصل چهارم

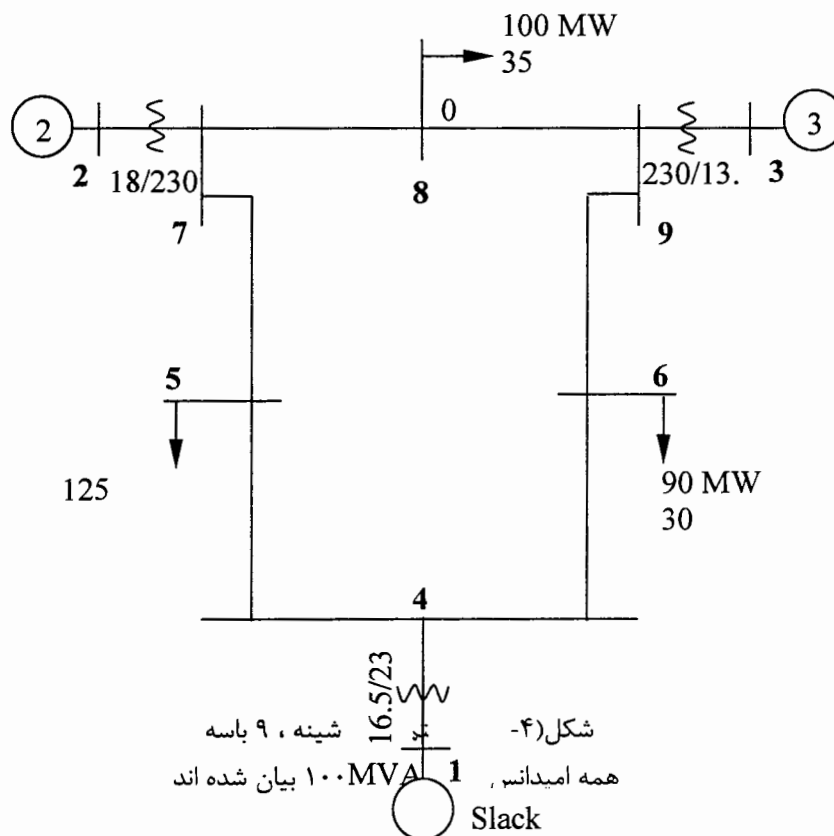
پایدارسازهای فازی-تطبیقی

مقدمه:

در این فصل به بررسی نتایج بدست آمده از حالات مختلف شبیه سازی شده و نیز روال های طراحی و هماهنگ سازی پایدارسازهای سیستم های قدرت با استفاده از سیستم های هوشمند می پردازیم. برای این منظور ابتدا روال های آموزش شبکه های کنترل کننده پایدارسازها بیان شده و سپس به تشریح نحوه استفاده از آنها می پردازیم. سیستمهای هوشمند مختلفی برای اهداف مختلف در این پروژه استفاده شده اند که عبارتند از سیستم های فازی از نوع ممدانی، شبکه های عصبی از نوع شبکه های مبتنی بر توابع پایه ای شعاعی (RBF) و شبکه های تطبیقی مبتنی بر سیستم های فازی (ANFIS). این سیستم ها برای اهداف خاصی از بحث پایداری مورد استفاده قرار گرفته اند. پایدارسازهای مورد استفاده در بخش های اول این فصل از نوع پایدارسازهای کلاسیک و یا پایدارسازهای فازی هستند که تطبیق سیستم فازی با شرایط مختلف عملکرد سیستم توسط شبکه های عصبی مصنوعی انجام می گردد. در بخش دیگری از این فصل با استفاده از ANFIS به بهبود عملکرد سیستم های فازی در پایدارسازی سیستم قدرت می پردازیم.

۴-۱- توصیف سیستم قدرت مورد استفاده:

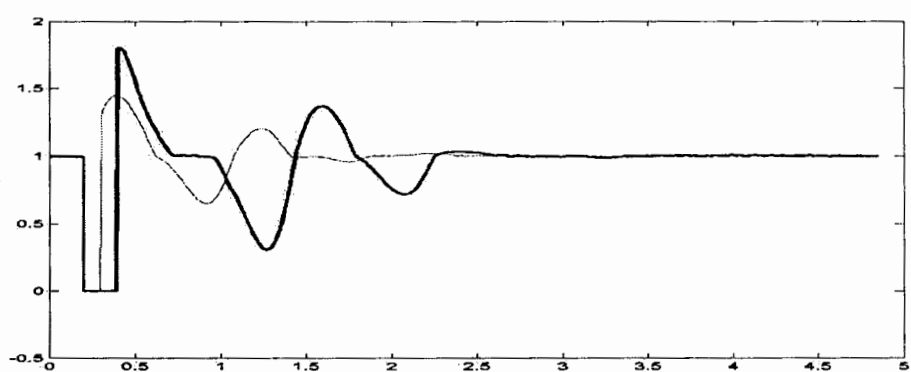
در بخش های مختلف این پروژه برای نشان دادن نتایج اعمال پایدارسازهای طراحی شده در سیستم های چند ماشینه از شبیه سازی سیستم قدرت ۳ ماشینه نشان داده شده در شکل (۴-۱) استفاده نموده ایم. این سیستم که در مرجع [22] ارایه شده است سیستمی است که بطور مکرر در مقالات برای مباحث پایداری مورد استفاده قرار گرفته است و پارامترهای آن از مرجع [23] در پیوست (الف) آورده شده است. در بخش های مختلف ژنراتور ۱ که بزرگترین ژنراتور موجود در سیستم است به عنوان مرجع در نظر گرفته شده و پارامترهای ۲ ژنراتور دیگر نسبت به آن بیان شده است.



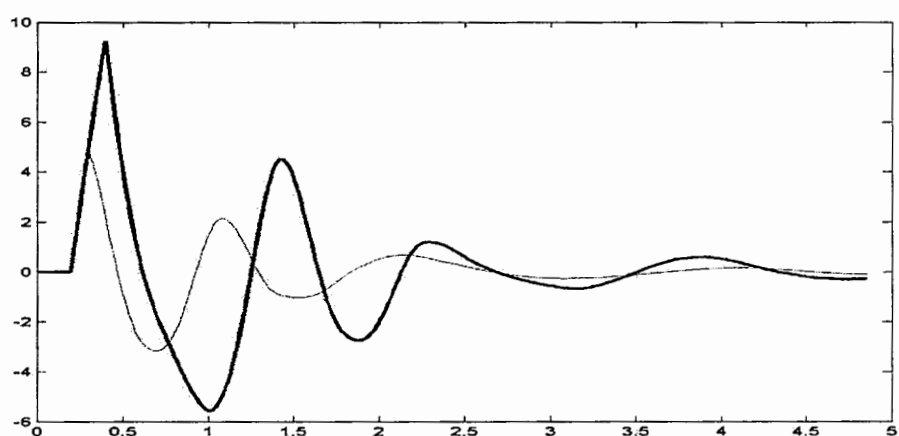
۴-۲- پایدارسازی سیستمهای قدرت با استفاده از سیستمهای فازی تطبیقی:

همانگونه که در فصل اول بیان شد پایدارسازهای سیستم قدرت برای حذف نوسانات ناشی از حالات دینامیک سیستم بر روش ژنراتورها نصب شده و با اعمال سیگنالهای کنترلی مناسب باعث برگشت سیستم به حالت کارعادی می گردند. یکی از مشکلات این قبیل پایدارسازها عدم تطابق با شرایط مختلف عملکرد سیستم است بدین معنی که ممکن است در برخی شرایط پایدار ساز با اعمال روالهای کنترلی مناسب در حداقل زمان سیستم را به حالت تعادل برگرداند در حالی که در شرایط دیگری زمان پایدار سازی افزایش یافته و سیستم پایدارساز برای این حالت از قابلیت مناسبی برخوردار نباشد. در این بین پایدارسازهای فازی می توانند در محدوده این تغییرات نسبت به پایدارسازهای کلاسیک از کارایی بالاتری برخوردار باشند ولی این پایدارسازها نیز در عمل نمی توانند برای محدوده گسترده ای از عملکرد سیستم عملکرد مناسبی داشته باشد. برای نشان دادن این مساله به مثال زیر توجه نمایید:

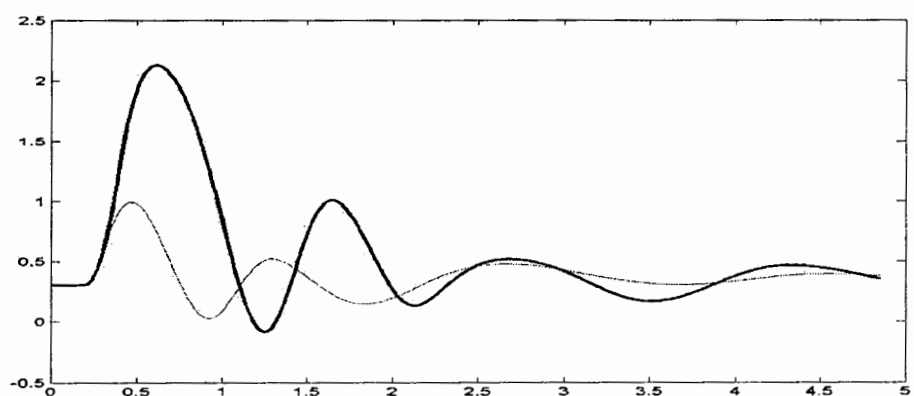
در سیستم چند ماشینه توصیف شده در این پروژه فرض می کنیم که در محل ژنراتور ۲ یک پایدارساز فازی برای حذف نوسانات نصب شده است. در این حالت برای حالتی که شرایط بار سیستم در حالت نرمال قرار دارد و در حداقل زمان خطای ایجاد شده در باس ۷ رفع می شود فاکتورهای پایدارساز فازی از قبیل توابع عضویت ورودی و خروجی را تنظیم نموده و پایدارساز در مدت زمان مشخصی سیستم را به حالت پایدار می برد که نمودارهای ترسیم شده با خطوط کم رنگ بیانگر این حالت است. اکنون فرض می کنیم که با وجود همان پایدارساز در سیستم خطای سه فازی در همان نقطه اتفاق می افتد اما این بار خطا در زمانی برابر دو برابر حالت عادی رفع می گردد. در این حالت نمودارهای مربوط به حالت دوم با استفاده از خطوط پر رنگ در شکلهای (۴-۲) تا (۴-۴) آورده شده است.



شکل (۴-۲): نمودارهای توان تولیدی ژنراتور ۲ در دو حالت مختلف عملکرد سیستم قدرت



شکل (۴-۳): نمودارهای انحراف سرعت زاویه ای ژنراتور ۲ در دو حالت مختلف عملکرد سیستم قدرت



شکل (۴-۴): نمودارهای تغییرات زاویه ژنراتور ۲ در دو حالت مختلف عملکرد سیستم قدرت

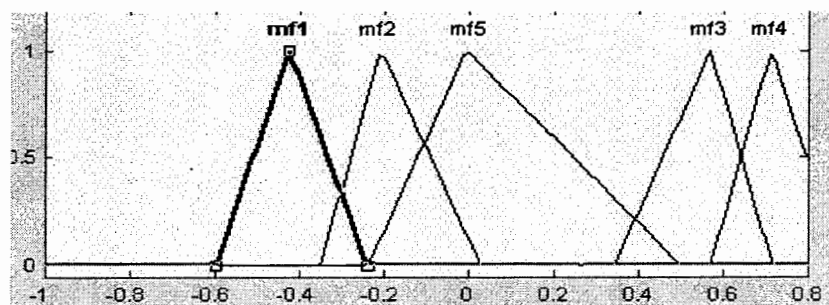
با مقایسه این دو نمودار مشخص می گردد که پایدار ساز در این حالت به خوبی حالت قبل سیگنالهای کنترلی را اعمال نمی کند که این امر به معنی عدم تطابق و تناسب پارامترهای پایدار ساز با شرایط سیستم است.

برای رفع این مشکل روشهای مختلفی در مقالات بیان شده است که برخی از آنها در فصل اول بیان شده اند. بطور کلی در این روشها سعی بر این بوده است که سیستم پایدارساز با تشخیص وضعیت سیستم قدرت سیگنال های خروجی مناسبی را به آن اعمال کند.

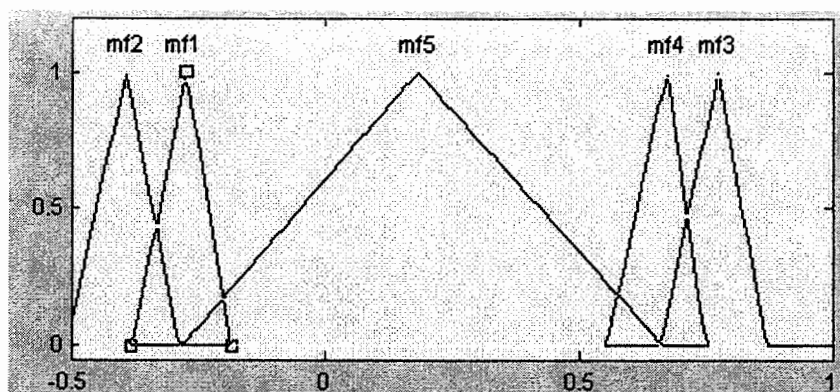
۴-۳- بیان روش پیشنهادی:

در این بخش از پروژه با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی به عنوان تطبیق دهنده سیستم فازی به یک پایدارساز فازی تطبیق یافته با استفاده از شبکه های عصبی مصنوعی دست یافته ایم. به عبارت بهتر هدف از اضافه نمودن بخش عصبی افزایش محدوده عملکرد سیستم فازی و پایدار ساز فازی است.

همانگونه که در بخش پیش بیان شد پارامترها و توابع عضویت سیستم فازی، برای پاسخ مناسب به همه حالات عملکرد سیستم، متفاوت با حالات کار عادی است به عنوان مثال توابع عضویت خروجی سیستم فازی مناسب برای حالتی که خطا در شین ۷ رخ داده و در کمترین زمان رفع می گردد با توابع عضویت سیستم فازی مناسب برای خطای ایجاد شده در همین شین در شرایط اضافه بار و تاخیر در رفع خطا در شکل های (۴-۵) و (۴-۶) آورده شده است.



شکل (۴-۵): توابع عضویت خروجی سیستم فازی



شکل (۴-۶): توابع عضویت خروجی سیستم فازی

مقایسه این شکلها نشان می دهد که پایدار ساز باید بتواند با تشخیص وضعیت فعلی سیستم، پارامترهای مناسبی را برای خود انتخاب نماید تا با قوانینی که از قبل برای آن معلوم شده است، قدرت پاسخ گویی به هر دو حالت را داشته باشد. به عبارت بهتر بتواند با سویچ بین پایدارسازها حالت بهینه را انتخاب کند.

در روش پیشنهادی در این پروژه، انتخاب پارامترهای مناسب بین پایدار سازها و در واقع انتخاب بهترین پایدار ساز برای شرایط عملکرد سیستم با آموزش یک شبکه عصبی مصنوعی انجام پذیرفته است بدین صورت که در محدوده گسترده ای از عملکرد سیستم، توابع عضویت ورودی و خروجی مناسب برای پایدارساز فازی را با شبیه سازی آنها بدست آورده ایم و سپس با اعمال آنها به یک شبکه عصبی RBF انتظار داریم که این سیستم خبره در هر زمان بر اساس وضعیت سیستم که با استفاده از پارامترهای توان و سرعت نسبی ژنراتوری که PSS بر روی آن نصب شده است، توابع عضویت مناسب را برگزیند.

