نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق ایران

کاربرد شبکه های عصبی در ارزیابی انواع اتصال کوتاه ،تشخیص نوع خطا و تعین محل خطا در شبکه های قدرت

مولف : رضا پاک نهاد

دانشجوی مهندسی برق – قدرت دانشگاه سمنان

E-mail: reza.paknahad@Gmail.com

چکیده - درشبکه های قدرت، شناسایی و تعیین محل و نوع اتصال کوتاه در حداقل زمان ممکن و با دقت هرچه بیشتر، یکی از موضوعات جالب توجه محققین می باشد . به این وسیله از یک طرف، حفاظت هرچه بهتر شبکه های قدرت فراهم شده و از طرف دیگر باعث صرفه جویی در وقت وهزینه های مربوط به تعمیر و نگهداری سیستم خواهد شد . در این مقاله ، برای این منظور از شبکه عصبی استفاده شده است . بطوریکه نوع اتصال کوتاه، اعم از SLG ، LL ، LLG و LLL مشخص میشود و سپس محل تقریبی آن تخمین زده میشود .

کلید واژه- اتصال کوتاه ، حفاظت شبکه قدرت ، شبکه های عصبی

1- مقدمه

باتوجه به نقش روزافزون انرژی برق در زندگی روزمره بشر و به دلیل پیشرفت و توسعه تکنولوژی در جهان و نیاز هرچه بیشتر به انرژی الکتریکی، شبکه های قدرت بطور دائم توسعه یافته و هر روز پیچیده تر میشوند . از این رو انرژی الکتریکی باید به مقدار بیشتر و با کیفیت بهتر تو لید و به مصرف کنندگان عرضه گردد . در این میان ، نظارت شبکه در مقابل خطاها و شرایط غیر عادی حائز اهمیت بوده ونیاز به حفاظت مدرن، اجتناب ناپذیر است .

درشبکه قدرت، ولتاژ و جریان اتصال کوتاه در طی مدت خطا، حاوی اطلاعاتی راجع به محل و نوع اتصال کوتاه میباشد . در سالهای اخیر، با استفاده از رله های دیجیتالی و فیبرنوری ، امکان ثبت مقادیر ولتاژ و جریان در نقاط مختلف شبکه قدرت و ارسال آنهابه مرکز کنترل فراهم شده است. درصورتیکه ولتاژ و جریان مربوط به یک خط انتقال ، مورد نظر باشد ، با روشهای الگوریتمیک میتوان داده ها را پردازش کرده و از آنها جهت یافتن محل اتصال کوتاه، استفاده نمود. اما با افزایش تعداد ثباتها(Fault Recorders) دیگر با روشهای کلاسیک نمیتوان کاری از پیش برد . درچنین مواردی میتوان پردازش داده ها را بکمک شبکه عصبی انجام داد .

امروزه شبکه های عصبی بعنوان ابزار محاسباتی قدرتمندی شناخته میشوند که قادرند با یادگیری یکسری از داده های ورودی و خروجی، توابع غیرخطی و پیچیده را با تقریب خوبی مدل کنند . چنین کاری مشابه درونیابی داده های عددی است با این تفاوت که روشهای متداول برای درونیابی، غالبا" به یک پیش فرض اولیه درمورد رابطه ریاضی بین ورودیها و خروجیها احتیاج دارند ، ولی شبکه عصبی بدون نیاز به آن میتواند بکمک ساختار غیرخطی خود، ارتباط موجود بین داده ها را یاد بگیرد .

انواع گوناگونی ازشبکه های عصبی وجود دارد و تکنیک های متنوعی برای آموزش آنها ارائه شده است. از میان همه آنها میتوان به شبکه پرسپترون با سابقه نسبتا" طولانی اشاره کرد. این شبکه عصبی دارای ویژگی های برجسته ای برای مدل کردن توابع غیرخطی است . تکنیک متداول برای آموزش آن بنام روش پس انتشارخطا معروف است. در این

مقاله از یک شبکه عصبی پرسپترون با دو لایه پنهان استفاده شده که با روش پس انتشار خطا توسط نرم افزار MATLAB آموزش دیده است .

