# برسی عملکرد رله های دیستانس مبتنی براستفاده ازشبکه های عصبی وعصبی فازی

حمید افرادی ، جواد ساده
دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گناباد – دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده :
آشنائی بیشتر با مزایای شبکه های عصبی و سیستم های فازی و نواقص موجود د رعملکرد رله های دیستانس باعث شده تا استفاده از شبکه های عصبی جهت بهبود عملکرد رله دیستانس مورد توجه بسیاری از متخصصان قرار گیرد . در این راستا با استفاده از شبکه های مختلف عصبی و ترکیب آن با سیستم های فازی توانسته اند به مقدار قابل توجهی از نواقص موجود در رله های دیستانس کاسته و در نهایت رله ای دقیقتر و سریعترنتیجه بگیرند. در این مقاله سعی شده تا نمونه هائی از شبکه های عصبی و عصبی – فازی مورد استفاده در این رله ها و نحوه استفاده از آنها مورد بررسی و مقایصه قرار گیرند.

**کلمه های کلیدی**: رله دیستانس, شبکه های عصبی ، شبکه های عصبی – فازی ، پس انتشار خطا

**۱ - مقدمه**

از ارکان اساسی هر سیستم قدرت خطوط انتقال آن می باشد که وظیفه انتقال توان تولید شده توسط واحدهای تولیدی به مراکز مصرف را دارد. افزایش مداوم ظرفیت خطوط انتقال انرژی نقش آنان را در شبکه سراسری پیش از پیش فزونی می بخشد .بهمین دلیل بهره برداری مداوم و مطمئن خطوط انتقال انرژی تنها به کمک رله های حفاظتی حساس و اطمینان بخش امکان پذیر خواهد بود .پایه و اساس رله های حفاظتی خطوط را حفاظت دیستانس تشکیل می دهد، این رله بصورت ذاتی تغییرات امپدانس در طول خط انتقال انرژی با اندازه گیری مقادیر ولتاژ و جریان در محل رله محاسبه می نماید و از روی مقادیر امپدانس در نهایت تصمیم به قطع و یا ادامه فعالیت خط انتقال را صادر خواهد نمود.تغییرات شرایط عملکرد سیستم قدرت می تواند باعث اشتباه در تخمین دقیق مقدار امپدانس شده که در نهایت باعث عدم عملکرد صحیح رله خواهد شد. بااستفاده از شبکه های عصبی مصنوعی در حفاظت دیستانس می توان انواع مختلف خطاهای بوجود آمده در خطوط انتقال را با موفقیت دسته بندی نمود.یک ویژگی اساسی شبکه های عصبی در حفاظت دیستانس این است که می توان از این شبکه ها بعنوان طبقه بندی کننده الگو استفاده نمود . این خاصیت مهم شبکه های عصبی باعث افزایش سرعت و دقت در عملکرد رله خواهد شد. با تلفیق این شبکه ها با سیستم های فازی که امکان

فرموله کردن مقدار تعلق ورودی ها را دارد میتوان درجه عضویت و اهمیت هر ورودی را مشخص کرد. تلفیق این دو یادگیری بهتر و کامل شدن صلاحیت یادگیری شبکه ها ی عصبی را در بر خواهد داشت . ازجمله مشکلات پیش روی این شبکه ها افزایش تعداد قوانین با زیاد شدن تعداد ورودیها می باشد ، که در این مقاله سعی شده روشهای گوناگونی که جهت فشرده کردن ساختار این شبکه ها موجود می باشد مورد بحث قرار گیرد.

با استفاده از این شبکه ها نه تنها موفق به تشخیص سریع وقوع خطا خواهیم شد بلکه قادر خواهیم بود مکان خطا را نیز با دقت نسبتاً خوبی برای انواع خطاهای LLL (سه فاز به زمین) ، LLG (دو فاز به زمین) ، LL (دو فاز با هم) ، LG (تک فاز به زمین) بوجود آمده بر روی خطوط انتقال تعین نمود و با تکمیل این روش حتی قادربه تشخیص خطا در دو طرف رله و هر دو جهت خواهیم شد.

در اداامه روشها و شبکه های مختلفی که در حفاظت دیستانس مورد استفاده قرار می گیرد بررسی خواهند شد.