در این حالت برای تولید داده های مناسب برای آموزش شبکه عصبی شبیه سازیهایی را بر اساس فرضیات زیر انجام داده ایم:

- پایدارساز فازی بر روی ژنراتور ۲ نصب شده است و یک پایدارساز کلاسیک با پارامترهای معلوم بر روی ژنراتور ۳ نصب شده و ژنراتور ۱ فاقد هرگونه PSS می باشد.
- سیستم های حفاظتی (رله و بریکر) موجود در سیستم در مدت زمان ۰،۱ ثانیه خطای اتفاق افتاده را رفع می کنند.

- سیستم قدرت حداکثر ۲۰ درصد تحت اضافه بار قرار می گیرد.

یکی از مسایل مهم در وضعیت سیستم های قدرت پس از وقوع خطا و نیز نحوه عملکرد پایدارسازهای آن وضعیت پارامترهای زیر است:

- وضعیت بار سیستم
- محل وقوع خطا
- زمان رفع خطا

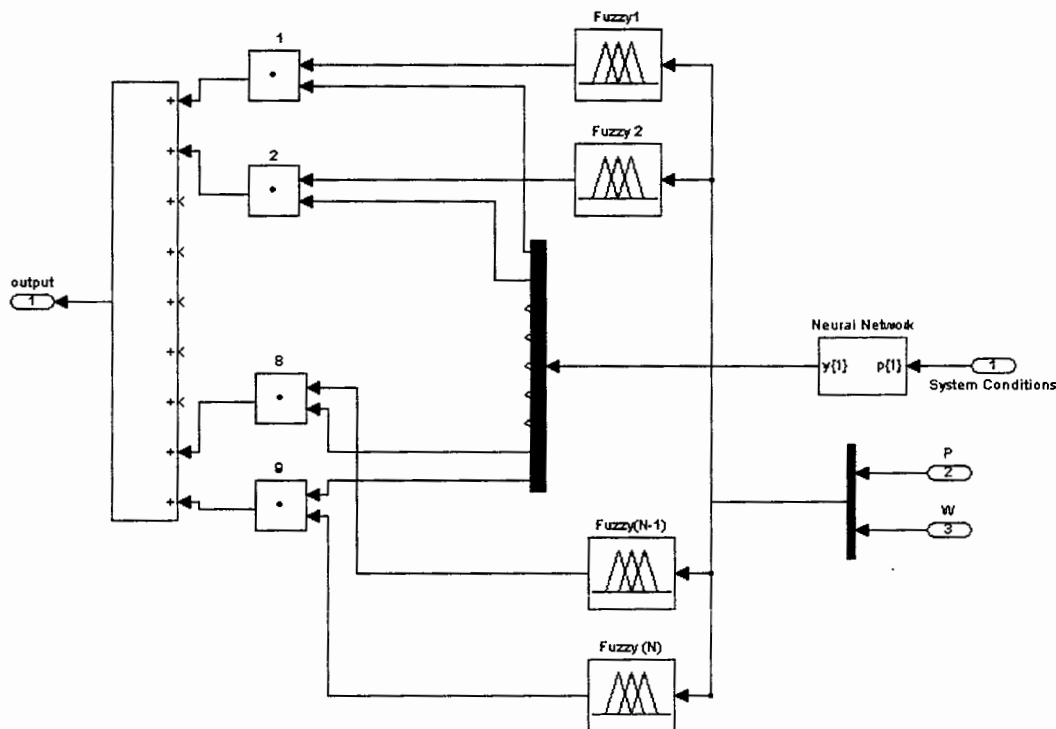
با توجه به فرضیات فوق الذکر محدوده های زیر را به عنوان حالات آموزش سیستم عصبی تطبیق دهنده شبیه سازی نموده ایم:

- **وضعیت بار سیستم:** بین ۱۰۰ درصد بارگذاری سیستم تا ۲۰ درصد افزایش در بار نامی.
- **محل وقوع خطا:** می تواند در هر کدام از ۹ باس سیستم چند ماشین مورد نظر و یا خطوط بین آنها اتفاق بیافتد.
- **زمان رفع خطا:** در صورتی که رله های موجود در سیستم در بهترین حالت باشند و هر نوع خطایی را تشخیص دهند و بریکرها نیز کاملاً آماده باشند در ۰،۱ ثانیه خطا رفع می شود ولی در صورت وجود اشکالاتی، مثلاً عدم عملکرد صحیح بخش های مکانیکی رله ها، ممکن است این زمان افزایش یابد و در حداکثر خود در صورت عدم انجام صحیح رفع خطا توسط حفاظت اول خطا در دو برابر زمان اولیه توسط حفاظت های پشتیبان رفع گردد.

با توجه به محدوده های فوق برخی از این حالات ایجاد شده و از آنها در آموزش شبکه عصبی تطبیق دهنده مورد استفاده قرار گرفته است. این شبکه در صورت برخورداری از یک ساختار مناسب و نیز یک آموزش کامل می تواند علاوه بر پاسخگویی به حالاتی که برای آموزش آن بکار

رفته است، حالت هایی که در پروسه آموزش با آنها روبرو نبوده است را نیز بر اساس انتخاب یک خروجی مناسب با توجه به حالت های آموزش داده شده انتخاب نماید.

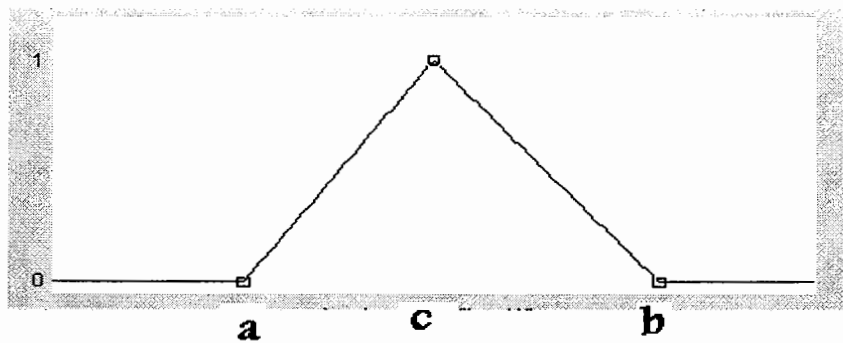
در شکل (۷-۴) یک نمای کلی برای نشان داده مفهوم سیستم کنترلی مورد استفاده، بیان شده است. (البته این شکل فقط به عنوان بیان مساله است و در عمل مشخصات توابع عضویت ورودی و خروجی تغییر خواهند کرد و نه اینکه سیستم فازی جدید بوجود آید).



شکل (۷-۴): سیستم کنترل فازی-عصبی

البته در عمل فقط پارامترهای توابع عضویت توسط شبکه های عصبی تغییر خواهد نمود فلذا ما فقط یک بخش سخت افزاری برای پیاده سازی سیستم فازی این پایدارساز نیاز داریم. با توجه به اینکه در این پروژه از توابع عضویت مثلثی انتخاب استفاده است و هر کدام از این توابع را می توان به شکل یکتا با استفاده از سه عدد، با توجه به شکل (۸-۴)، نمایش داد در مجموع شبکه دارای ۲ ورودی و N خروجی است که N از رابطه زیر بدست می آید:

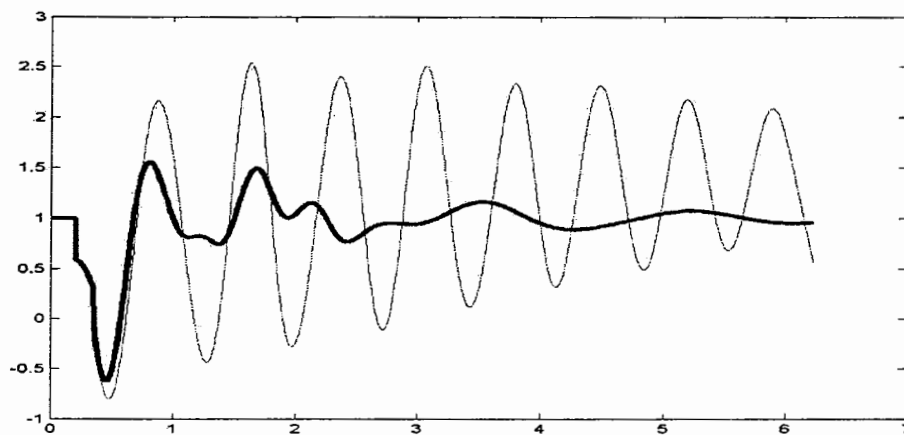
$$N = (\text{sum of all member function}) * 3$$



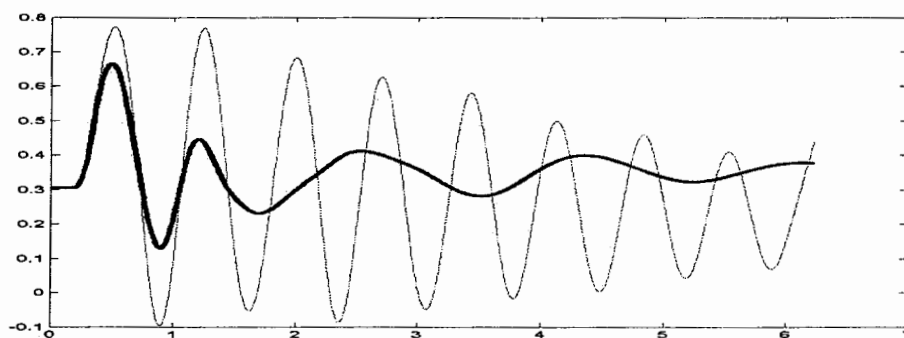
شکل (۴-۸): تابع عضویت مثلثی

نتایج حاصل شده از دقت مناسب این شبکه در انتخاب توابع عضویت مورد نیاز برای حالات مختلف گواهی می دهد که در ادامه برخی از این نمودارهای بدست برای این پایدارساز در چند حالت مختلف از شرایط عملکرد سیستم آمده است.

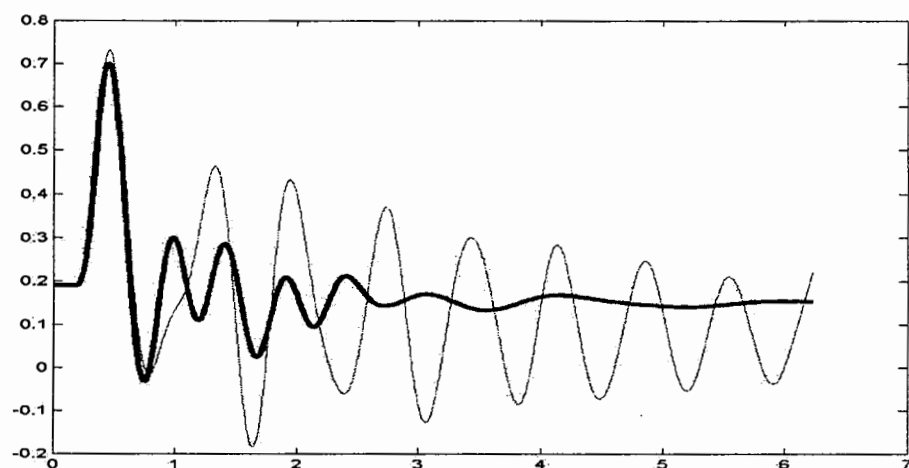
۴-۳-۱- وضعیت بار نرمال و خطای ایجاد شده در باس ۸ در ۰٫۳ ثانیه رفع می گردد.



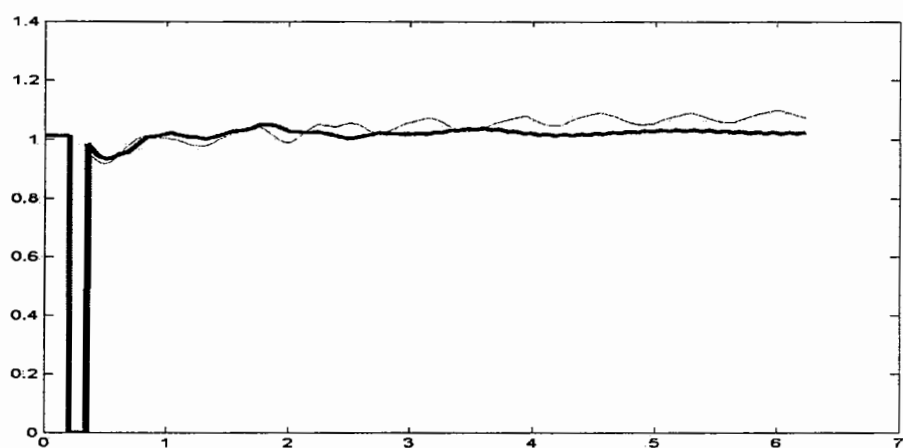
شکل (۴-۹): توان تولیدی ژنراتور ۲



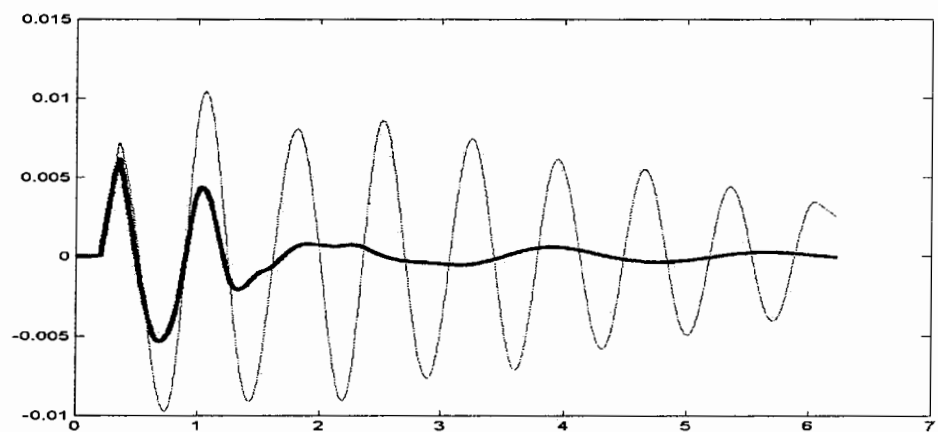
شکل (۴-۱۰): تغییرات زاویه ژنراتور ۲



شکل (۴-۱۱): تغییرات زاویه ژنراتور ۳

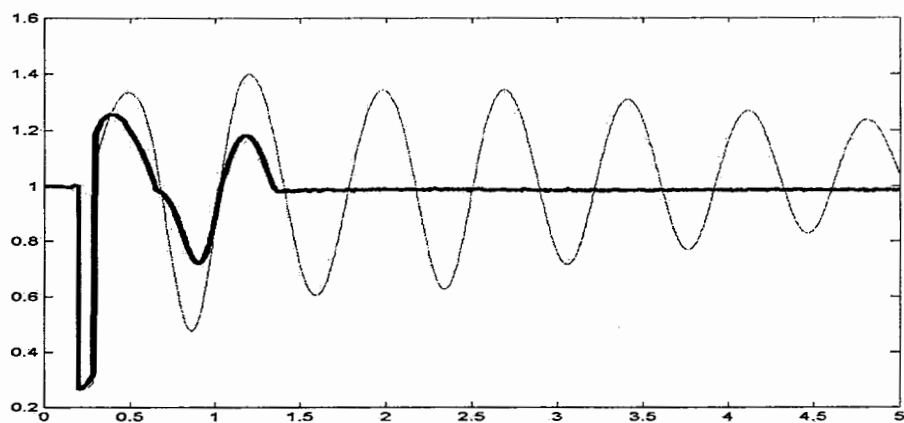


شکل (۴-۱۲): ولتاژ در باس محل خطا

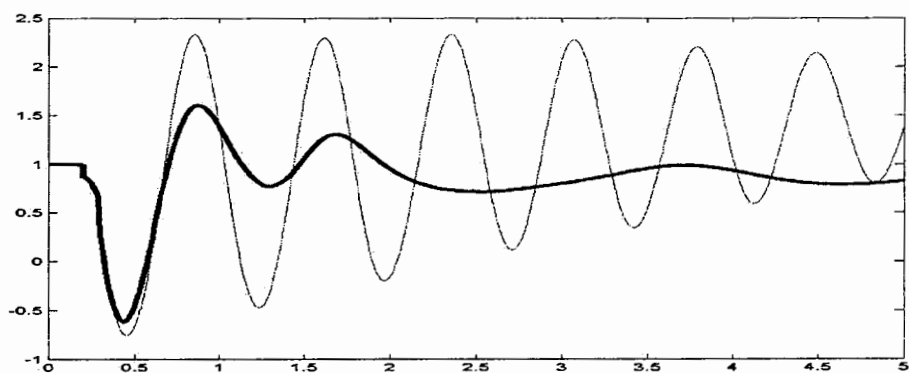


شکل (۴-۱۳): تغییرات سرعت ژنراتور ۲ از سرعت سنکرون

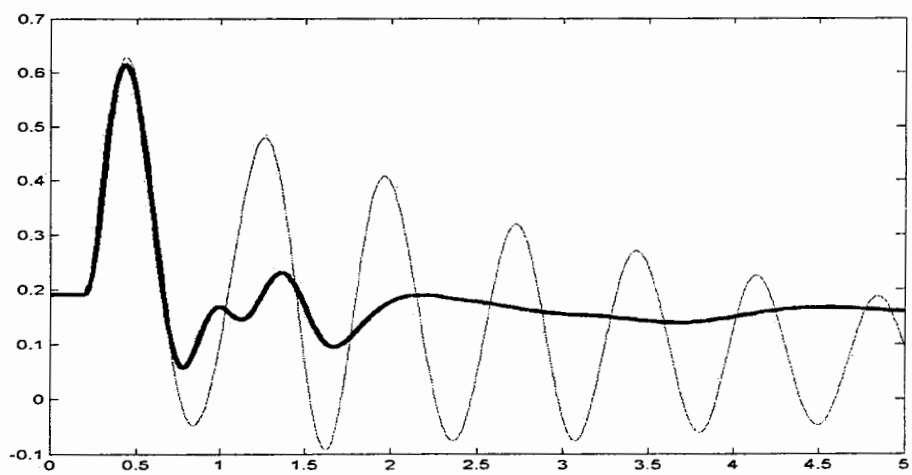
۴-۳-۲- وضعیت بار نرمال و خطای ایجاد شده در باس 6 در 0.35 ثانیه رفع می گردد.