2- کلیات

درشبکه های قدرت ، وقتی اتصال کوتاه در خط انتقال یا در هرمکان دیگری رخ دهد ، رله های حفاظتی فرمان قطع را به کلیدهای مربوطه صادرکرده تا خطا پاک شود . در شبکه های بزرگ که تعداد رله ها و کلیدها زیاد است ، معمولا" تعداد زیادی آلارم در مرکزکنترل وجود خواهد داشت و چنانچه حفاظت اصلی (Main-Protection) عملکرد صحیحی نداشته باشد و درنتیجه حفاظت پشتیبان (Backup-Protection) عمل کند، علاوه برآنکه باعث قطع ناخواسته بار سایر شینه ها می شود ، به تعداد آلارمهای مرکزکنترل ، افزوده شده و تصمیم گیری برای اپراتور مشکلتر خواهد شد .در گذشته، تنها از سیستم خبره (Expert System) برای تجزیه و تحلیل آلارم های رسیده به مرکز کنترل استفاده می شد ولی کاربرد سیستم خبره برای شناسائی خطا در شبکه های قدرت واقعی، به اطلاعات فراوان و قوانین زیادی نیازدارد و همچنین مدت زمان نسبتا" طولانی صرف خواهد شد تا پاسخی مناسب به آلارمها داده شود .

درسالهای اخیر، استفاده از شبکه های عصبی برای شناسائی خطا در شبکه های قدرت بتدریج در مقالات متعددی مطرح شده است. زیرا برخلاف سیستم خبره، شبکه عصبی خیلی سریعتر پاسخ داده و سرعت آن مستقل از ابعاد و پیچیدگی شبکه قدرت است .در این بخش مجموعه مقالاتی که تاکنون درمورد کاربردشبکه های عصبی جهت مشخص نمودن محل و نوع خطا چاپ شده است ، بطور مختصر بیان می شوند .

3 - تعیین محل خطا براساس وضعیت کلیدها و رله ها

مقالهTanaka [1]یکی از نخستین کارهایی است که دراین زمینه انجام شده است. دراین مقاله از یک شبکه عصبی استفاده شده تا براساس باز و یا بسته بودن کلیدها و همچنین وضعیت رله های آن ، المانی که خطا در آن اتفاق افتاده است ، مشخص گردد . ولی در این مقاله ، یک شبکه قدرت کوچک و ساده مورد بررسی قرارگرفته است . در شبکه های بزرگتر که تعداد باس بارها، خطها و ترانسها زیاد است ، معمولا" از چندین شبکه عصبی استفاده شده تا ابعاد هرکدام از آنها کوچکتر شود و زمان لازم برای آموزش آنها کمتر شود . استفاده از چندین شبکه عصبی، به روشهای مختلفی امکان پذیر است. مثلا" در مقاله Wenhui Cen [2] یک شبکه قدرت به چند قسمت کوچکتر (Subsection) تقسیم شده و برای هریک از آنها، یک شبکه عصبی جداگانه طراحی شده است . روش دیگر آن است که هر سطح ولتاژ، توسط یک شبکه عصبی جداگانه بررسی گردد . در مقاله Kwang-Ho Kim و Iong-Keum Park[3] از شبکه های عصبی با آرایش سلسله مراتبی (Hierarchical ANNs) استفاده شده تا مرحله به مرحله، محل خطا مشخص شود. در این روش، سه لایه برای شبکه های عصبی وجود دارد . بعبارت دیگر، دارای سه کلاس میباشد. بطوریکه عناصر سیستم قدرت در سطوح پائینی و هر ناحیه (Subsystem) در سطوح میانی و در نهایت، تصمیم گیری درباره کل شبکه در سطح بالایی انجام میگیرد .