## ۲- استفاده از شبکه عصبی – فازی در طراحی رله دیستانس

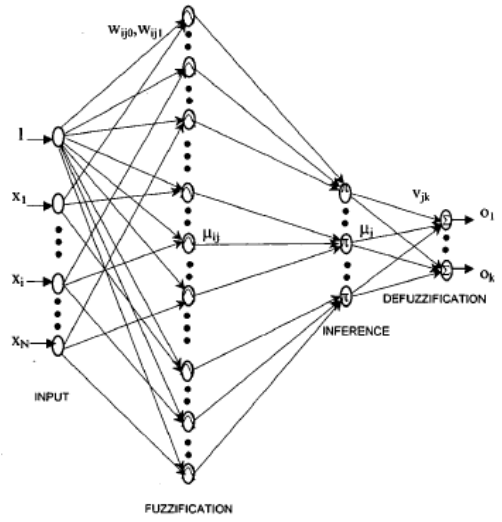
رله دیستانس با دریافت ولتاژهای و جریانهای خط انتقال در محل رله و با در نظر گرفتن مقاومت خطا در محل وقوع آن قادر به تشخیص محل و نوع خطا خواهد بود . همانطور که ذکر شد استفاده همزمان از شبکه عصبی و سیستم های فازی در کنار یکدیگر این امکان را می دهد که بتوان از مزیتهای هر دو استفاده و از معایب آن دوکم کرد . در روش FNN ( شبکه عصبی – فازی) مورد استفاده از شبکه عصبی بدلیل توانائی برای یادگیری و تعمیم الگوها برای تعلیم ، و از نظریه فازی برای بهبود عملکرد درونی سیستم و فرموله کردن مقدارتعلق ورودی ها استفاده شده است . درجه عضویت و اهمیت هر وروی بوسیله این سیستم ها که توسط قوانین اگر آنگاه فازی بوجود می آیند تحت تاثیر قرار می گیرد و در نهایت ساختار ساده ای برای استفاده در رله بدست آمده است . در این روش از الگوریتم پس انتشار خطا جهت تعلیم شبکه عصبی استفاده شده است . دسته بندی و تعیین موقعیت برای انواع خطاها با استفاده از FNN های گوناگون میسر شده است که این خود نه تنها باعث سرعت بخشیدن عملکرد رله شده بلکه بر دقت تشخیص محل خطا نیز بمیزان قابل توجه ای افزوده است .

| Fault type | $R_f$=0Ω | | | $R_f$=10Ω | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | a | b | c |
| ag | ۰,۹۹۳۲ | ۰,۰٤۳۲ | ۰,۰۳۸٦ | ۰,۹٤۹۲ | ۰,۰٤٦٥ | ۰,۰٤۰۳ |
| bg | ۰,۰۱۳۳ | ۰,۹۸٤٥ | ۰,۰۳۳٦ | ۰,۰۱۳۲ | ۰,۹٦۰۷ | ۰,۰۳٤۸ |
| cg | ۰,۰٥۸۲ | ۰,۰۱۸۷ | ۰,۹۷۳٤ | ۰,۰٦۸۷ | ۰,۰۱۹۲ | ۰,۹٤٥۳ |
| ab | ۱,۰٥۰۳ | ۱,۰٤۳٥ | -۰,۰۳٦۰ | ۱,۰۳۳٤ | ۱,۰۰۲۳ | -۰,۰۳۷۷ |
| bc | -۰,۰٥۸۷ | ٤,۰٤۲۱ | ۱,۰٤۲٦ | -۰,۰٦٤۱ | ۱,۰۲٥٤ | ۱,۰۳۳۸ |
| ca | ۱,۰۳٥٦ | -۰,۰٤۳۰ | ۱,۰۳۸۳ | ۱,۰۱۲۹ | -۰,۰۳۷۱ | ۱,۰۱۷۰ |
| abc | ۰,۹۹٤۳ | ۰,۹۹۳٦ | ۰,۹۸۳۸ | ۰,۹۹٤۰ | ۰,۹۹۳۹ | ۰,۹۸۳٦ |

رله دیستانس برای شرایط متفاوت از جمله مقادیر مختلف مقاومت خطا ، مکان های مختلف خطا و خطاهای گوناگون استفاده شده است.

خطا برای تعیین قوانین فازی استفاده گردیده است. ترکیب منطق فازی با شبکه عصبی باعث قدرتمند شدن یادگیری و کامل کردن صلاحیت یادگیری آن خواهد شد.