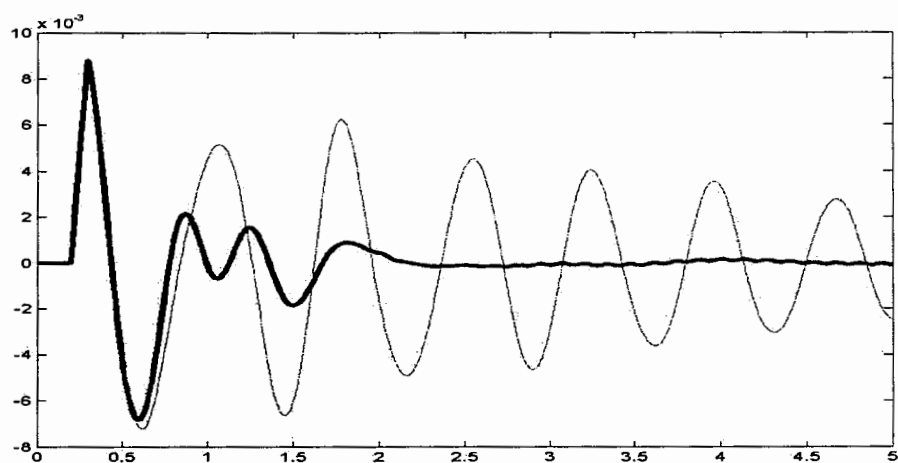
شکل (۴-۱۴): توان تولیدی ژنراتور ۲



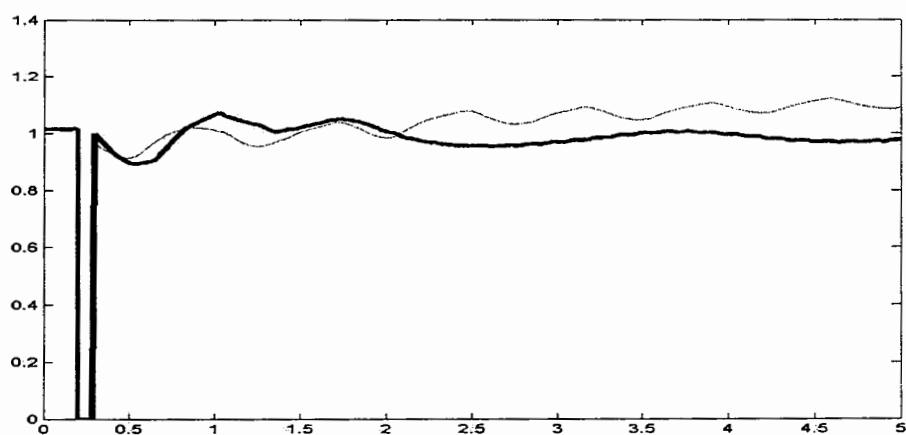
شکل (۴-۱۵): توان تولیدی ژنراتور ۳



شکل (۴-۱۶): تغییرات زاویه ژنراتور ۲

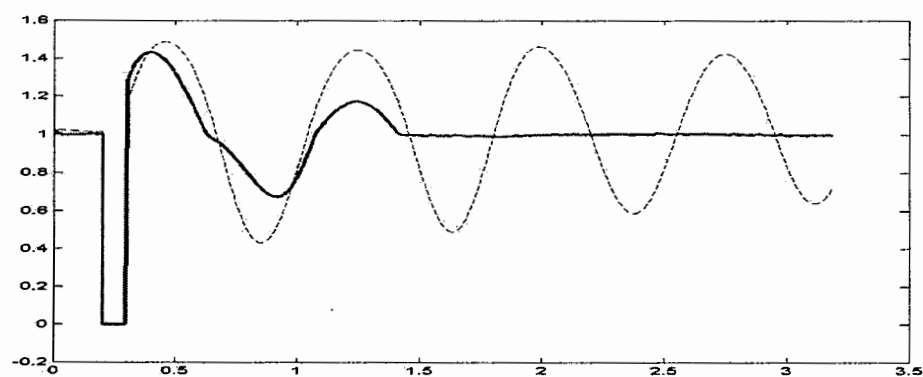


شکل (۴-۱۷): تغییرات سرعت زاویه ای ژنراتور دوم نسبت به سرعت سنکرون

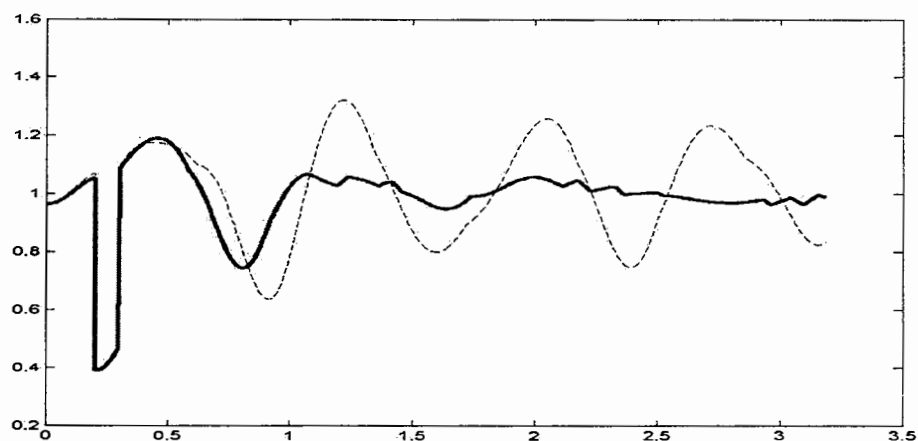


شکل (۴-۱۸): ولتاژ در شین محل وقوع خطا

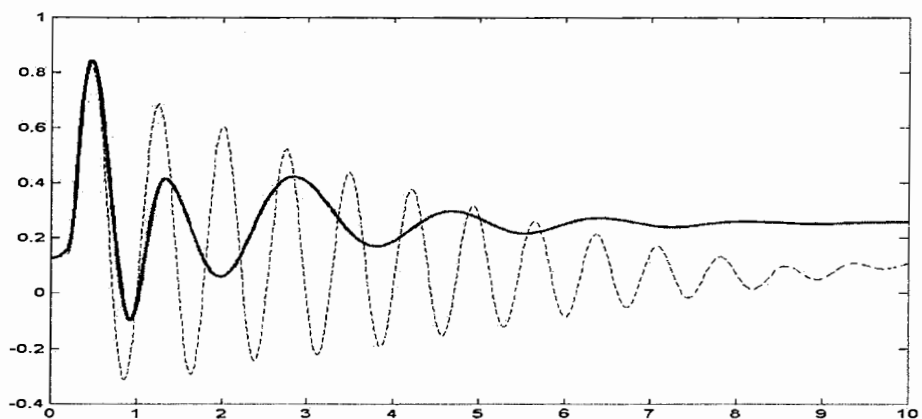
۴-۳-۳-۲۰ درصد اضافه بار و خطای موجود در باس ۷ در ۰.۳ ثانیه رفع می گردد.



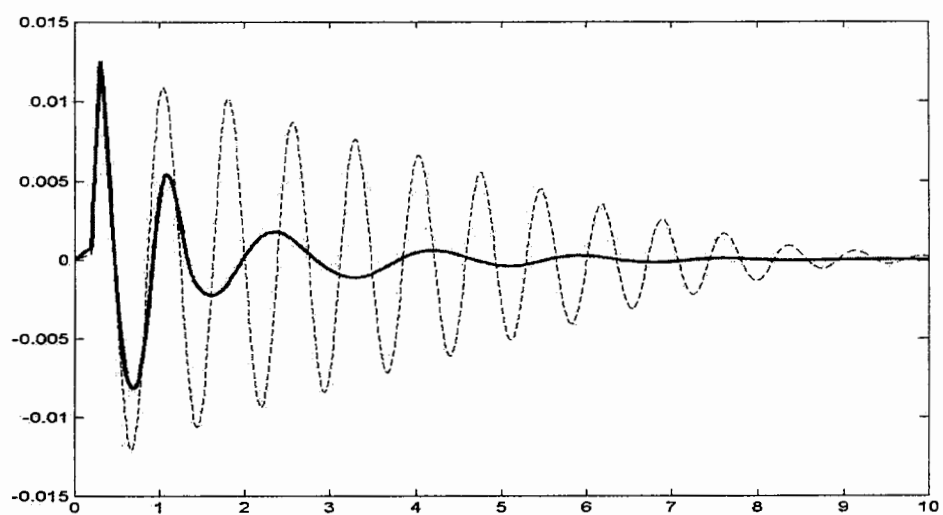
شکل (۴-۱۹): توان تولیدی ژنراتور ۲



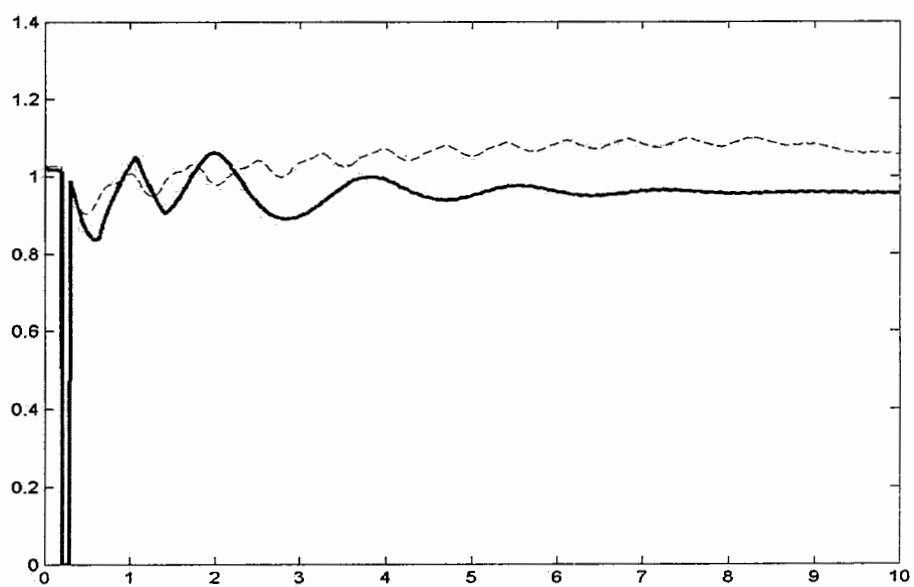
شکل (۴-۲۰): توان تولیدی ژنراتور ۳



شکل (۴-۲۱): تغییرات زاویه ژنراتور ۲



شکل (۴-۲۲): تغییرات سرعت زاویه ای ژنراتور دوم نسبت به سرعت سنکرون



شکل (۴-۲۳): ولتاژ در باس محل خطا

۴-۴- استفاده از ANFIS

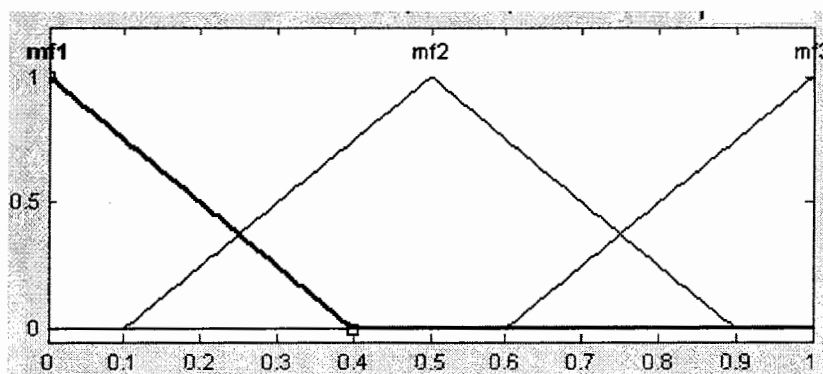
مقدمه: همانگونه که قبلاً بیان شد، سیستمهای فازی بدلیل سادگی طراحی و نیز عدم مواجهه با معادلات غیر خطی و روشهای پیچیده در بسیاری از کاربردهای کنترلی و از جمله در حل مسایل مختلفی در سیستمهای قدرت مورد استفاده قرار گرفته اند. ولی یکی از مشکلات پایه ای این قبیل سیستم ها عدم وجود یک روال مشخص و سیستماتیک برای تعریف قوانین و توابع عضویت در این سیستمهاست به عبارت دیگر نحوه تعیین و تشخیص قواعد زبانی ای که در این سیستم بکار می رود و محدوده آنها می تواند در افراد مختلف و در زمانهای مختلف تغییر کند [43] به عنوان مثال ممکن است در طراحی یک سیستم پایدارساز از نظر فردی ۱۰ تغییرات در پارامتر توان یک تغییر کوچک و از دید فردی دیگر این میزان تغییرات یک تغییر متوسط باشد. به همین دلیل ممکن است در برخی شرایط سیستم فازی با استفاده از روشهای قبلی، از جمله سعی و خطا، از ساختارها و قوانین مناسبی بهره نبرد. از سوی دیگر همانگونه که در بخش قبل عنوان شد، ارایه قابلیت تطبیق با شرایط مختلف عملکرد سیستم تحت کنترل برای کنترلر فازی یک مزیت می باشد پس اگر یک سیستم فازی بدون تغییر در قوانین و توابع عضویت آن از ابتدا به گونه ای طراحی شود که قوانین و توابع عضویت آن در حالت بهینه بین همه حالات ممکن قرار گیرد، این سیستم از قابلیت تطبیق خوبی برخوردار خواهد بود. برای این منظور یک سیستم خود تنظیم مبتنی بر شبکه های تطبیقی برای سیستم های فازی در فصل دوم معرفی شد که علاوه بر اینکه قابلیت بهبود پارامترهای سیستم فازی را دارد می تواند در افزایش محدوده کنترلی و حوزه عملکرد آن موثر باشد. یک پایدارساز مبتنی بر ANFIS دارای قابلیت بالایی در آموزش مناسب و تطبیق با شرایط برای یک سیستم فازی ایجاد می کند. در این روش پارامترهای سیستم فازی به شکل اتوماتیک بر اساس یک روش آموزشی که در فصل (۲) بیان شد، تنظیم می شوند. با این روال یک پایدار ساز ANFPSS با قابلیت آموزش طراحی می گردد. برای آموزش پایدارساز مبتنی بر ANFIS نیاز به یک سری داده های آموزشی است که این زوجهای ورودی-خروجی را می توان با قرار دادن یک پایدار ساز دیگر و یا شبیه سازی سیگنالهای کنترلی و اعمال آنها به یک سیستم قدرت به گونه ای که سیستم در بهترین حالت قرار گیرد، بدست آورد [40].