در این مقاله، برای هر خط انتقال، ترانس و باس بار، یک شبکه عصبی کلاس (الف) وجود دارد. این شبکه عصبی مشخص میکندکه خطا در داخل یا خارج آن المان اتفاق افتاده است . به همین ترتیب برای هر ناحیه نیز یک شبکه عصبی کلاس (ب) وجود داردکه مشخص میکندخطا در داخل یا خارج آن ناحیه بوده است . بطورمثال ، اگر خطا درخارج از یک خط باشد، آنگاه شبکه عصبی کلاس (الف) مربوط به آن خط ، مشخص می کندکه خطا در خارج خط میباشد . سپس خروجی تمامی شبکه های عصبی کلاس (الف) مربوط به آن ناحیه به شبکه عصبی کلاس (ب) همان ناحیه انتقال یافته تا مشخص شود خطا در داخل یا خارج آن ناحیه میباشد . در این مثال، اگر خطا در مرز بین دو ناحیه باشد، شبکه عصبی کلاس (ب) مشخص میکند که خطا در خارج آن ناحیه میباشد سپس شبکه عصبی کلاس (ج) از روی خروجی تمامی شبکه های عصبی کلاس(ب) موقعیت خطا را مشخص خواهدکرد .

در مقاله C. Rodriguez [4] شبکه عصبی بصورت ماجول (Modular) استفاده شده است . بطوریکه هر

المان همانند یک ماجول دارای تعدادی ورودی و تعدادی خروجی است . ورودیها شامل سیگنالهای دریافت شده از رله ها و کلیدها بوده، که نشان دهنده وضعیت رله اصلی و رله های پشتیبان آن و همچنین چگونگی باز یا بسته بودن کلیدهای قدرت است . خروجیها نیز عبارتند از وقایع ممکنه و نتایج حاصله از آنها. بطورمثال، موقعیت خطا را نشان داده و چنانچه رله یاکلیدی عملکرد صحیح نداشته باشد ، مشخص خواهد شد . بعبارت دیگر، شبکه عصبی ارتباط منطقی بین آلارمهاو حوادث را یادگرفته است . پس از آنکه تمام ماجولها مشخص شدند، براساس توپولوژی شبکه قدرت بهم مرتبط شده تا مدلی از شبکه قدرت بدست آید . دراین مقاله گفته شده که شبکه عصبی در حدود 95% درصد خطاها را مشخص میکند و برای افزایش دقت آن میبایست علاوه بر رله های دیستانس، مدلی برای رله های تفاضلی (Differential Relay) و رله های جریان زیاد درنظرگرفته شود .در مقاله E. Handschin [5] روش مقاله Rodriguez [4] توسعه داده شده و مدلهای مختلفی برای رله های دیستانس ، تفاضلی و رله های جریان زیاد ارائه شده است. همچنین برای هر باس بار برحسب آنکه چند خط به آن متصل باشد ، مدلهای جداگانه ای درنظرگرفته شده است. هرکدام از این مدلها با یک شبکه عصبی جداگانه ، آموزش داده شده و سپس تمام آنها ، براساس توپولوژی شبکه قدرت بهم مرتبط شده تا مدلی از شبکه قدرت بدست آید .

درمقاله Hong-Tzer Yang [6]، از شبکه عصبی برای یادگیری درخت تصمیم گیری (Decision-Tree) استفاده شده است . درواقع این روش ، ترکیبی از سیستم خبره و شبکه عصبی بوده و به این ترتیب ، سرعت پاسخ دهی آنرا بطور قابل ملاحظه افزایش یافته است . در این سیستم ، بطور متوسط درحدود 0.5 ثانیه طول می کشد تا به آلارمهای رسیده، جواب داده شود .