از جمله مشکلات قابل ذکر شبکه فوق این است که با افزایش ورودی ها بر تعداد قوانین بصورت قابل توجه ای افزوده خواهد شد . مثلاً با سه ورودی تعداد هفده قانون جهت تعلیم لازم می باشد به منظور کوچک کردن ساختار و ساده کردن آن از یک استراتژی حذف قوانین و نرونهای اضافی استفاده شده است . در این ساختار [1] عمل دسته بندی و تعین موقعیت خطا توسط FNN های مختلفی انجام شده و ورودی همه شبکه ها مقدار های ولتاژ و جریان نمونه گیری شده د رمحل رله می باشد. بااستفاده از نرم افزار EMTDC برای شبیه سازی خطاهای متفاوت و در نهایت تست رله




**شکل ۱**

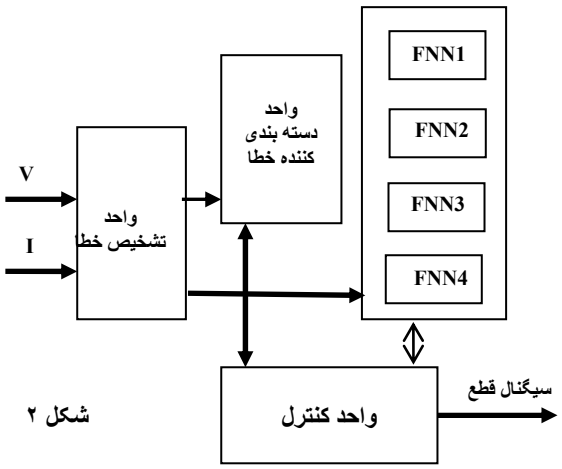
### ۲ -۱-شبکه عصبی فازی

این شبکه همانطور که در شکل (۱) نشان داده شده است از چهار لایه تشکیل شده که عبارتند از ۱ . لایه ورودی ۲ . لایه فازی کننده ۳ . لایه استنتاج ۴. لایه غیر فازی کننده.

هر نرون در لایه فازی کننده یک تابع فازی برای هر یک از بردارهای ورودی تولید می کند. بعلاوه این شبکه نروفازی می تواند تعداد N ورودی با N نرون در لایه ورودی و R قانون با R نرون در لایه استنتاج و N*R نرون در لایه فازی کننده و K نرون در لایه خروجی داشته باشد. همانطور که قبلاً نیز استفاده شد ، از الگوریتم پس انتشار خطا که استفاده آن در شبکه های عصبی متداول است برای تعلیم استفاده شده است. [1]

## ۲ -۲ - طرح حفاظت دیستانس

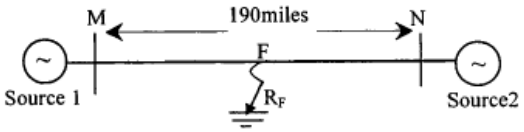
طرح پیشنهادی برای حفاظت دیستانس در شکل(۲) نشان داده شده است.




جدول ۱

شکل ۲

زمانی که خطا در طول خط انتقال اتفاق می افتد، واحد کشف خطا بسرعت فعال شده و پس از آن این واحد قسمت دسته بند ی کننده خطا را فعال خواهد نمود .پس از آن واحد کنترل یکی از چهار شبکه عصبی موجود در واحد تعیین کننده موقعیت خطا را که برای چار نوع خطای LG LL , LLG , LLL در نظر گرفته شده را تحریک خواهد کرد. در پایان واحد کنترل با توجه به اطلاعات بدست آمده از واحدهای دسته بندی کننده و تعین کننده موقعیت تصمیم قطع یا عدم آنرا صادر خواهد نمود. برای بررسی عملکرد حفاظت پیشنهاد شده بر اساس شبکه های عصبی یک خط انتقال بطول ۱۹۰ مایل و با ولتاژ ۲۳۰ کیلو ولت در نظر گرفته شده و ازبسته نر م افزاری EMTDC جهت تولید اطلاعات ورودی و شبیه سازی حفاظت دیستانس استفاده شده است. در شکل(۳) نمائی از خط انتقال فوق نشان داده شده است.




## ۲ -۳ - تعلیم و تست شبکه عصبی دسته بندی کننده.

تکنیک حفاظت سیستم قدرت برای تشخیص شرایط سیستم با استفاده از سیگنالهای جریان و ولتاز سه فاز نمونه گیری شده در محل رله بکار گمارده می شود . وظیفه اصلی رله دیستانس شناخت و دسته بندی خطاهای اتفاق افتاده در طول خط و درصورت نیاز قطع خط انتقال از مدار می باشد. با استفاده ازشبکه عصبی انجام عمل فوق امکان پذیر گشته است .البته انتخاب مناسب ترکیبات برای شرایط خاص یکی از موضوعات کلیدی در طراحی شبکه عصبی است.