نکته دیگری که باید در مورد شبیه سازی های این بخش بیان کنیم این است که همانگونه که در فصل ۲ بیان شد ANFIS فقط می تواند برای آموزش سیستم های فازی نوع تاکاگی-سوگنو مورد استفاده قرار بگیرد به همین دلیل سیستم های فازی ممدانی مورد استفاده در FPSS های بخش قبل را با سیستم های فازی تاکاگی-سوگنو معادل آنها تعویض می کنیم.

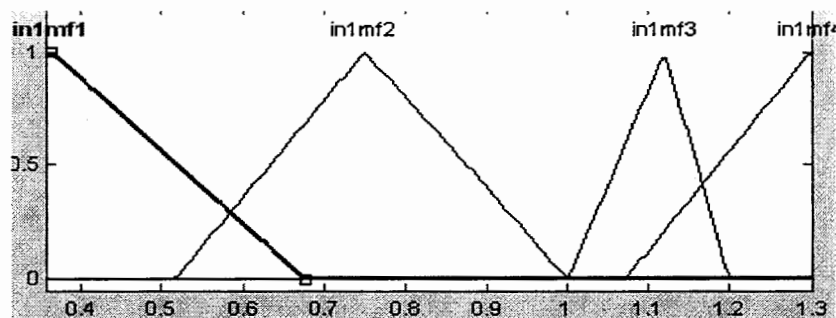
۴-۴-۱- آموزش ANFIS

در این بخش سیستم فازی پایدار ساز تطبیقی نصب شده بر روی ژنراتور ۲ با یک پایدارساز فازی ANFPSS تعویض شده است. فرض بر این است که در این حالت می خواهیم سیستم فازی مورد استفاده در این ژنراتور را به منظور تطبیق پایدارساز با شرایط عملکرد سیستم مورد نظر است آموزش دهیم.

برای این منظور، پس از ایجاد یک سیستم فازی تاکاگی-سوگنو معادل سیستم بکار رفته در FPSS ژنراتور ۲، و یا یک سیستم خام، آن را توسط روالهای توضیح داده شده در فصل (۲) در نرم افزار MATLAB آموزش می دهیم. پس از آموزش سیستم فازی توابع عضویت آن تغییر نموده اند که توابع عضویت ورودی های این پایدارساز قبل و بعد از آموزش در شکلهای (۴-۲۴) و (۴-۲۵) نمایش داده شده اند.

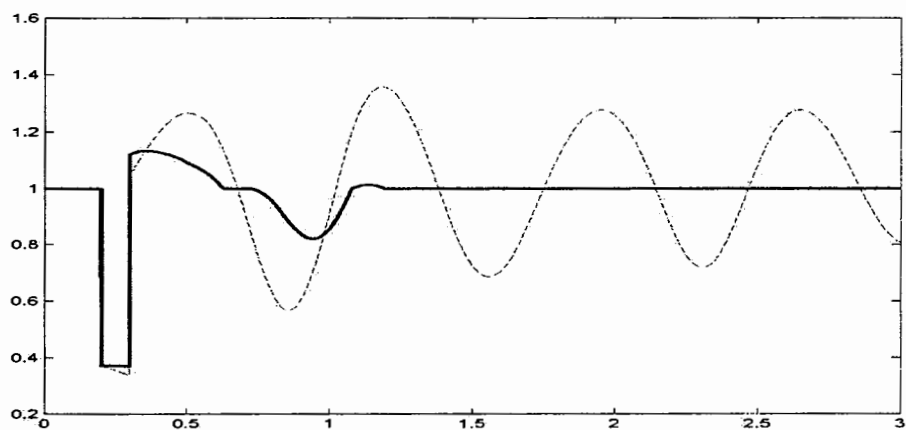


شکل (۴-۲۴): توابع تبدیل خام انتخاب شده بدون آموزش

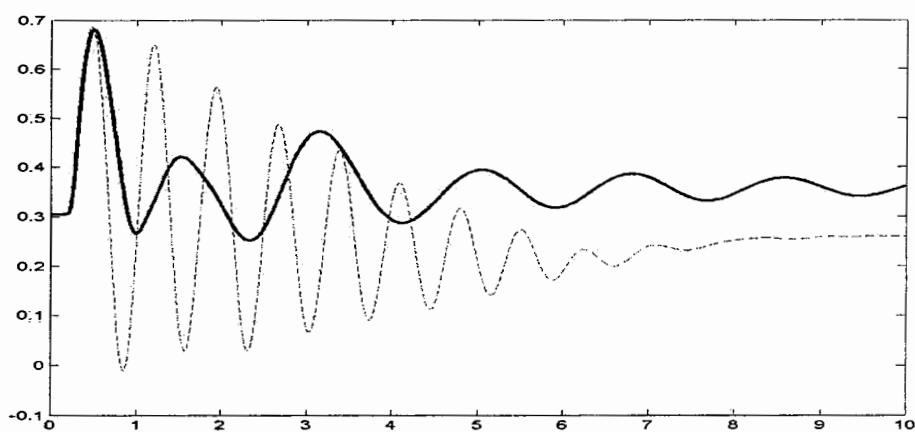


شکل (۴-۲۵)

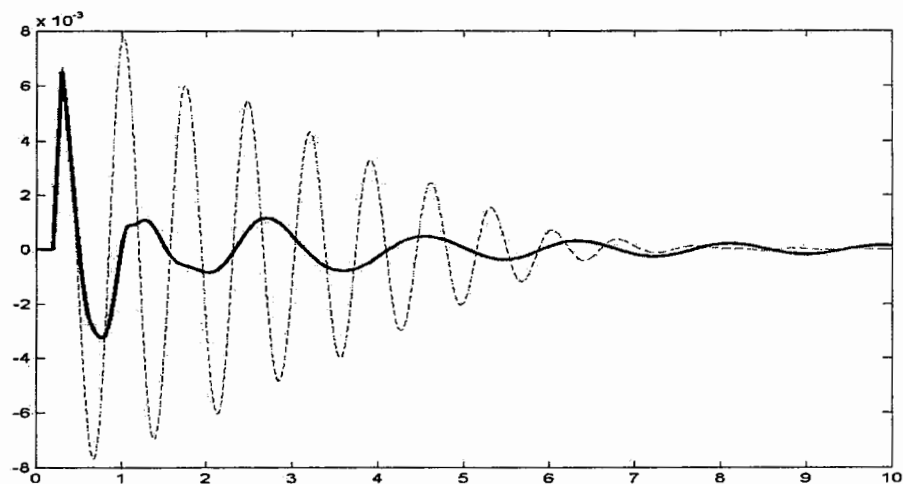
پس از اعمال پایدارساز جدید ANFPSS به سیستم قدرت تغییراتی در نحوه پایدارسازی رخ داده است که نمودار تغییرات توان و زاویه نسبی ژنراتور ۲ که این پایدارساز بر روی آن نصب شده است در شکل های زیر آورده شده است.



شکل (۴-۲۶): تغییرات زاویه ژنراتور ۲

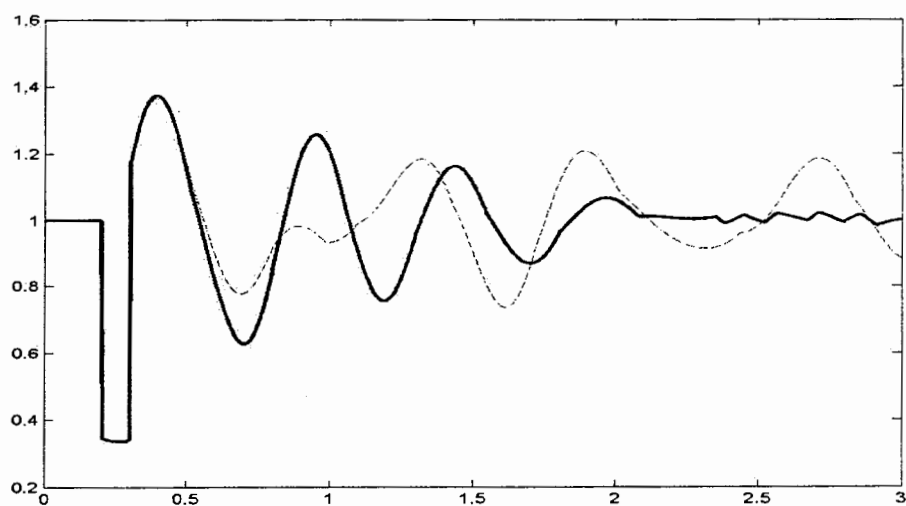


شکل (۴-۲۷): تغییرات زاویه ژنراتور ۲

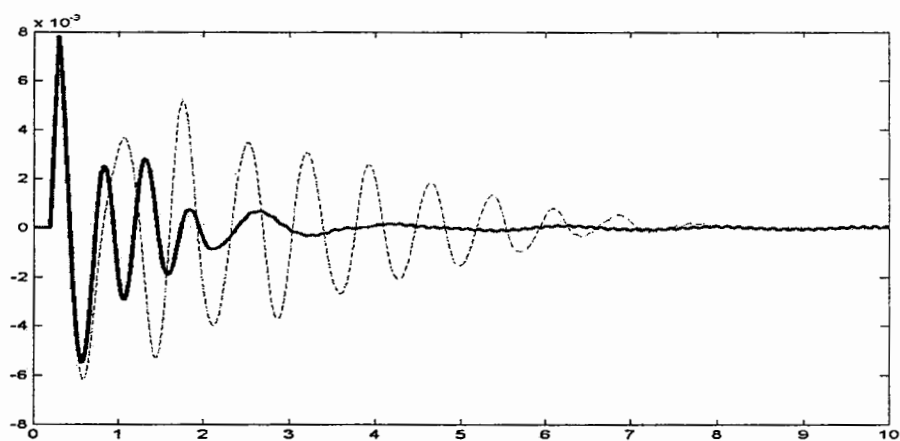


شکل (۴-۲۸): تغییرات سرعت زاویه ای ژنراتور دوم نسبت به سرعت سنکرون

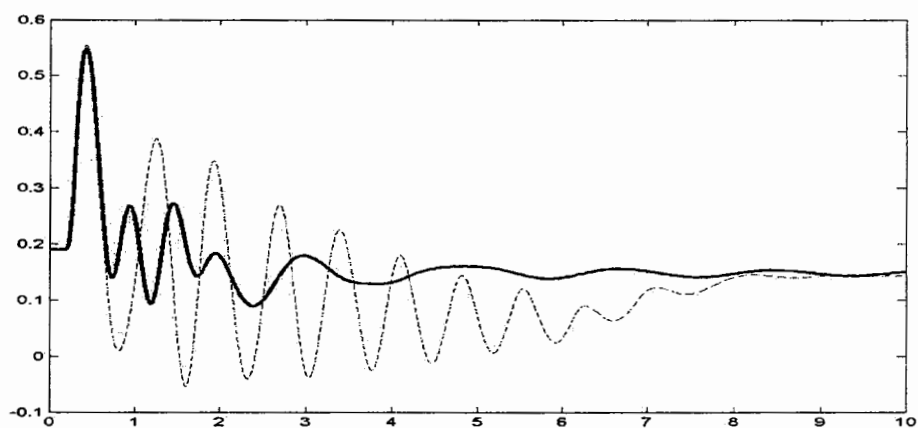
البته اثر این پایدارساز فقط به این ژنراتور محدود نمی شود به عنوان مثال در شکل‌های زیر نمودارهای تغییرات توان، سرعت و زاویه ژنراتور ۳ با وجود این پایدارساز بر روی ژنراتور ۲ آورده شده است.



شکل (۴-۲۹): تغییرات زاویه ژنراتور ۲

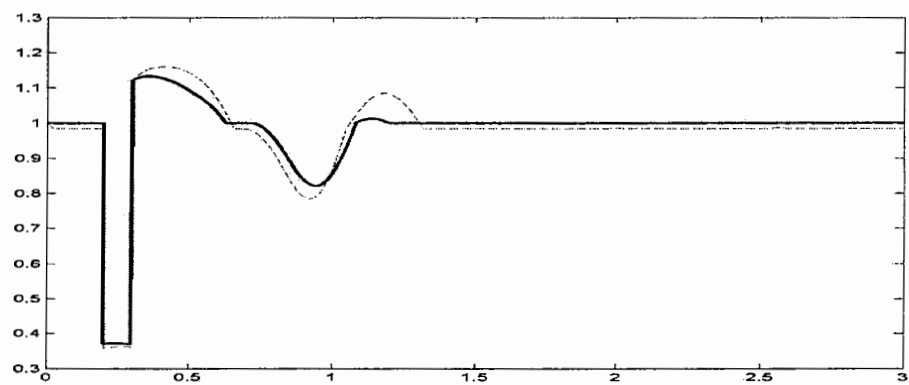


شکل (۴-۳۰): تغییرات سرعت زاویه ای ژنراتور دوم نسبت به سرعت سنکرون



شکل (۴-۳۱): تغییرات زاویه ژنراتور ۲

همچنین در شکل زیر تغییرات توان ژنراتور ۲ با وجود ANFPSS و AFPSS آورده شده اند.

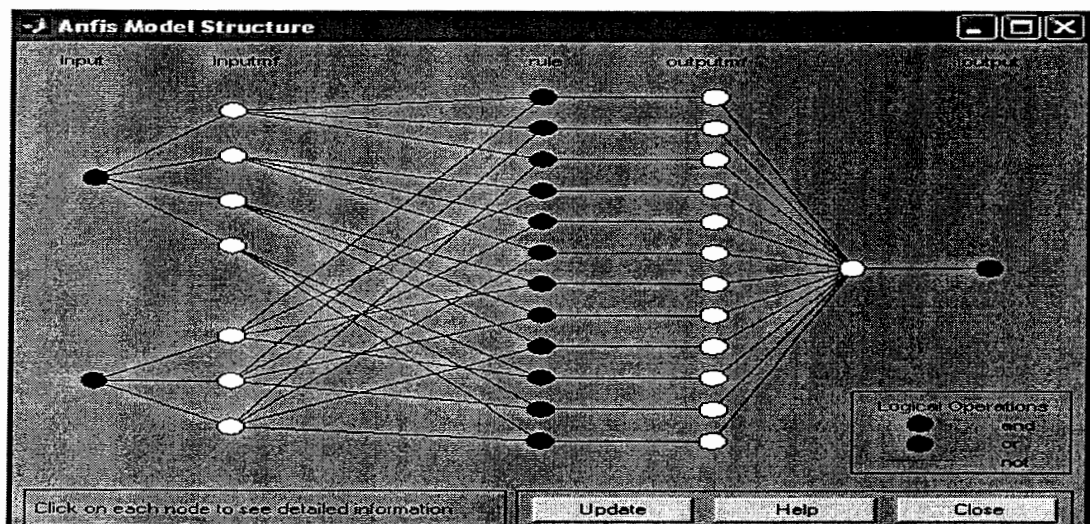


شکل (۴-۳۲): توان ژنراتور ۲ با پایدارساز AFPSS , ANFPSS

البته باید در اینجا به این نکته توجه نمود پایدارساز ANFPSS مورد استفاده در این بخش ضمن آنکه از ساختار و روال تعیین پارامترهای مشخص تر و سیستماتیکی برخوردار است، از دقت و عملکرد مناسب تری نسبت به FPSS مشابه نیز برخوردار است. این قبیل پایدارسازها به دلیل قابلیت آموزش با شرایط مختلف می توانند از قدرت تطبیق بالاتری نسبت به سیستم های فازی برخوردار باشند. از دیگر مزایای آن کاهش زمان طراحی ANFPSS است. بدین معنی که زمان آموزش آن معمولا بسیار کمتر از زمان سعی و خطای مورد نیاز برای طراحی سیستم های فازی است. در واقع تنها مرحله عمده زمانبزی این سیستم آماده نمودن داده های لازم جهت آموزش آن است.