در مقاله Y. Fukuyamaو Y. Ueki [7] ازیک سیستم مرکب (Hybrid) استفاده شده است . ابتدا یک سیستم خبره برای یافتن مکان اتصال کوتاه وجود دارد . سپس به کمک شبکه های عصبی مجزا ، از روی شکل موج جریان و ولتاژ در خطی که در آن خطا اتفاق افتاده است ، محل خطا در خط انتقال تعیین شده و نیز نوع خطای اتصال کوتاه ، اعم از تکفاز به زمین ، دوفاز ، دوفاز به زمین و سه فاز مشخص می شود . یک شبکه عصبی جداگانه نیز، برای تخمین مقدار مقاومت اتصال کوتاه (R_f) طراحی شده است. در این مقاله ، یک شبکه ساده بررسی شده با 6 باس بارکه دریک سطح ولتاژ بوده و تنها یک منبع تغذیه دارد .درمقاله Guo – Zhong Zhou [8] نیز همانند Y.Fukuyama و Y.Ueki [7] از دو بخش مجزا استفاده شده است . ولی در این مقاله برای شناسایی المانی که خطا در آن واقع شده است، بجای سیستم خبره، شبکه های عصبی بصورت سلسله مراتبی (Hierarchical) طراحی شده است . سپس جهت مشخص شدن نوع اتصال کوتاه تکفاز به زمین ، دوفاز ، دوفاز به زمین و سه فاز در خطوط انتقال ، یک شبکه عصبی توسط مقادیر موثر جریان در هر سه فاز آن آموزش دیده است . پس در این روش میبایست به ازاء هر خط انتقال ، یک ثبات برای شناسایی نوع خطای آن، وجود داشته باشد .با توجه به مقالات ارائه شده تا کنون و نتایج حاصله از آنها می پردازیم به طرح جدید برای یافتن محل خطا در یک سیستم قدرت .

در این مقاله برای شناسایی اتصال کوتاه ، دو طریقه مختلف ارائه شده است . این دو روش دارای نقاط مشترکی هستند . ولی تفاوتهایی هم در روند کارشان و هم در نتایج حاصله از آنها مشاهده میگردد . در روش اول ، جریان واقعی فازها ملاک قرار گرفته ولی در روش دوم، جریان توالی مثبت، منفی و صفر مبنای تصمیم گیری خواهد بود. یکی از مهمترین تفاوتهایی که بین این دو روش مشاهده خواهد شد، این است که در روش دوم، کاهش چشمگیری در مدت زمان لازم برای آموزش شبکه عصبی بوجود می آید. زیرا تعداد الگوهای آموزش آن درحدود 60% کمتر از روش اول خواهد بود . به طور مثال درمورد اتصال کوتاه تکفاز به زمین، سه حالت مختلف وجود دارد. ممکن است اتصال کوتاه فاز R به زمین(RE)یا اتصال فاز S به زمین (SE) ویا اتصال فاز T به زمین (TE) باشد. علی رغم آنکه جریان فازها در هر سه مورد، با همدیگر تفاوت خواهد داشت، لیکن جریان توالی مثبت، منفی و صفر تفاوتی نخواهد داشت. درنتیجه در روش دوم کافی است، تنها خطای RE بعنوان اتصال کوتاه تکفاز به زمین، به شبکه عصبی آموزش داده شود . با این وجود ، روش اول دارای یک امتیاز عمده است ، زیرا شبکه عصبی میتواند فازی را که به زمین اتصال شده ،

مشخص نماید . به عبارت دیگر، مثلا" درمورد اتصال کوتاه تکفاز به زمین، نوع خطای RE و SE و TE را از یکدیگر متمایز خواهد نمود. در مقابل، شبکه عصبی دوم ، تنها معین میکند که اتصال کوتاه تکفاز به زمین است و در مورد فاز آن، سکوت خواهد نمود. جزئیات تکمیلی درباره هریک از ایندو روش، در بخش های آتی بیان می شود .

4 - دلایل استفاده از شبکه عصبی

در شبکه های قدرت اگر محل نوع اتصال کوتاه مشخص باشد، با استفاده از فرمولهای ریاضی مربوطه، میتوان مقادیر ولتاژ و جریان در محل اتصال کوتاه و یا هر نقطه دیگری از آن شبکه را محاسبه نمود . ولی بطور معکوس، روابطی برای مکان اتصال کوتاه برحسب مقادیر ولتاژ و جریان در نقاط مختلف شبکه، وجود ندارد. مضافا" بر آنکه نمیتوان جریان را در محل اتصال کوتاه، اندازه گیری نمود . قابل ذکر است ، در حالت خاص که تنها یک خط انتقال مورد بررسی است، روابط تقریبی برای پیدا کردن فاصله مکان اتصال کوتاه از ابتدای خط وجود دارد [9] . ولی همانطوری که اشاره شد، در یک شبکه قدرت با تعدادی خط و ترانس و غیره، هیچگونه روابطی برای این منظور وجود ندارد . بعبارت دیگر در اینگونه مسائل، با روشهای کلاسیک ویا الگوریتمیک نمیتوان راه به جایی برد .کاربردشبکه های عصبی مصنوعی (ANNs) تنها راه حلی است که تاکنون برای یافتن محل اتصال کوتاه از روی مقادیر ولتاژ و جریان در نقاط مختلف شبکه، ارائه شده است [10, 11] .