در الگوریتم ذکر شده در مرجع [1] ازسیگنالهای ولتاژو جریان که در محل رله نمونه گیری می شود برای تصمیم قطع در شرایط وجود خطا در شبکه قدرت استفاده می شود. در این کار از شبکه عصبی به عنوان دسته بندی کننده خطا برای حفاظت ۸۰٪ از طول خط فشار قوی استفاده شده است. ورودی شبکه شش سیکنال نمونه گیری شده در محل رله و خروجی آن برابر با تعداد فازها است(a,b,c) . در طول تعلیم فرض شده که سیگنال خروجی تنها دو مقدار صفر و یک را اخذ کند که نشان دهنده وجود ویا عدم وجود خطا خواهد بود. برای مثال، اگر خطای فاز به فاز مثلا اگر خطای فاز به فاز ، بین فازهای a و c رخ دهد خروجی شبکه باید [1 0 1 ] بدست آید. با انتخاب چهل ونه الگوی آموزش شبکه عصبی قادر به شناسائی خطا در ۱۰ ،۴۰ و ۸۰٪ از طول خط برای شرایط متفاوت خطاو انواع خطاهای ag bc , ac , ab , cg , bg و abc خواهد بود .

در این دسته بندی کننده ، تشخیص خطا زمانی اتفاق می افتد که عدد خروجی شبکه عصبی – فازی بیشتر از ۰,۵ باشد. نتایج تست بدست آمده برای ۶۰٪ از طول خط در جدول (۱) آمده است . نتایج برای دو حالت مقاومت خطای ۰ و ۱۰ در جدول آمده است.

با مشاهده نتایج درج شده در این جدول می توان دید که FNN توانسته است با دقت خوبی خطا ها را دسته بندی کند. این شبکه عصبی قادر به تشخیص خطا تحت شرایط متفاوت از جمله ، مقاومت اتصال زمین متفاوت و مکانهای گوناگون رخداد خطا است که با دقت خوبی این کار صورت می گیرد.

همانطور که گفته شد واحد دسته بندی کننده قادر به تشخیص خطای فاز به زمین نیز می باشد و برای همین نیز این واحد از قسمت تشخیص خطای زمین نیز تشکیل شده است . زمانی خطای زمین تشخیص داده می شود که مقدار عددی حاصل از رابطه (۱) که در واحد تشخیص خطای زمین محاسبه می گردد بیشتر از ۰,۰۵ باشد .

$$Index1 = \frac{|Ia + Ib + IC|}{median(|Ia|,|Ib|,|Ic|)}$$

رابطه ۱

## ۲- ٤ - تعلیم و تست FNN ها برای واحد تعین کننده موقعیت

بعد از مشخص شدن نوع خطا توسط واحد دسته بندی کننده خطا ، واحد کنترل واحد تعین کننده موقعیت را فعال خواهد نمود و در حقیقت شبکه عصبی متناظر با آن نوع خطا فعال شده و محل خطا محاسبه خواهد شد. در جدول (۲) نتایج بدست آمده برای خطای نوع LLL (سه فاز) در طول خط نشان داده شده است .با بررسی مقدار خطای مکان یابی خط برای انواع مختلف خطاها مشخص گردیده که هیچگاه خطای تعیین موقعیت اتصال کوتاه از ۸٪ بیشتر نشده است.

لازم بذکر است که مقدار خطا از رابطه (۲) محاسبه شده است

.

**جدول ۲**

| Dis(%) | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rf(Ω) | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 |
| Error(%) | 3.37<br>3.22 | 7.55<br>7.50 | 6.96<br>6.63 | 3.59<br>2.29 | 2.27<br>0.67 | 1.58<br>0.39 | 3.36<br>3.32 |

$$error(\%) = \frac{|actual \cdot distance - calculated \cdot distance|}{protected \cdot line \cdot length}$$