مهمترین مزیت این پایدارساز طراحی شده قابلیت تطبیق بالای آن برای تغییر شرایط عملکرد سیستم است. بدین معنی که در این حالت بدون آنکه نیاز به سیستم تطبیق دهنده دیگری- همچون شبکه ای عصبی در بخش قبل-وجود داشته باشد، پایدارساز ANFIS آموزش داده با زوجهای ورودی-خروجی شامل حالت های مختلف عملکرد سیستم قابلیت تطبیق با شرایط مختلف را دارد.

در شکل (۴-۲۳) شمای کلی سیستم ANFIS مورد استفاده نمایش داده شده است این نما که از یکی از صفحات ایجاد شده توسط MATLAB استخراج شده است بیانگر ارتباطات بین لایه های مختلف می باشد.



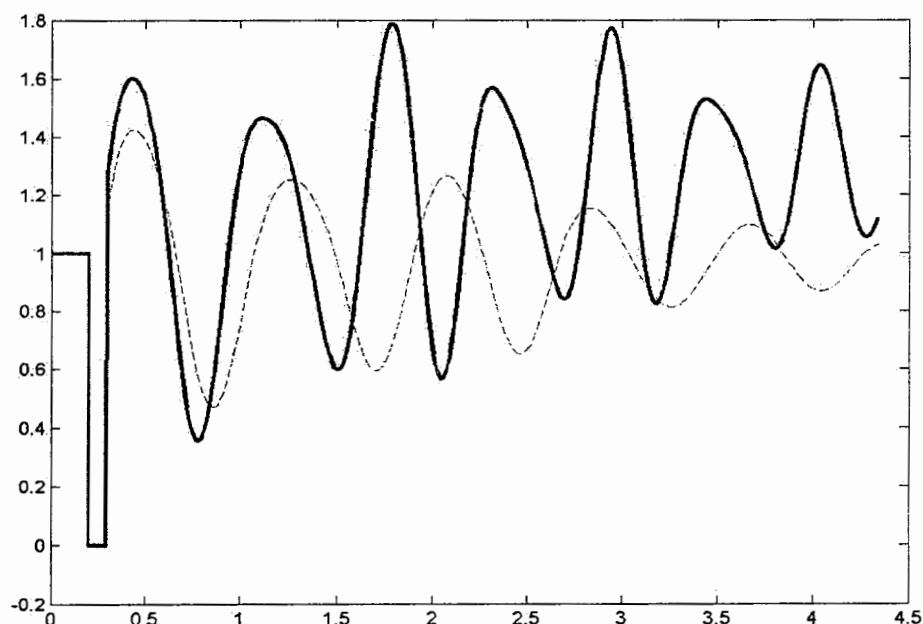
شکل (۴-۳۳): ساختار سیستم ANFIS مورد استفاده

فصل پنجم

هماهنگ سازی پایدار سازها

۵-۱- هماهنگ سازی پایدارسازهای سیستم قدرت :

یکی از مباحث مهم در پایدارسازی سیستمهای چندماشینه ایجاد هماهنگی بین چندین پایدارساز موجود در سیستم قدرت است. در سیستم های قدرت گاهی دیده شده است که با اضافه نمودن یک پایدارساز جدید و یا تعویض یکی از پایدارسازها با انواع جدیدتر، علاوه بر اینکه در پایداری سیستم بهبودی حاصل نشده است، زمان رسیدن به حالت پایدار و نیز شدت نوسانات موجود در پارامترهای سیستم، از جمله توان خروجی ژنراتور، افزایش یافته و در واقع سیستم ناپایدارتر گردیده است که این بدلیل عدم هماهنگی بین این پایدارسازها و اعمال سیگنالهایی است که اثر همدیگر را خنثی نموده اند. برای بیان بهتر این مساله به مثال زیر توجه نمایید. در سیستم چندماشینه مورد نظر یک پایدارساز در محل ژنراتور ۲ موجود است درحالی که برای سایر ژنراتورهای پایدارسازی تعبیه نشده است. در این حالت نمودار نوسانات در توان تولیدی ژنراتور ۲ با خط چین در شکل (۵-۱) نمایش داده شده است. اکنون یک پایدارساز در محل ژنراتور ۳ نصب می کنیم که پس از انجام این عمل نمودار نوسانات توان با خطوط پر در شکل (۵-۱) آورده شده است.

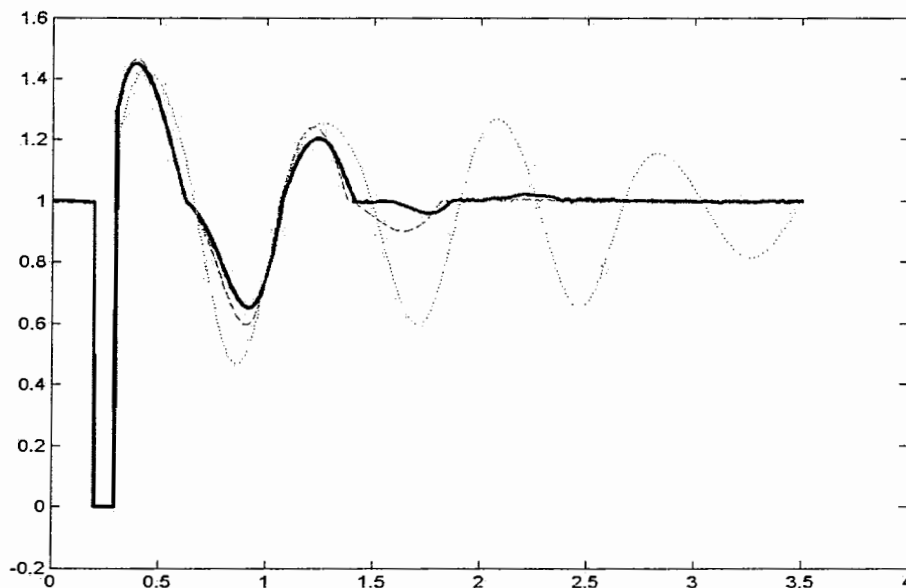


شکل (۵-۱): توان ژنراتور ۲ قبل و بعد از اضافه نمودن PSS دوم

همانگونه که در این حالت دیده می شود، با ورود پایدارساز جدید بدلیل عدم تطابق پارامترهای آن با پارامترهای پایدارساز اول و در واقع برهمکنش نامناسب بین آنها، نوسانات سیستم افزایش یافته است به همین دلیل در طراحی پایدارسازهای جدید اعمالی به سیستم و یا اعمال همزمان آنها لازم است که پارامترهای آنها به گونه ای تعیین شود که این هماهنگی موجود باشد.

نکته:

در بخش قبل و اضافه نمودن یک پایدارساز فازی و یا ANFPSS به سیستم قدرت، ما بدون اینکه به این نکته اشاره کنیم در هر مرحله هماهنگی بین این دو پایدارساز را مدنظر داشته ایم. به عبارت دیگر در هر مرحله از طراحی پارامترهای پایدارساز فازی به گونه ای عمل نموده ایم که با وجود این پایدارساز عملکرد پایدارساز قبلی تقویت شده و عملاً بین آنها هماهنگی وجود داشته باشد. شکل زیر این مساله را بیان می کند. در این شکل خطچین ها نوسانات توان با وجود یک پایدارساز کلاسیک در محل ژنراتور ۱ و خطوط توپر نوسانات با اعمال پایدارساز دوم به ژنراتور ۲ است :



شکل (۵-۲): توان تولیدی ژنراتور ۲ قبل (solid) و بعد از اضافه نمودن PSS دوم (--)

همانگونه که در این شکل ها مشخص است پایدارساز دوم عملا با پایدارساز اول هماهنگ بوده و در مجموع باعث بهبودی عملکرد و کاهش نوسانات سیستم قدرت گردیده اند.

با توجه به نکته فوق الذکر ما عملا هماهنگ سازی بین پایدارسازها را در آن بخش مورد توجه قرار داده بودیم ولی در این قسمت این مطلب را با استفاده از ۲ پایدارساز فازی و با تعیین پارامترها بین آنها بیان می کنیم.

۵-۲- طراحی دو پایدارساز فازی هماهنگ در سیستم های قدرت چندماشینه:

طراحی و هماهنگ سازی پایدارسازهای سیستم قدرت در سیستمهای چندماشینه، خصوصا با پایدارسازهای کلاسیک، با استفاده از روابط پیچیده ریاضی و تعریف یک تابع هدف شامل پارامترهای پایدارساز برای حل این مساله و بهینه نمودن این تابع هدف و سپس تعیین پارامترهای پایدارساز از روی تابع بهینه شده انجام می پذیرد لذا این امر شامل محاسبات زمانبر و احیاناً (احتمالاً) حل معادلات غیرخطی است. که این مشکل در سیستم های خبره فازی و وشهای مشابه آن وجود ندارد.

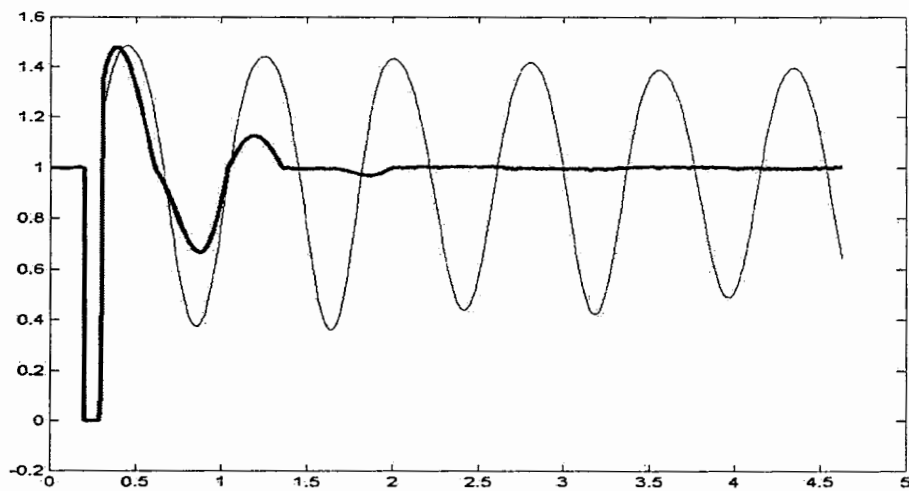
۵-۲-۱- روشهای پیشنهادی :

هدف اصلی در طراحی پایدارسازهای فازی هماهنگ این است که پارامترهای پایدارسازهای فازی به گونه ای طراحی شوند که سیگنالهای نهایی کنترلی با همدیگر برهمکنش منفی نداشته باشند. برای این منظور ابتدا روش (۱) بیان می گردد و سپس با استفاده از ANFIS این روش را کامل نموده و به عنوان روش دوم پروسه ای را بیان می کنیم.

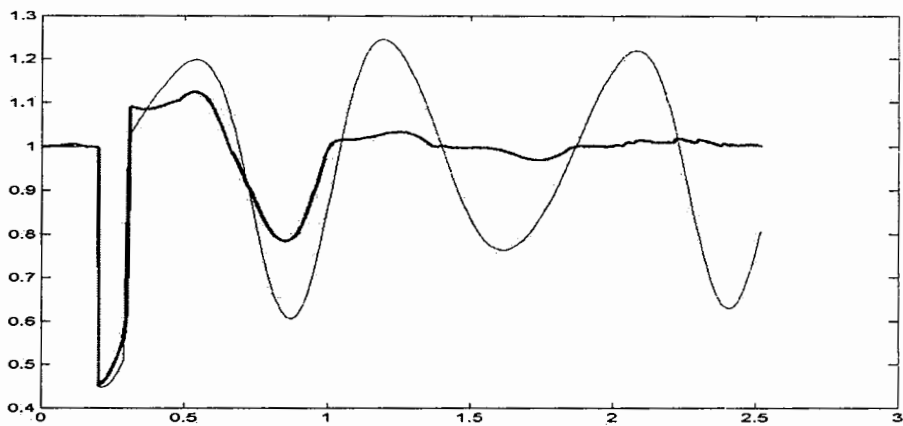
۵-۲-۲- روش اول

اولین روشی که برای حل این مساله به ذهن می رسد-و معمولا نیز مورد استفاده قرار گرفته است- این است که مراحل زیر را برای انجام این امر پیاده ساز کنیم:

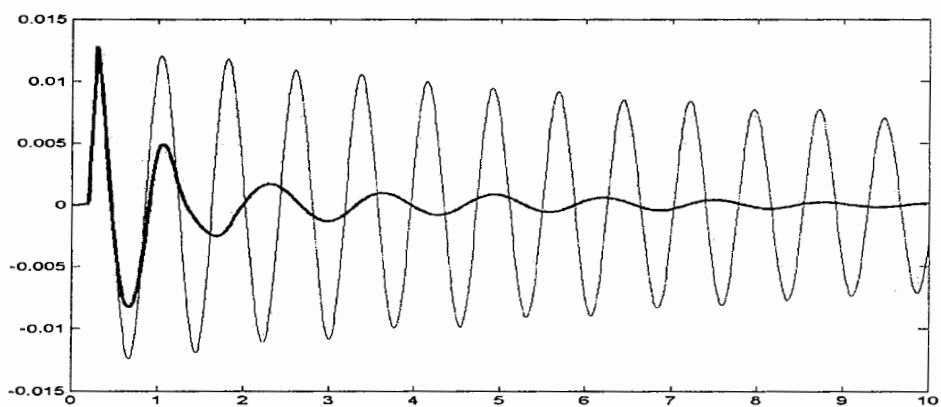
- (۱) ابتدا فرض کنیم که فقط یکی از فازهای سازها در سیستم وجود دارد و با استفاده از روشهای مرسوم تعیین توابع عضویت فاز، از قبیل سعی و خطا و غیره، پارامترهای آن را بگونه ای تنظیم کنیم که پایداری سیستم را بهبود بخشد.
 - (۲) با وجود این پایدارساز، پایدارساز فاز دوم را وارد سیستم نموده و با تعیین پارامترهای آن و اعمال آن به سیستم پایداری سیستم را دوباره بررسی می کنیم.
 - (۳) در صورتی که این پایدارساز با این پارامترها باعث بهبود پایداری سیستم گردد و به عبارت دیگر عملکرد پایدارساز اول را تخریب نکند در این مرحله می گوییم دو پایدارساز هماهنگ را ایجاد نموده ایم.
 - (۴) در صورتی که پس از چندین بار تغییر پارامترهای پایدارساز دوم، نتوانستیم پاسخ مناسبی بگیریم و درواقع این پایدارساز با هر پارامتری باعث تخریب عملکرد اولی شود، در این حالت دوباره به مرحله اول بر می گردیم و با اصلاح پارامترهای پایدارساز اول دوباره مراحل بالا را تکرار می کنیم.
 - (۵) در صورتی که در این حالت بخواهیم یک پایدارساز تطبیقی با استفاده از شبکه های عصبی RBF داشته باشیم لازم است که در هر کدام از حالات موجود در محدوده عملکرد سیستم، مراحل فوق را طی نماییم.
- نتایج حاصل شده برای طراحی دو پایدارساز فاز بر روی ژنراتورهای ۱ و ۲ با استفاده از این روش در شکل‌های (۳-۵) تا (۵-۵) آورده شده است که در هر حالت خطوط پر بیان کننده زمانی است که هر دو پایدارساز در سیستم قرار دارند.