5- داده های لازم برای آموزش شبکه عصبی

وقتی در یک شبکه قدرت ، اتصال کوتاه رخ میدهد ، ولتاژ و جریان اتصال کوتاه حاوی اطلاعاتی راجع به محل و نوع خطا میباشد[11, 12] . بطورکلی جریان اتصال کوتاه دارای تغییرات محسوس و قابل ملاحظه تری در مقایسه با ولتاژ است . درنتیجه استفاده از شکل موج جریان اتصال کوتاه برای شناسائی خطا، خیلی مناسبتر و موثرتر خواهد بود [12] .

ازطرف دیگر، داده های مربوط به جریان اتصال کوتاه در حوزه زمان خیلی زیاد بوده و نباید آنها را بطور مستقیم به شبکه عصبی اعمال کرد . زیرا تعداد نرونها (Neuron) درلایه ورودی آن، فوق العاده زیاد شده و ابعاد شبکه عصبی بیش از اندازه بزرگ می شود . به این دلیل مرسوم است که داده های مربوط به جریان اتصال کوتاه، ابتدا مورد پردازش اولیه قرار بگیرد و پس از آن به شبکه عصبی اعمال گردد. مثلا" در [7, 8] داده ها نرمالیزه شده و سپس به شبکه عصبی اعمال شده است. در [10, 11] مقدار موثر شکل موج مورد استفاده قرار گرفته است و بالاخره در [12] شکل موج جریان اتصال کوتاه، فیلتر شده تا هارمونیک های آن حذف گردد .در این مقاله نیز، علاوه بر آنکه مقدار جریان فازها برحسب درواحدی (Perunit) بوده، شکل موج جریان جریان اتصال کوتاه، فیلتر شده تا مولفه اصلی آن به شبکه عصبی اعمال شود . به این ترتیب سه مقصود بطور همزمان حاصل می شود :

1 - تعداد نرونهای لایه ورودی شبکه عصبی، بشدت کاهش می یابد .

2 - نویزهای فرکانس بالا حذف خواهد شد .

3 - همانطوری که میدانیم در حالت کلی، شکل موج جریان اتصال کوتاه دارای مولفه DC بوده و بصورت غیر متقارن (Asymmetric) است . همچنین مولفه DC آن بستگی به زمان آغاز اتصال کوتاه نسبت به فاز ولتاژ دارد . پس برای آنکه داده های ورودی به شبکه عصبی مستقل از زمان وقوع اتصال کوتاه باشد، فقط مولفه اصلی جریان به آن اعمال میشود.

6 - بدست آوردن جریان اتصال کوتاه به وسیله نرم افزار پاشا

در این مقاله ، از نرم افزار پاشا [13] بعنوان یک برنامه شبیه سازی سیستم قدرت، استفاده شده است .بعبارت دیگر، شبیه سازی اتصال کوتاه توسط پاشا انجام میشودتا داده های لازم برای یادگیری شبکه عصبی مهیا گردد. بدین ترتیب که مقدار لحظه ای جریان اتصال کوتاه در نقاط مختلف شبکه قدرت، بوسیله برنامه پاشا بدست می آید تا از آن جهت آموزش شبکه عصبی استفاده شود . یادآوری میشود که درهنگام اتصال کوتاه، امواج گذرای رونده (Traveling Wave) در همان سیکل اول ، میرا شده و ازبین میروند . لذا اثر این امواج در شکل موج جریان اتصال