**رابطه ۲**

## ۳- استفاده از شبکه[1] RBFNN برای بهبود عملکرد رله دیستانس

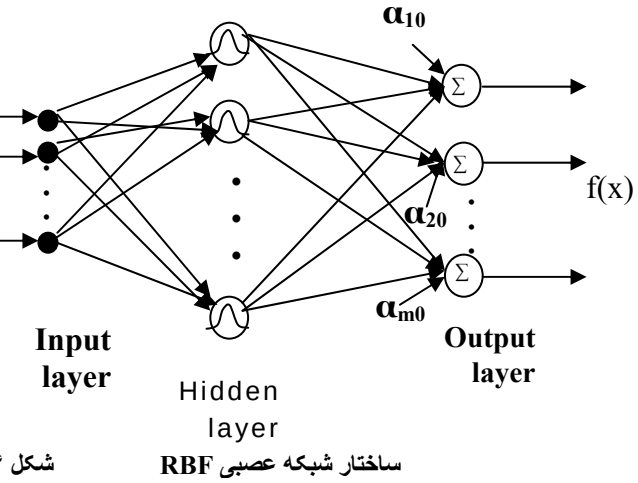
دقت و سرعت عمل زیاد مورد نیاز در رله ها ی دیستانس باعث شد تا تحقیقات درباره بهبود عملکرد رله دیستانس ادامه یابد . در حفاظت دیستانس قبل از الگوریتم پس انتشار خطا برای تعلیم شبکه های عصبی استفاده شد، که در این الگوریتم برای رسیدن به همگرائی مورد نیاز، شبکه باید مراحل تعلیم زیادی را بگذراند. از طرف دیگر از این الگوریتم نمی توان طبقه بندی کننده قوی و مورد قبولی نتیجه گرفت.علاوه بر آن این الگوریتم مکانیزمی برای کشف خطاهای خارج از ناحیه تعلیم خود ندارد، که نبود این مکانیزم باعث پاسخ نامناسب سیستم حفاظتی برای موقعیتهای خطای تعلیم داده نشده خواهد شد . شبکه عصبی RBFNN در ادامه کار برای دسته بندی الگوها در رله های دیستانس شرح داده شده زیرا این شبکه ها قادر به تشخیص خطا خارج از الگوی تعلیم خود می باشند.اگر چه الگوریتم کلاسیک RBFNN نتایج خوبی می دهد ولی در این الگوریتم انتخاب تعداد لایه های مخفی و پارامترهای شبکه بر اساس روش سعی و خطا بدست می آیدکه این باعث افزایش حجم شبکه شده و نیاز به مراحل تعلیم زیادی می باشد . همچنین با افزایش تعداد نمونه های ولتاژ و جریان تعداد مجموعه های تعلیم و واحدهای مخفی زیادی لازم می شود.

در تحقیق دیگری ساختمان متفاوتی ازRBFNN مورد بررسی قرار گرفته ، که در آن تعداد کمی لایه مخفی مورد استفاده قرار گرفته است بطوریکه در این نوع شبکه RBFNN تعداد کمی لایه مخفی استفاده شده است. تعداد لایه های مخفی در صورتی افزایش پیدا می کند که الگوی ورودی به شبکه نسبت به الگوهای قبلی متفاوت باشد.علاوه بر آن از تابع گوسین برای واحدهای محاسبات استفاده شده ، مراکز آن ، گسترش و وزنهای شبکه توسط لگوریتم فیلتر کالمن اصلاح شده ائی EKF[2] بروز می شود. در این ساختار جدید واحدهای مخفی که در خروجی تاثیری ندارند حذف می گردند.با استفاده از این RBFNN اززمان تعلیم و تعداد نرونهای لایه مخفی بصورت موثری کاسته خواهد شد. روش دسته بندی ساده تری بدست می آید ودقت و دسته بندی خطاها برای انواع مختلف خطا ها خوب می باشد . از نرم افزارEMTDC برای تولید اطلاعات خطادر شرایط متفاوت سیستم و مقدارهای متفاوت مقاومت خطا استفاده شده است . بعد ازاینکه خطا با موفقیت دسته بندی شد شبکه عصبفاصله یاب فعال می گردد. واحد فعال کننده فاصله یاب خطا از چهار شبکه عصبی مختلف برای چهار دسته متفاوت خطا تشکیل شده است(LG,LL,LLG,LLL).چندین نمونه تست روی این نوع از حفاظت دیستانس انجام شده و نشان داده است که این روش موقعیت خطا را با دقت بالائی تعیین می کند.

شبکه عصبی بکار رفته در شکل (۴) نشان داده شده است.

1-Redial Basis Function Neural Network(RBFNN)

2- Extended Kalman Filter (EKF)




**شکل ۴ ساختار شبکه عصبی RBF**

### ۳ -۱-تعلیم و تست واحد دسته بندی کننده خطا

تمامی مراحل عملکرد این واحد همانند بخش[۲-۲ ] این مقاله می باشد با این تفاوت که دراینجا از شبکه RBFNN بجای FNN استفاده شده است . این واحد نیز برروی همان نمونه خط مورد آزمایش قرار گرفته و ساختار نهائی شبکه ۳-۲۲-۶ ( ۶ نشان دهنده ورودیها، ۲۲ نمایانگر تعداد لاه های مخفی و ۳ نمایش دهندم تعداد لاه های خروجی است) بدست آمده است. ساختار ذکر شده برای اطلاعات ولتاژ و جریان ورودی به شبکه ودر موقعیتهای متفاوت و برای انواع متفاوت خطا و شرایط متفاوت خطا تست شده است.که نتایج نمونه تست انجام شده در ۶۰٪ از طول خط در جدول(۳) آمده است.