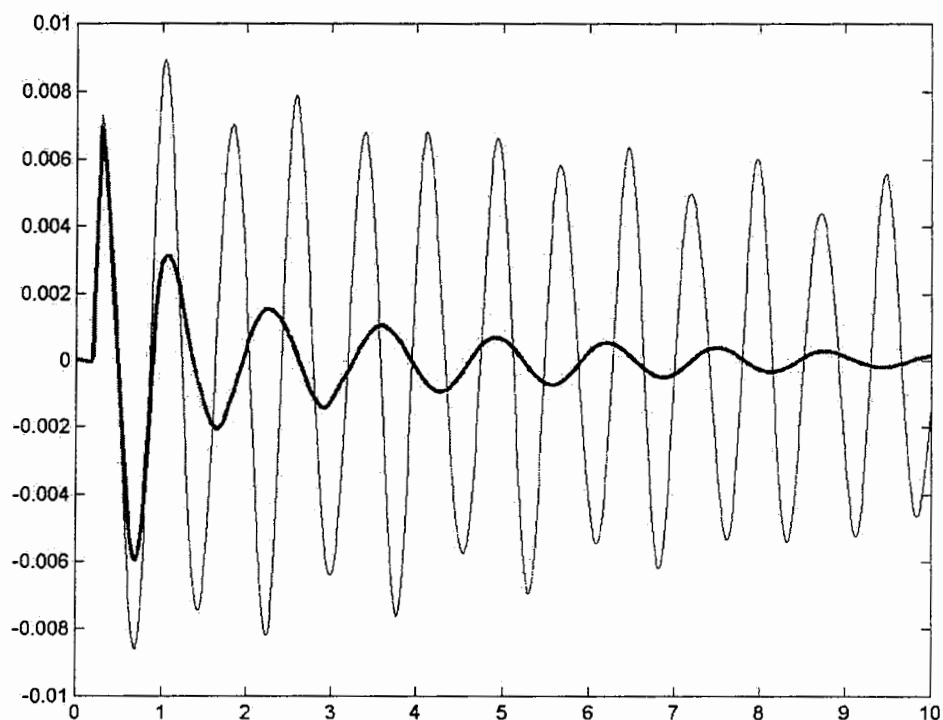
شکل (۳-۵) توان ژنراتور ۲



شکل (۴-۵): توان ژنراتور ۳



شکل (۵-۵): تغییرات سرعت ژنراتور ۲ از سرعت سنکرون



شکل (۵-۶): تغییرات سرعت ژنراتور ۳ از سرعت سنکرون

این روش اگرچه می تواند در بسیاری از مواقع جواب مناسبی را ایجاد نماید ولی از آنجا که مبتنی بر روشهای سعی و خطا و انتخاب تکراری پارامترهای سیستم فازی است ممکن است علاوه بر آنکه زمان نسبتاً زیادی را ببرد در نهایت پاسخ مناسبی را نیز ارائه ندهد. از سوی دیگر با افزایش تعداد پایدارسازهایی که می خواهیم آنها را به شکل هماهنگ طراحی کنیم، این پروسه بسیار زمانبر و طولانی خواهد شد.

برای حل این مشکل روش زیر را به عنوان تکمیل کننده روش فوق الذکر با استفاده از ANFIS بیان می کنیم.

۵-۲-۳-روش دوم:

در این روش برای تعیین پارامترهای سیستم فازی از ANFIS بهره می گیریم. بدین صورت که ابتدا با استفاده از روشهای گوناگون، مثل روش ارائه شده در مقاله [50] و یا روشهای ساده تر، سیگنال های کنترلی مناسب برای هر کدام از این پایدارسازها را معین نموده و سپس با تشکیل زوجهای مناسب ورودی-خروجی به آموزش یک سیستم فازی خام برای هر کدام از پایدارسازها بپردازیم. روالهای مورد نظر برای این امر به شرح زیر است:

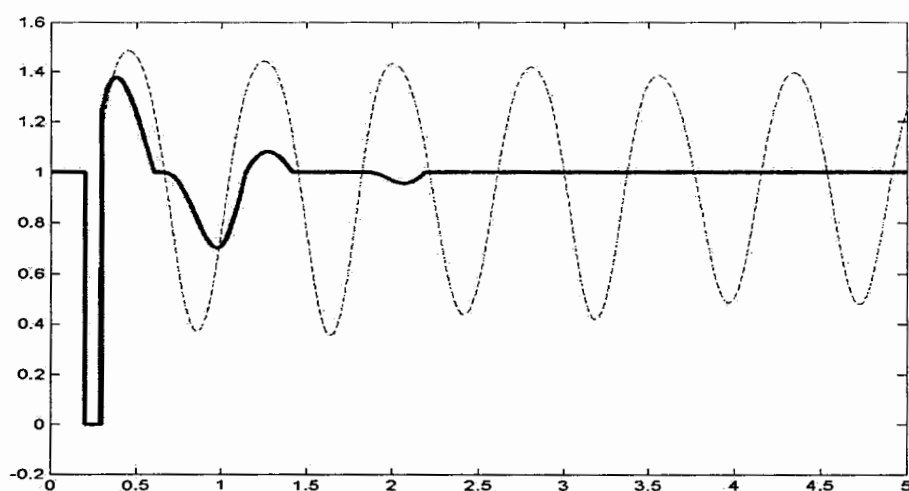
۱) تشکیل یک سیستم فازی خام و اولیه برای هر کدام از پایدارسازهای ژنراتورهای ۱ و ۲

۲) آماده سازی زوجهای مناسب ورودی-خروجی برای آموزش شبکه های ANFIS

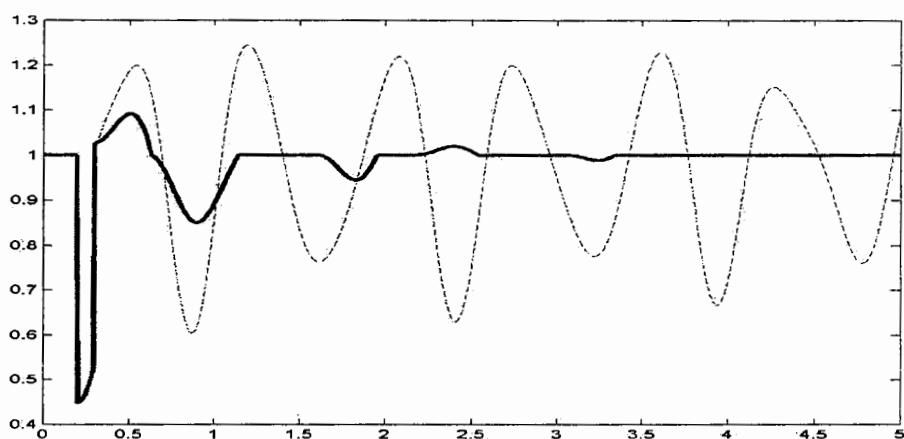
۳) آموزش سیستم فازی هر کدام از پایدارسازها

۴) اعمال سیستمهای بدست آمده به سیستم قدرت.

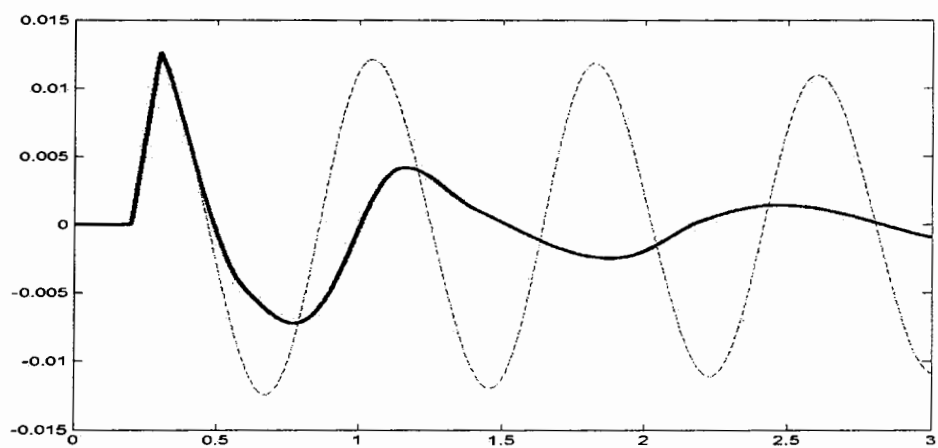
همانگونه که در روال فوق مشخص است این پروسه از یک استحکام خاص برخوردار است و نیاز به هیچ گونه روشهای مبتنی بر سعی و خطا در تعیین پارامترهای سیستم های پایدارساز هماهنگ ندارد و لذا در هر سیستم قدرتی قابل استفاده است. نکته مهم در این روش نحوه تهیه زوجهای ورودی-خروجی مناسب برای آموزش ANFPSS است که از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. نمودارهای موجود در شکل‌های (۵-۸) تا (۵-۱۱) اثر اعمال این پایدارسازهای هماهنگ را در یک سیستم قدرت نمایش می دهند. در این شکلها همانند حالت قبل خطوط پر نشان دهنده نمودارهای حاصل از اعمال هر دو پایدارساز هماهنگ شده است.



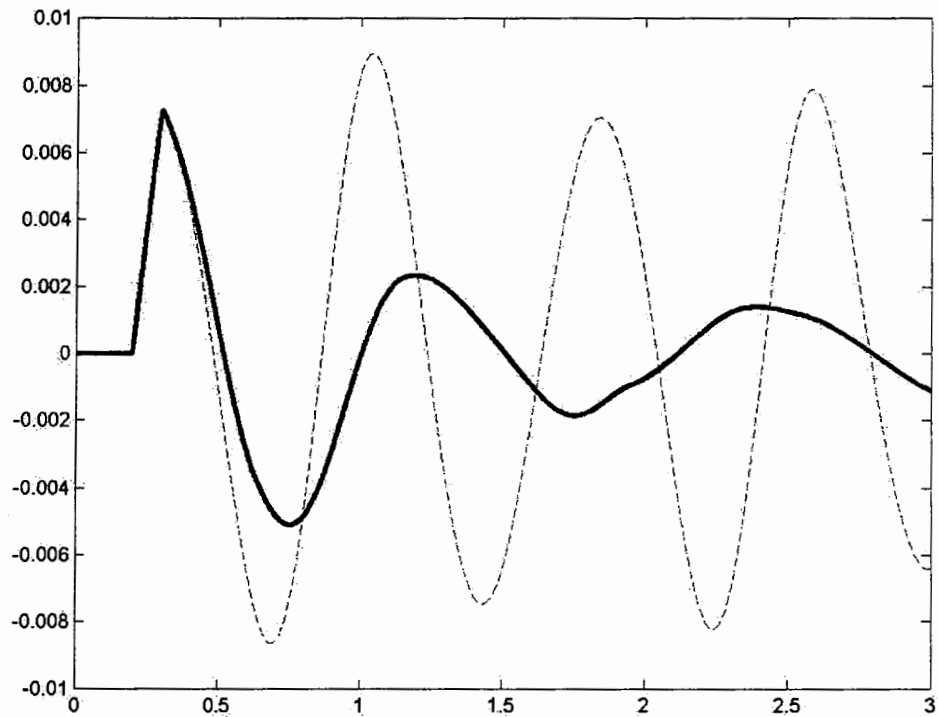
شکل (۵-۸) توان ژنراتور ۲



شکل (۵-۹) توان ژنراتور ۳



شکل (۵-۱۰) تغییرات سرعت ژنراتور ۲ از سرعت سنکرون



شکل (۵-۱۱): تغییرات سرعت ژنراتور ۲ از سرعت سنکرون

با توجه مجموعه بحث های ارایه شده در مورد این دو روش نکات زیر را بطور دسته بندی شده می توان از آنها استخراج نمود:

- (۱) روش اول اگرچه در سیستم های قدرت کوچک می تواند به خوبی پاسخ دهد و حتی در برخی مواقع پاسخ های مناسب تری نسبت به روش دوم داشته باشد ولی در سیستم های بزرگ و در حالتی که تعداد پایدارسازها عملاً زیاد شده اند ، کارایی چندانی نمی تواند داشته باشد و طراحی پایدارسازهای هماهنگ با این روش بسیار زمانبر است.

۲) مزیت عمده روش دوم عبارتند از: عدم نیاز به پروسه های سعی و خطا، کوتاهی زمان آموزش ANFPSS و در نتیجه زمان طراحی سیستم های هماهنگ و تطبیق با شرایط مختلف عملکرد سیستم.

۳) همچنین یکی دیگر از مزیت های روش دوم امکان توسعه حوزه عملکردی این پایدارساز است. برای این منظور کافی است که زوجهای ورودی-خروجی آموزش دهنده سیستم ANFPSS شامل همه حالت های عملکردی سیستم، که در بخش (۳-۴) بیان شد، باشند. در حالی که توسعه پایدارساز هماهنگ مبتنی بر روش اول نیاز به یک سیستم تطبیق دهنده دیگر مثل شبکه های عصبی دارد که در هر لحظه با انتخاب توابع عضویت مناسب، بهترین سیستم فازی را برای پایدارسازی سیستم قدرت ایجاد نماید.

۴) مزیت روش اول بر روش دوم این است که ممکن است برخی از مواقع یافتن زوجهای ورودی-خروجی برای آموزش ANFPSS چندان به راحتی صورت نپذیرد در این حالت بدلیل عدم انتخاب داده های آموزشی مناسب، ممکن است پروسه آموزش با شکست روبرو شده و سیستم نتواند کار خود را به خوبی انجام دهد.

فصل ششم

نتیجه گیری و پیشنهادات

مقدمه:

همانگونه که در بخشهای مختلف بیان گردید هدف از انجام این پایان نامه بدست آوردن روشهای هوشمند و منطبق بر شرایط سیستم های قدرت به جهت افزایش پایداری گذرا در این سیستمها است. مبحث پایداری در سیستم های قدرت از جمله مباحثی است که به کرات و در طول دهه های گذشته مورد توجه مهندسان و طراحان قدرت بوده است ولی با وجود این به دلیل اهمیت این موضوع توجه به روشهای جدید برای بهبود پایداری از طریق اعمال روشهای جدید کنترلی مورد نظر بوده است. به همین دلیل سعی ما بر این بوده که با استفاده از ANFIS یک روش موثر برای پایدارسازی سیستم های قدرت بیان کنیم که نتایج بدست آمده موید قدرت این روش است. نکته ای که باید در اینجا بدان اشاره شود این است که پایدارسازهای مبتنی بر ANFIS در مجموعه پایدارسازهای فازی قرار می گیرند. در این بخش مروری بر نتایج حاصل شده از این پروژه داریم و پیشنهاداتی را برای بهبود و ادامه این کار بیان می کنیم.