**جدول 3**

| Fault type | $R_f$=0Ω | | | $R_f$=10Ω | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | c | a | b | c |
| ag | ۰,۹٦٥۰ | -۰,۰۰٥۱ | ۰,۰۳۲۷ | ۰,۹٥۱۹ | -۰,۰۱٥٥ | ۰,۰۲۹٦ |
| bg | -۰,۰۲۳۲ | ۰,۹۹۳۷ | ۰,۰۲۱٤ | -۰,۰۱۳٦ | ۰,۹۷۸٥ | ۰,۰۲۲۹ |
| cg | -۰,۰۰۳۸ | -۰,۰۰۳۳ | ۱,۰۱٦۳ | ۰,۰۲۲٦ | ۰,۰۰۹۲ | ۰,۹۸۷۰ |
| ab | ۰,۹۹۳۸ | ۰,۹۷۹۳ | ۰,۰۰۰٥ | ۱,۰۲۰۳ | ۰,۹٥٥۲ | -۰,۰۰۸۲ |
| bc | ۱,۰۳۲۰ | ۰,۰۰۲۱ | ۱,۱۰۱٦ | ۰,۰۳٦۳ | ۰,۹٤۳۱ | ۰,۹٦۳٤ |
| ca | ۱,۰۳۲۰ | ۰,۰۰۲۱ | ۱,۱۰۱٦ | ۰,۸۹۸۲ | ۰,۰۰۷۰ | ۰,۹۷۹۰ |
| abc | ۰,۹۹٥۱ | ۰,۹۹۲۳ | ۰,۹۸٦۱ | ۰,۹۹٤۹ | ۱,۱۰۳٦ | ۱,۰۰۸۲ |

بررسی نتایج بدست آمده یک دسته بندی کننده دقیق را نشان می دهد.

### ۲- واحد تعین فاصله یاب خطا

اساس کار این قسمت نیز مشابه روش قبلی است با این تفاوت که در اینجا از شبکه های RBFNN استفاده شده است.

مشابه شبکه عصبی قسمت دسته بندی کننده به هرشبکه عصبی این واحد نیز ۶ سیگنال ورودی جریان و ولتاژ د رمحل رله وارد خواهد شد. قسمت قادر خواهد بود خطا را در طول ۱۰ – ۸۰ ٪ از خط اندازه گیری کند.

تعداد واحدهای مخفی که برای انواع خطاها , LG , LL , LLG LLL بدست آمده بترتیب عبارتند از ۲۳ و ۲۵ و ۲۶ و ۳۱.نتایج تست قسمت فاصله یاب خطا درجدول (۴) برای موقعیتهای گوناگون تا ۸۰ ٪ از طول خط با پله های ۱۰٪ برای خطای نوع(سه فاز متقارن) LLL نشان داده شده است . رابطه ائی که توسط آن مقدار خطا محاسبه شده دقیقاً شبیه قبل می باشد.(رابطه(۲)).

**جدول۴**

| Dis(%) | 15 | 25 | 35 | 45 | 55 | 65 | 75 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Rf(Ω) | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 | 0<br>100 |
| Error(%) | 2.11<br>2.67 | 2.16<br>1.58 | 0.46<br>0.01 | 0.82<br>1.41 | 4.29<br>4.35 | 3.38<br>3.67 | 2.28<br>2.57 |

همانطور که در حفاظت دیستانس قبلی ذکر شد حداکثر خطای بدست آمده در بدترین حالت کمتر از ۸٪ بود ولی این مقدار با استفاده از شبکه RBFNN به کمتراز ۵٪ کاهش پیدا می کند. که این نشان دهنده مفید بودن تغییر در ساختار حفاظت دیستانس می باشد.

### ۴-رله دیستانس مبتنی بر شبکه های عصبی با تعلیم ON-LINE

در ادامه به بررسی نمونه دیگری از کاربردهای شبکه عصبی در رله های دیستانس می پردازیم که د رآن شبکه عصبی بصورت on – line آموزش داده می شود در ابتدا به بررسی قسمت اندازه گیری و تشخیص خطا می پردازیم.

برای این رله نیز مشابه دو نوع حفاظت دیستانس قبل ورودی ها ، ولتاژ ها و جریانهای سه فاز در محل رله می باشدکه این ۶ سیگنال آنالوگ از میان یک فیلتر پائین گذر عبور می کنند ؛ مبدل آنالوگ به دیجیتال دارای فرکانس نمونه برداری ۹۶۰ هرتز بوده که معادل ۱۶ نمونه در سیکل است.

تشخیص دهنده های گوناگونی برای تشخیص خطا یا اختلال وجود دارد. اهمیت این قسمت در این است که سرعت واکنش قابل توجه ای در برابر وقوع خطا داشته با شد . همواره افزایش سرعت عملکرد رله در هنگام وقوع خطا یکی از مهمترین اهدافی بوده که محققان بدنبال بالا بردن آن بوده اند.جهت بالا بردن سرعت تشخیص وقوع خطا با نمونه گیری تعداد کمتری نمونه می توان در اولین لحظات پس از وقوع خطا از اتفاق افتادن آن مطلع شد، مثلاً در مقاله مرجع [4] به کمک چهار نمونه گیری در سیکل وقوع خطا شناسائی می شود و خط انتقال از مدار خارج می شود. پس از تشخیص سریع خطا و قطع خط از مدار محل وقوع آن شناسائی خواهد شد. در الگوریتم با پنجره اطلاعاتی کوتاه از مشتق اول جهت محاسبه دامنه فیزورها بصورت زیر استفاده شده است .

$$i = Ip\sin(\omega t + \Phi)$$
$$i' = \omega Ip\cos(\omega t + \Phi)$$
$$Ip^2 = (i'/\omega)^2 + i^2$$

که د راینجا i سیگنال مفروض $i'$ مقدار مشتق آن و $I_p^2$ تخمینی از مقدار حداکثر سیگنال است. برای تشخیص خطا مقدارهای فرکانس اساسی از فیزورهای جریان n ام و (n-3) با یکدیگر مقایسه می گردد و زمانی واحد تشخیص دهنده خطا وجود خطا را تشخیص خواهد داد که سه مقایسه پی درپی دو مقداربالا، اختلافشان بیشتر از آستانه تعین شده باشد.

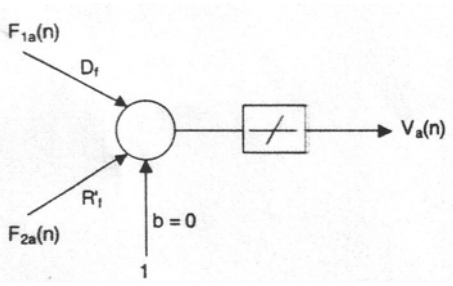
## ٤ – ١– شبکه عصبی رله دیستانس

روش پیشنهاد شده در مرجع [3] برای تخمین فاصله ، شبکه عصبی بصورت on-line آموزش داده می شود . شبکه ای که برای تخمین فاصله خطا و مقدار مقاومت خطا مناسب است، شبکه عصبی پیشرو[3] با یک نرون می با شد.. که برای تعیین ورودی ها ، وزنها و در نهایت ساختار شبکه می توان شبکه را برای حالتهای گونانون احتمال خطا آموزش داد مثلاً اگر شبکه را برای وقوع خطا در فاز a به زمین تعلیم داده شود نتایج نهائی تعلیم بصورت زیر بدست خواهد آمد.

$$V_a(n) = F_{1a}(n)D_f + F_{2a}(n)R'_f$$
$$F_{1a}(n) = r_1(i_a(n) + \frac{l_1}{\Delta T}(i_a(n) - i_a(n-1))$$
$$+ (r_0 - r_1)(i_{a0}(n))$$
$$+ (\frac{l_0 - l_1}{\Delta T})(i_{a0}(n) - i_{a0}(n-1))$$
$$F_{2a}(n) = i_{a0}(n)$$

ورودی به شبکه دو مقدار $\mathbf{F_{1a}(n)}$ و $\mathbf{F_{2a}(n)}$ ، خروجی شبکه مقدار $\mathbf{V_a(n)}$ ، وزنهای شبکه (عبارتند از $\mathbf{D_f}$ =w1 و $\mathbf{R'_f}$ =w2) ، یک مقدار بایاس صفر و تابع تبدیل خطی تشکیل دهنده سایر قسمتهای شبکه عصبی می باشد.

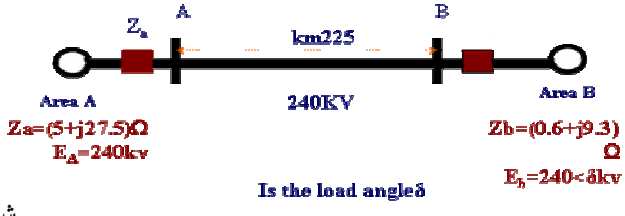
.برای بروزوسانی وزنهای شبکه از الگوریتم معروف نیوتن استفاده می شود.




**شکل ٥**

ساختار شبکه گفته شده د رشکل (٥) آمده است.