۶-۱- نتیجه گیری:

چندین گونه پایدارساز برای حالات مختلف و با استفاده از روش های گوناگون ارایه شده اند. به شکل کلی سیستم های فازی و نیز سیستم های آموزش یافته فازی با استفاده از شبکه های تطبیقی نتایج مناسبی را به همراه داشته اند. در ادامه به برخی از نتایج اشاره می کنیم:

- اولین نتیجه ای که از این پایان نامه حاصل شده افزایش حوزه عملکرد و بهبود کارکرد پایدارسازهای مبتنی بر سیستم های خبره نسبت به پایدارسازهای کلاسیک بوده است. یکی از مهمترین نتایج بدست آمده این است که سیستم های مبتنی بر ANFIS کمک بسیار زیادی به رفع یکی از مشکلات اساسی سیستم های فازی نموده است و آن عبارت است از عدم وجود روالهای سیستماتیک برای تعیین پارامترها با ایجاد و معرفی یک روش مناسب برای انتخاب توابع عضویت و پارامترهای سیستم های فازی از طریق آموزش یک سیستم فازی خام توسط زوج های ورودی-خروجی مناسب برای آن.
- با استفاده از این روش ضمن آنکه مزیت های سیستم های فازی قابل دستیابی است بدلیل کاهش زمان تعیین پارامترهای مناسب برای سیستم های فازی، سیستم های فازی قابل استفاده تر خواهند بود. به عبارت دیگر مرحله سعی و خطا جهت تعیین پارامترهای سیستم فازی به روش کاملاً سیستماتیک و مشخص تبدیل شده است.
- با استفاده از این روش و ایجاد پایدارسازهای ANFPSS، نتایج بدست آمده حاکی از قابل قبول بودن آنها- در مقایسه با سایر- روشها می باشد به گونه ای که در سیستم ۹ باسه مورد استفاده زمان پایدارسازی برای برخی از مولفه های سیستم مثل توان تولیدی

ژنراتورها، که از مهمترین مولفه های پایداری سیستم است، بطور متوسط کمتر از ۲ ثانیه می باشد.

- یکی دیگر از مسایلی که در این پایان نامه به آن توجه شده است ارایه یک مدل تحلیل و شبیه سازی مناسب برای سیستم های قدرت است. این شبیه سازی که با استفاده از سیمولینک انجام پذیرفته است به راحتی قابل استفاده برای کارهای آینده است و به آسانی می توان هر نوع کنترل به اعمال نمود. به عنوان مثال این مدل به گونه ای طراحی شده است که عناصر پایدار ساز دیگر همچون عناصر FACTS به راحتی قابل افزایش به آن خواهند بود.

۶-۲-پیشنهادهات:

در ابتدا باید ذکر نمود که با توجه به نتایج بدست آمده، بنظر می رسد که استفاده از سیستم های مبتنی بر ANFIS در سیستم های قدرت در هر جایی که قبلا توسط سیستم های فازی مورد توجه قرار گرفته بود می تواند باعث بهبود کارکرد شود. به عنوان مثال این سیستم های می توانند برای خطایابی در سیستم های قدرت و ... مورد استفاده قرار گیرد. در ادامه برخی از کارهایی که می تواند در ادامه این کار انجام گردد بیان می گردد:

- در فصل ۶ برای هماهنگ سازی سیستم های قدرت از این روش استفاد شد. به عنوان یک کار جدید می توان با استفاده از ANFIS این پایدارسازهای هماهنگ را به گونه ای آموزش داد که در مقابل تغییرات بزرگ شرایط عملکرد سیستم نیز از پایداری بهتری برخوردار باشند.
- در سیستم های قدرت بزرگ یکی از مسایل مورد توجه قرار دادن ادوات FACTS در این سیستم برای اهدافی همچون حذف مدهای بین ناحیه ای است. سیستم های کنترلی مبتنی بر ANFIS نیز می توانند جهت افزایش حوزه عملکرد این ادوات وارد عمل شوند و در بهبود پایداری نقش خود را ایفا کنند.
- یکی دیگر از مواردی که می تواند در ادامه این پروژه مورد توجه قرار گیرد ایجاد روال های هماهنگ کننده عملکرد PSS ها و ادوات کنترلی جدید تر همچون ادوات FACTS است. در این حالت پایداری سیستم می تواند به شکل قابل ملاحظه ای افزایش یابد.
- یکی از مسایلی که درباره پایدارسازهای ANFIS قابل ذکر است نیاز این پایدارسازها به یک سری داده به عنوان زوجهای ورودی-خروجی برای آموزش آن است. این امر می تواند با شبیه سازی سیستم انجام پذیرد ولی در صورتی که یک کنترلر از قبل در سیستم

موجود باشد می توان با استفاده از سیگنال های خروجی آن و نیز یک رابطه که میزان تغییرات آنرا با میزان دلخواه نشان می دهد، زوجهای مناسب ورودی-خروجی را بدست آورد این رابطه و معادلات مورد نیاز آن در مرجع [40] برای یک سیستم تک ماشینه مطرح گردیده است که می تواند به عنوان ادامه کار در سیستم های چندماشینه تعمیم داده شود و یا از این منطق-با پاره ای تغییرات- برای هماهنگ سازی بین پایدارسازها استفاده نمود.

پیوست ها

پارامترهای سیستم قدرت مورد استفاده

(۱) پارامترهای ژنراتور

Generator No.	1	2	3
Rated MVA	247.5	192.0	128.0
kV	16.5	18.0	13.8
H(sec)	23.64	6.4	3.01
Power Factor	1.0	0.85	0.85
Type	Hydro	Steam	Steam
Speed	180r/min	3600r/min	3600r/min
x_d	0.1460	0.8958	1.3125
x_d	0.0608	0.1198	0.1813
x_q	0.0969	0.8645	1.2578
x_q	0.0969	0.1969	0.25
x_l (leakage)	0.0336	0.0521	0.0742
T_{do}	8.96	6.00	5.89
T'_{qo}	0	0.535	0.600
Stored energy at rated speed	2364MW.s	640MW.s	301MW.s

همه مقادیر در ۱۰۰ مگا ولت آمپر بیان شده اند.

(۲) پارامترهای خطوط، ترانس ها و بارها

	Bus no.	Impedance		Admittance	
		R	X	G	B
Generators*					
No. 1	1-4	0	0.1184	0	-8.4459
No. 2	2-7	0	0.1823	0	-5.4855
No. 3	3-9	0	0.2399	0	-4.1684
Transmission lines					
	4-5	0.0100	0.0850	1.3632	-11.6041
	4-6	0.0170	0.0920	1.9422	-10.5107
	5-7	0.0320	0.1610	1.1876	-5.9751
	6-9	0.0390	0.1700	1.2820	-5.5882
	7-8	0.0085	0.0720	1.6171	-13.6980
	8-9	0.0119	0.1008	1.1551	-9.7843
Shunt admittances†					
Load A	5-0			1.2610	-0.2634
Load B	6-0			0.8777	-0.0346
Load C	8-0			0.9690	-0.1601
	4-0				0.1670
	7-0				0.2275
	9-0				0.2835

الف) برنامه نوشته شده برای مقدار دهی اولیه و تعیین پارامترهای سیستم قدرت شبیه سازی شده توسط سیمولینک.

```
% This file is crate for initialize SIMULINK models of power system
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
clc;
clear all;
format long;
j=sqrt(-1);
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%Definition Y MATRIX of Power System
y22(1,1)=3.3074-j*30.3937;
y22(1,2)=-1.3652+j*11.6041;
y22(1,3)=-1.9422+j*10.5107;
y22(1,4)=0;
y22(1,5)=0;
y22(1,6)=0;

y22(2,1)=-1.3652+j*11.6041;
y22(2,2)=3.8138-j*17.8426;
y22(2,3)=0;
y22(2,4)=-1.1876+j*5.9751;
y22(2,5)=0;
y22(2,6)=0;

y22(3,1)=-1.9422+j*10.5107;
y22(3,2)=0;
y22(3,3)=4.1019-j*16.1335;
y22(3,4)=0;
y22(3,5)=0;
y22(3,6)=-1.2820+j*5.5882;

y22(4,1)=0;
y22(4,2)=-1.1876+j*5.9751;
y22(4,3)=0;
y22(4,4)=2.8047-j*24.9311;
y22(4,5)=-1.6171+j*13.6980;
y22(4,6)=0;

y22(5,1)=0;
y22(5,2)=0;
y22(5,3)=0;
y22(5,4)=-1.6171+j*13.6980;
y22(5,5)=3.7412-j*23.6424;
y22(5,6)=-1.1551+j*9.7843;

y22(6,1)=0;
y22(6,2)=0;
```

$$\begin{aligned}y_{22}(6,3) &= -1.2820 + j*5.5882\text{؛} \\ y_{22}(6,4) &= 0\text{؛} \\ y_{22}(6,5) &= -1.1551 + j*9.7843\text{؛} \\ y_{22}(6,6) &= 2.4371 - j*19.2574\text{؛}\end{aligned}$$

%%%%%%%%%y12%%%%%%%%%

$$\begin{aligned}y_{21}(1,1) &= 0 + j*8.4459\text{؛} \\ y_{21}(1,2) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(1,3) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{21}(2,1) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(2,2) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(2,3) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{21}(3,1) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(3,2) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(3,3) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{21}(4,1) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(4,2) &= 0 + j*5.4855\text{؛} \\ y_{21}(4,3) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{21}(5,1) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(5,2) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(5,3) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{21}(6,1) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(6,2) &= 0\text{؛} \\ y_{21}(6,3) &= 0 + j*4.1684\text{؛}\end{aligned}$$

%%%%%%%%%y21%%%%%%%%%

$$\begin{aligned}y_{12}(1,1) &= 0 + j*8.4459\text{؛} \\ y_{12}(1,2) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(1,3) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(1,4) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(1,5) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(1,6) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}y_{12}(2,1) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(2,2) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(2,3) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(2,4) &= 0 + j*5.4855\text{؛} \\ y_{12}(2,5) &= 0\text{؛} \\ y_{12}(2,6) &= 0\text{؛}\end{aligned}$$

$$y_{12}(3,1) = 0\text{؛}$$

```

y12(3,2)=0؛
y12(3,3)=0؛
y12(3,4)=0؛
y12(3,5)=0؛
y12(3,6)=0+j*4.1684؛

```

```

%%%%%%%%%%
y11(1,1)=-j*8.4459؛
y11(1,2)=0؛
y11(1,3)=0؛

```

```

y11(2,1)=0؛
y11(2,2)=-j*5.4855؛
y11(2,3)=0؛

```

```

y11(3,1)=0؛
y11(3,2)=0؛
y11(3,3)=-j*4.1648؛

```

```

%%%%%%%%%%Calculate Reduction MTRIX%%%%%%%%%%

```

```

myy_reduc_bf= y11-y12*inv(y22)*y21؛

```

```

%%%%%%%%%%Definite Faulted BUS%%%%%%%%%%

```

```

y22f_1=y22؛
y22f_1(:,4)=0.0؛
y22f_1(4,:)=0.0؛
y22f=y22f_1؛

```

```

y12f_1=y12؛
y12f_1(2,4)=0.0؛
y12f=y12f_1؛

```

```

y21f_1=y21؛
y21f_1(4,2)=0.0؛
y21f=y21f_1؛

```

```

myy_reduc_f= y11-y12f*inv(y22f)*y21f؛

```

```

%%%%%%%%%%

```

```

y22f_a=y22؛
y22f_a(2,4)=0؛
y22f_a(4,2)=0؛
y22f_a(4,4)=1.6171-j*18.9559؛
y22f_a(2,2)=2.6262-j*11.8675؛

```

```

y22f=y22f_a؛

```

```

y12f_a=y12؛
y21f_a=y21؛

myy_reduc_af= y11-y12f_a*inv(y22f_a)*y21f_a؛

%%%%%%%%%%%%Definitaion of system Parameters%%%%%%%%

%Data Obtained From Load Flow
E1=1.0556؛
E2=1.0502؛
E3=1.0170؛
del0_1=2.2717؛
del0_2=19.7315؛
del0_3=13.1752؛

v1=1.04؛
v2=1.025؛
v3=1.025؛
tetv1=0؛
tetv2=0.16209؛
tetv3=0.08163؛
p1=0.71641؛
p2=1.63؛
p3=0.85؛

q1=0.27077؛
q2=0.06658؛
q3=-0.1087؛

e1=(v1+q1*xpd1/v1)+j*(p1*xpd1/v1؛
e2=(v2+q2*xpd2/v2)+j*(p2*xpd2/v2؛
e3=(v3+q3*xpd3/v3)+j*(p3*xpd3/v3؛

E1=abs(e1؛
E2=abs(e2؛
E3=abs(e3؛
del0_1=(angle(e1)+tetv1)*180/pi؛
del0_2=(angle(e2)+tetv2)*180/pi؛
del0_3=(angle(e3)+tetv3)*180/pi؛
%%%%%%%%%%%%Definition Fault time%%%%%%%%
tf=.2؛
tc=.4؛
%%%%%%%%%%%%Parametr of Power System%%%%%%%%

pm0_1=0.7162؛
pm0_2=1.6298؛

```

```

pm0_3=0.8504؛
H1=23.64؛
H2=6.4؛
H3=3.01؛
f0=60؛
M1=H1/(pi*f0؛(
M2=H2/(pi*f0؛(
M3=H3/(pi*f0؛(
ws=2*pi*f0؛
%%%%%%%%%%
xpd1=0.0608؛
xpd2=0.1198؛
xpd3=0.1813؛

xd1=0.1460؛
xd2=0.8958؛
xd3=1.3125؛
%%%%%%%%%%
D1=0؛
D2=0؛
D3=0؛
%%%%%%%%%%
Tpdo1=8.96؛
Tpdo2=6.00؛
Tpdo3=5.89؛
%%%%%%%%%%
epq0_1=E1؛
epq0_2=E2؛
epq0_3=E3؛

%%%%%%%%%%Definition Efd%%%%%%%%%%

alpha11=imag(yb11؛(
alpha12=imag(yb12)*cos((del0_1-del0_2)*pi/180)-real(yb12)*sin((del0_1-
del0_2)*pi/180؛(
alpha13=imag(yb13)*cos((del0_1-del0_3)*pi/180)-real(yb13)*sin((del0_1-
del0_3)*pi/180؛(
id0_1=epq0_1*alpha11+epq0_2*alpha12+epq0_3*alpha13؛
u1=epq0_1-(xd1-xpd1)*id0_1؛

alpha22=imag(yb22؛(
alpha21=imag(yb21)*cos((del0_2-del0_1)*pi/180)-real(yb21)*sin((del0_2-
del0_1)*pi/180؛(
alpha23=imag(yb23)*cos((del0_2-del0_3)*pi/180)-real(yb23)*sin((del0_2-
del0_3)*pi/180؛(
id0_2=epq0_1*alpha21+epq0_2*alpha22+epq0_3*alpha23؛
u2=epq0_2-(xd2-xpd2)*id0_2؛

```

```

alpha33=imag(yb33);
alpha31=imag(yb31)*cos((del0_3-del0_1)*pi/180)-real(yb31)*sin((del0_3-
del0_1)*pi/180);
alpha32=imag(yb32)*cos((del0_3-del0_2)*pi/180)-real(yb32)*sin((del0_3-
del0_2)*pi/180);
id0_3=epq0_1*alpha31+epq0_2*alpha32+epq0_3*alpha33;
u3=epq0_3-(xd3-xpd3)*id0_3;

Efd1=u1;
Efd2=u2;
Efd3=u3;