مرحله تعلیم پس از شناسای خطا توسط کشف کننده خطا آغاز می شود و از پنجره های انعطاف پذیرداده های ورودی برای ورودی ها و خروجی برای رسیدن به سرعت و دقت بالای مرحله آموزش استفاده شده است.که روش کار این تکنیک بگونه ائی است که در لحظه ای که خطا تشخیص داده شد شروع بهبررسی نمونه های ورودی و خروجی می کند و در صورتی که سیگنال جدیدی که قبلاً آموزش داده نشده مشاهده شد بصورت تصاعدی طول پنجره افزوده می شود .و زمانیکه اندازه اطلاعات پنجره د ریک سیکل فرکانس اساسی به نمونه١٦ رسید نمونه های قبلی از بین می رود و نمونه های جدید جایگزین آن می شود.با ادامه مرحله آموزش شبکه عصبی توانائی تشخیص محل وقوع خطا را خواهد داشت. برای بررسی شبکه فوق توسط کامپیوتر خط انتقالی با مشخصات شکل (٦) فرض می کنیم.




**شکل ٦**

٦

3-feed-forward neural network

مشخصاتی در نظر گرفته شده برای خط فوق بصورت زیر است

$E_A$=240kv و Za=(5+j27.5)Ω ,240kv

Zb=(0.6+j9.3)Ω , 225km,

و نتایج شبیه سازی کامپیوتری بدست آمده برای انواع مختلف خطاها بصورت زیر بدست آمده است.

۱- حفاظت دیستانس فوق برای خطای اتفاقی در فواصل مختلف طول خط و برای خطای فاز a به زمین مورد بررسی قرار گرفته است.[3] مقاومت اتصال بزمین در محل وقوع خطا ۲۰ اهم د رنظر گرفته شده است .نتایج بدست آمده نشان می دهد که میزان اختلافبین محل وقوع خطا و محلی که رله نشان داده است، برای فواصل ۵۰ ، ۱۰۰، ۱۵۰ کیلومتر کمتر از ۱,۷٪ و برای فاصله ۲۰۰ کیلومتراز محل وقوع اتصالی خطای ۳,۵٪ بدست آمده است.

۲- برای مقدار مقاومتهای خطا نیز مشاهده شدکه خطا با افزایش مقدار مقاومت کمی افزایش پیدا می کند.و در بیشترین مقدار مقاومت (۲۰۰ اهم) خطا ۴,۳٪ بدست آمده است.البته باید ذکرکرد که فاصله محل وقوع خطا ثابت در نظر گرفته شده است.

۳- آزمایش برای انواع مختلف خطا , LG , LL ,LLG , LLL و در یک فاصله ثابت برای همه خطاها نیز نشان می دهد که تخمین فاصله محل وقوع خطا تا رله برای انواع خطا ها کمتر از ۲٪ با مقدار واقعی اختلاف خواهد داشت.

نتایج فوق حفاظت دیستانس قابل قبولی را با توانائی تخمین دقیق فاصله خطا وو با سرعت نسبتاً خوبی در یک سیکل بعد از وقوع خطا را نتیجه می دهد.

## ۵-نتیجه گیری:

بکار گیری شبکه های عصبی و سیستم های فازی اباعث شده است که دستیابی به رله های باسرعت و دقت عملکرد بالا جهت حفاظت خطوط انتقال امکانپذیر باشد . همانطور که ملاحظه شد با تلفیق شبکه های مختلف عصبی و سیستم های فازی با یکدیگر روشهای مختلفی برای استفاده در سیستم های حفاظت خطوط انتقال بدست آمد که نتیجه آن دستیابی به رله دیستانسی با دقت و سرعت مناسبی است.

## ۶-مراجع


[1] P.K.Dash,A.K.Pradhan, and G.Panda."A Novel Fuzzy Neural Network Based Distance Relaying Scheme." IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, VOL. 15, NO. 3, JULY 2000

[2] P.K.Dash,A.K.Pradhan, and G.Panda." A fast and accurate distance relaying scheme using an efficient radial basis function neural network."Electric Power System Reserarch60(2001)

[3] A.H.Osman,TamerAbdelazim, andO.P.Malik " Transmission Line Distance Relaying Using On-line Trained Neural Network."IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY.VOL.20.NO.2,APRIL 2005

[4] طهماسبقلی شاهرخشاهی "حفاظت الکتریکی و رله های حفاظتی خطوط انتقال انرژی "

[5] لی وانگ " سیستمهای فازی و کنترل فازی "

[6] محمد باقر منهاج "مبانی شبکه های عصبی "

[7] دکتر مسعود سلطانی " حفاظت سیستم های قدرت "