```

ب) تابع نوشته شده برای محاسبه ولتاژ باسها در هر گام شبیه سازی

```
function [sys,x0,str,ts] = sfuntmpl(t,x,u,flag)
```

```
switch flag,
```

```
%%%%%%%%%%%%%
```

```
% Initialization %
```

```
%%%%%%%%%%%%%
```

```
case 0,
```

```
    [sys,x0,str,ts]=mdlInitializeSizes(A);
```

```
%%%%%%%%%%%%%
```

```
%%%%%%%%%%%%%
```

```
case 3,
```

```
    sys=mdlOutputs(t,x,u,A);
```

```
case { 1, 2, 4, 9 }
```

```
    sys = []; % Unused flags
```

```
otherwise
```

```
    error(['Unhandled flag = ',num2str(flag)]);
```

```
end
```

```
% end sfuntmpl
```

```
%
```

```
function [sys,x0,str,ts]=mdlInitializeSizes(A)
```

```
%
```

```
sizes = simsizes;
```

```
sizes.NumContStates = 0;
```

```
sizes.NumDiscStates = 0;
```

```

sizes.NumOutputs = 6;
sizes.NumInputs = 12;
sizes.DirFeedthrough = 1;
sizes.NumSampleTimes = 1; % at least one sample time is needed

sys = simsizes(sizes);
% initialize the initial conditions
x0 = [];

%
% str is always an empty matrix
%
str = [];

%
% initialize the array of sample times
%
ts = [0 0];
%
function sys=mdlDerivatives(t,x,u)

sys = [];

% end mdlDerivatives
function sys=mdlUpdate(t,x,u)

sys = [];

%

function sys=mdlOutputs(t,x,u,A,d,f)

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
y11%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

y22(1,1)=3.3074-j*30.3937;
y22(1,2)=-1.3652+j*11.6041;
y22(1,3)=-1.9422+j*10.5107;
y22(1,4)=0;
y22(1,5)=0;
y22(1,6)=0;

y22(2,1)=-1.3652+j*11.6041;
y22(2,2)=3.8138-j*17.8426;
y22(2,3)=0;
y22(2,4)=-1.1876+j*5.9751;
y22(2,5)=0;
y22(2,6)=0;

y22(3,1)=-1.9422+j*10.5107;

```

```

y22(3,2)=0;
y22(3,3)=4.1019-j*16.1335+yjupfc;
y22(3,4)=0;
y22(3,5)=0;
y22(3,6)=-1.2820+j*5.5882;

```

```

y22(4,1)=0;
y22(4,2)=-1.1876+j*5.9751;
y22(4,3)=0;
y22(4,4)=2.8047-j*24.9311;
y22(4,5)=-1.6171+j*13.6980;
y22(4,6)=0;

```

```

y22(5,1)=0;
y22(5,2)=0;
y22(5,3)=0;
y22(5,4)=-1.6171+j*13.6980;
y22(5,5)=3.7412-j*23.6424;
y22(5,6)=-1.1551+j*9.7843;

```

```

y22(6,1)=0;
y22(6,2)=0;
y22(6,3)=-1.2820+j*5.5882;
y22(6,4)=0;
y22(6,5)=-1.1551+j*9.7843;
y22(6,6)=2.4371-j*19.2574+yiupfc;
%%%%%%%%%%y12%%%%%%%%%%
y21(1,1)=0+j*8.4459;
y21(1,2)=0;
y21(1,3)=0;

```

```

y21(2,1)=0;
y21(2,2)=0;
y21(2,3)=0;

```

```

y21(3,1)=0;
y21(3,2)=0;
y21(3,3)=0;

```

```

y21(4,1)=0;
y21(4,2)=0+j*5.4855;
y21(4,3)=0;

```

```

y21(5,1)=0;
y21(5,2)=0;
y21(5,3)=0;

```



```

y21(6,1)=0;
y21(6,2)=0;
y21(6,3)=0+j*4.1684;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
y12(1,1)=0+j*8.4459;
y12(1,2)=0;
y12(1,3)=0;
y12(1,4)=0;
y12(1,5)=0;
y12(1,6)=0;

```

```

y12(2,1)=0;
y12(2,2)=0;
y12(2,3)=0;
y12(2,4)=0+j*5.4855;
y12(2,5)=0;
y12(2,6)=0;

```

```

y12(3,1)=0;
y12(3,2)=0;
y12(3,3)=0;
y12(3,4)=0;
y12(3,5)=0;
y12(3,6)=0+j*4.1684;

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%55
y11(1,1)=-j*8.4459;
y11(1,2)=0;
y11(1,3)=0;

```

```

y11(2,1)=0;
y11(2,2)=-j*5.4855;
y11(2,3)=0;

```

```

y11(3,1)=0;
y11(3,2)=0;
y11(3,3)=-j*4.1648;

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
y22f_1=y22;
y22f_1(:,4)=0.0;
y22f_1(4,:)=0.0;
y22f=y22f_1;

```

```

y12f_1=y12;
y12f_1(2,4)=0.0;
y12f=y12f_1;

```

```

y21f_1=y21;
y21f_1(4,2)=0.0;

```

```

y21f=y21f_1;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

y22f_a=y22;
y22f_a(2,4)=0;
y22f_a(4,2)=0;
y22f_a(4,4)=1.6171-j*18.9559;
y22f_a(2,2)=2.6262-j*11.8675;

y22af=y22f_a;

y12af=y12;

y21af=y21;

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%This Part Calculate Voltage
e1_input_rel(1,1)=u(1)+i*u(2);
e1_input_rel(2,1)=u(3)+i*u(4);
e1_input_rel(3,1)=u(5)+i*u(6);

if t<u(7)

    V_bus_rel=(y22^-1)*(-y21*e1_input_rel);
    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%end of first of if
elseif t>u(8)

    V_bus_rel=(y22^-1)*(-y21*e1_input_rel);

    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%end of elseif
else %during fault

    V_bus_rel=(y22f^-1)*(-y21f*e1_input_rel);
    V_bus_rel(4)=0;

end;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%end of all of if

krel=real( V_bus_rel);

sys=krel;

function sys=mdlTerminate(t,x,u)

sys = [];

% end mdlTerminate

```

منابع و مراجع

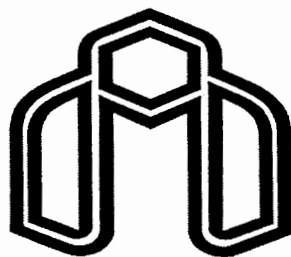
منابع و مراجع :

- [1] N.Hosseinzadeh, A.Kalam, 'A direct Adaptive fuzzy power system stabilizer', 14th International Conference on Advances in Power system control, Operation and Management, Hong Kong, November 1997
- [2] M.A.Abido, Y.L.Abdel-Majid, "ANALYSIS And Design of System Stabilizers and FACTS Based Stabilizers Using Genetic Algoritms', 14th PSC, Sevilla, 24-28 June 2002
- [3] K.Hongesombut, Y.Mitani and K.Tsuji, 'Power System Stabilizer Tuning in Multimachine Power System Based on Minimum Phase Control Loop Method and genetic aloritms', 14th PSC, Sevilla, 24-28 June 2002
- [4] N.Hosseinzadeh , A.Kalam, 'Performance of a self-tunning fuzzy-logic power system stabilizer in a multimachinw system,' Monash University ,Malaysia
- [5] P.Hoang, K.Tomsovic, 'Design and analysis of an adaptive fuzzy power system stabilizer', IEEE Transaction on Energy Conversion, Vol. 11, No 2, June 1996
- [6] I.Kamva, G.Trudel, L. Gerin-Lajoie, 'Robust Design ana Coordination of multiple damping controllers using nonlinear constrained optimization', IEEE Transaction on power systems, Vol. 15, No. 3, August 2000
- [7] L.J.Cai, I.Erlich, 'Simultaneous coordination tuning of PSS and FACTS controllers for damping power system oscillations in multimachine systems', University of Duisburg, Essen, 47057, Germany.
- [8] D.Menniti, A.Burgio and etc, 'Damping oscillation improvement by fuzzy power system Stabilizers tuned by Genetic Algoritms', 14th PSCC, Sevilla, 24-28 june 2002
- [9] Jyh-Shing Roger Jang, 'ANFIS: Adaptive Network Based Fuzzy Inference System' University of California, Berkeley, CA 94720
- [10] P.K.Dash, Stella Morries, and S.Mishra, 'Design of a non linear variable-gain fuzzy controller for FACTS device', IEEE Transaction on control system technology, VOL.12, NO.3 , MAY 2004
- [11] S.J.Sajjadi, M.Hasan Mohsenninejad and Saeed Afsharnia, ' Effects of series and shunt FACTS device in transient stability enhancement of Multi-Machine power Systems' ,AUPEC2003
- [12] J.M.Ghandhari, G.Anderson, A.Hiskens, Control Lyapunov Function for controllable series Device', IEEE Transaction on power system , VOL.16 , NO.4 November 2001.

- [13] F.W.Koch,I.Erich, F.Schwarega, 'Dynamics Simulation of Large Wind Frams Integrated in a Multi-Machine Network', IEEE,2003
- [14] R.J.Davy and A.Hiskens, ' Leyapunov functions for Multimachine Power system with Dynamic loads', IEEE Transaction on Circuit and Systems, VOL. 44, NO. 9, September 1997
- [15] A.Hariri, O.P.Malik, 'Implementation and real time studies with a self learning adaptive network based fuzzy logic PSS' , 14th PSCC,sevila, 24-28 June 2002
- [16] P.Pourbelik, M.J.Gibbard, 'Simultaneous Coordination of Power System stabilizers and FACTS device stabilizers in a Multimachine power system for Enhancing dynamic performance', IEEE Transaction on Power Systems, Vol.13, NO. 2, May 1998
- [17] I.Kamwa, G.Trudel, L.G.Lajoie, 'Robust design and coordination of multiple damping controllers using nonlinear constraint optimization', IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 15, No. 3,August 2000
- [18] G.Dell'Acqua, R.Abbondanti, 'Adaptive neuro fuzzy inference system for highway accidents analysis' ,Departemant of Transportation Engineering
- [19] W.Lui, G.K.Venayagamoorthy, D.C.Wunsch, 'Adaptive neural networkbased power system stabilizer design' , University of Missouri-Rolla
- [20] Ramnarayan Patel ,T.S Bahatti, D.P.Kothari, 'MATLAB/SIMULINK based transient stability analysis of a multimachine power system' , IJEE,2004
- [21] A.Andrcoiu, K.Bhattacharya, 'Genetic algorithm based tuning of PID power system stabilizers' ,14th PSCC, Sevilla ,24-28 June 2002
- [22] P.M.Anderson, A.A.Fouad, 'Power system control and stability Second Edition' , Willy Interscience Press, 2003
- [23] P.Sh. Kundur, 'Power System Stability and control'
- [24] P.Bergen, 'Power System Stability and Control'
- [25] Ju-chirl Park, MODELING AND SIMULATION OF SELECTED DISTRIBUTED GENERATION SOURCES AND THEIR ASSESSMENT, Thesis submitted to the College of engineering and Mineral Resources at West Virginia University, 1999
- [26] G.K.Venayagamoorthy Member,*R.G.Harley Fellow, IEEE,D.C.Wunsch Senior Member, Dual Heuristic Programming Excitation Neurocontrol for Generators in a Multimachine Power System, 2001 IEEE
- [27] Adaptive Cruise Control and Driver ModelingJohan Bengtsson,Department of Automatic Control Lund Institute of TechnologyLund, November 2001
- [28] Antoine Vidalinc, 'On-Line Transient Stability Analysis of a Multi-Machine Power System Using the Energy Approach', Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute And State University, July 15, 1997 Blacksburg, Virginia

- [29] A.S.Bazanella,A.S.Silva, 'Self tuning stabilizer based on pole assignment for multi machine power system' ,Department of Electric Engineering ,UFRGS, Revista control and Automatic Vol. 11, No. 2, 2000
- [30] Goran Andersson,'Modelling and Analysis of Electric Power Systems' , EEH - Power Systems Laboratory ETH Z'urich, March 2003
- [31] M. Chetty and N. Trajkoski, 'A DISCRETE MODE FUZZY POWER SYSTEM STABILIZER' , Department of Electrical and Computer Systems Engineering, Monash University Clayton, VIC- 3168, AUSTRALIA
- [32] Aaron Francis Snyder , 'Inter-Area Oscillation Damping with Power System Stabilizers and Synchronized Phasor Measurements' ,Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University ,in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Electrical Engineering
- [33] Aleksandar M. Stankovic', Member, IEEE, and Timur Aydin, 'Analysis of Asymmetrical Faults in Power Systems Using Dynamic Phasors',IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 15, NO. 3, AUGUST 2000
- [34] Nikola K. Kasabov , 'On-line learning, reasoning, rule extraction and aggregation in locally optimized evolving fuzzy neural networks' , Department of Information Science, University of Otago, P.O. Box 56, Dunedin, New Zealand
- [35] A.Anderson, 'Genetic Algorithm Based Design of power system Stabilizer' , Departement of power electric Engineering , Swedden
- [36] Yi Guo, David J. Hill, and Youyi Wang, 'Global Transient Stability and Voltage Regulation for Power Systems' , , IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 16, NO. 4, NOVEMBER 2001
- [37] Ji-Chang Lo, and Yu-Min Chen, 'Stability Issues on Takagi–Sugeno Fuzzy Model—Parametric Approach' ,IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 7, NO. 5, OCTOBER 1999
- [38] Lijun Cai, István Erlich, 'COORDINATION BETWEEN TRANSIENT AND DAMPING CONTROLLER FOR SERIES FACTS DEVICES USING ANFIS TECHNOLOGY' ,Department of Electrical Engineering,University of Duisburg-Essen, 47057, Germany.
- [39] Attila NEMES and Béla LANTOS, 'GENETIC ALGORITHM-BASED OPTIMISATION OF FUZZY LOGIC SYSTEMS FOR DYNAMIC MODELLING OF ROBOTS' ,Department of Control Engineering and Information Technology,PERIODICA POLYTECHNICA SER. EL. ENG. VOL. 43, NO. 3, PP. 177–187 (1999)
- [40] Pete Sauer, M. A. Pai, Stephen Fernandes, 'Real Time Control of Oscillations of Electric Power Systems' , September 1996, Power Systems Engineering Research Consortium (PSerc), Cornell University, Ithaca, NY 14853
- [41] M. Aldeen and H. Trinh, 'DESIGN OF A DISTRIBUTED POWER SYSTEM STABILISER' , Department of Electrical and Electronic Engineering,
- [42] J.Amomoh, K.Tomosovic, 'Overview and literature survey of fuzzy set theory in power systems' , IEEE Transaction on power system Vol. 10, No. 3,August 1995
- [43] CIGRe Technical Brochure, 'Advanced Angle Stability Controls' ,Task Force 17 of Advisory Group 02 of Study Committee 38,December 1999

-
- [44] A.Shahrestani , M.H.Nagrial, 'An Adaptive neuro fuzzy approach to motion control' ,university of western ,sydeny
 - [45] Kevin Tomsovic, 'STABILITY ANALYSIS METHODS OF FUZZY LOGIC CONTROLS FOR POWER SYSTEMS' ,School of Electrical Engineering and Computer Science Washington State University, Pullman, WA 99164-2752



دانشگاه صنعتی شاهرود

Shahrood University of Technology
Department of Electric and Robotics

**Thesis submitted for the degree of Master of Sciences in Power
Electrical Engineering**

Title:

Coordination of Power System Stabilizers in Multi-Machine Power system Using Adaptive Fuzzy

Supervisors:

Dr. Ali Akbar Ghareveici
Dr. Ahmad Darabi

By:

Mehdi Monadi

September 2004

ABSTRACT

Power systems should be enabling to stay in stable condition after a large or small disturbance. So Power system Stabilizer is used and improving control method of PSS are very important. Power system stabilizers (PSS) must be capable of providing appropriate stabilization signal over a board range of operation conditions and disturbances. Recently Fuzzy logic as a novel robust control design method is used and FPSS has a good answer for generate appropriate control signal. To improver performance of FPSS and extension its operation range some method are used to adapt FPSS against change in power system conditions or disturbance. In this thesis we used adaptive network based Fuzzy inference system. If ANFPSS has a good learning data, it would have a wide range of operation. Furthermore ANFPSS has a systematic Algorithm for determine its parameter and it is other advantage of this type of power system stabilizers. We simulate ANFPSS on a 9 bus power system. Result show that this PSS has a good accuracy and is robust against change in power system operation.

Key words: Power System Stability, Fuzzy Power System Stabilizer, Multi-Machine Power System, Adaptive Networks Based Fuzzy Inference System