کوتاه، غالبا" در شبکه هایی مطرح میشود که دارای کلیدهای دو سیکلی میباشد . در شبکه های صنعتی که کلیدهای پنج سیکلی و بالاتر دارند ، نیازی به بررسی اینگونه امواج و اثرات آن بر شکل موج جریان اتصال کوتاه نیست . بنابراین در این مقاله، از نرم افزارهای شبیه سازی حالتهای گذرا استفاده نشده است . نرم افزار پاشا دارای بخشی جهت بررسی اتصال کوتاه بکمک شبکه عصبی است . در آن بخش میتوان محل قرار گرفتن ثباتها را تعیین نمود و سرعت نمونه برداری از جریان و تعداد نمونه ها را تعیین کرد . برای تهیه داده های لازم جهت آموزش شبکه عصبی از یک حلقه (Loop) استفاده شده تا در کلیه شینه ها، اتصال کوتاه انجام شود. مقادیر جریان اتصال کوتاه در محل هریک از ثباتها توسط پاشا محاسبه شده و نتایج حاصله در یک فایل ذخیره میگردد تا بعدا" برای آموزش شبکه عصبی مورد استفاده قرار بگیرد . علاوه بر آن، در فواصل 20% درطول خطوط و همچنین در سیم پیچ ترانسها اتصال کوتاه انجام شده و به فایل مذکور افزوده خواهد شد . پس چنانچه در یک شبکه قدرت B ،تعداد شینه ها ، J تعداد اتصال ، T تعداد ترانسها و L تعداد خطوط آن شبکه باشد ، آنگاه تعداد کل محلهای اتصال کوتاه شده و که در فایل ذخیره میگردد برابر است با :

$$N = [4*(T+L)] + (B+J) \quad \text{رابطه (1-6)}$$

بطور مثال درشبکه ای با مقادیر B=33 , L=22 , T=20 J=9, با توجه به رابطه (1-6) ، مقدار N=210 بدست خواهد آمد. بعبارت دیگر، برنامه پاشا در 210 نقطه از آن شبکه، اتصال کوتاه میزند . به این ترتیب شمای کلی از شبکه قدرت درهنگام اتصال کوتاه ازدید ریکوردرها بدست می آید. زیرا شبکه عصبی تنها از دریچی ریکوردرها به شبکه قدرت می نگرد. برای مثال در این مقاله فرض می کنیم شبکه قدرتی داریم که بالغ بر 401 باس بار ، 296 خط انتقال و 294 عدد ترانس دارد . این شبکه دارای سطوح ولتاژ 380 ، 220 و 132 کیلو ولت است .

7 - نکاتی درباری چگونگی انتخاب تعداد و محل ثباتها

بطورکلی درمورد تعداد و محل ثباتها نمیتوان فرمول و رابطه مشخصی برحسب تعداد عناصر شبکه قدرت بیان نمود. بعبارت دیگر، یک آرایش بهینه برای ثباتها از قبل قابل پیشگویی نیست . ولی مسلم است که هرچه تعداد ثباتها بیشتر باشد، به دقت سیستم افزوده شده و هنگام کار، نتایج بهتری خواهد داشت . اما مسائل اقتصادی و امکانات قابل حصول وسایر جنبه های دیگر باعث بوجود آمدن محدودیتهایی میشود. به این خاطر، داشتن یک استراتژی ساده و مفید برای این منظور، لازم بنظر میرسد . بدیهی است یک سیستم ساده که شامل یک منبع تغذیه و یک خط انتقال است، فقط نیاز به یک ثبات در ابتدای خط دارد. بتدریج با افزایش تعداد عناصر و بزرگتر شدن شبکه، به تعداد ثباتها نیز افزوده شده و باید محلهای خاصی را برای آنها درنظر گرفت. بطور متوسط در هر شینه که تعداد (L + T) خط و ترانس از آن انشعاب شده است ، بهتر است که (L + T) ثبات قرار داده شود . آنچه ذکر آن ضروری بنظر میرسد آن است که، اگر در یک منطقه ای از شبکه، تعداد ثباتها کافی نباشد، فقط در همان منطقه از دقت نتایج حاصله کاسته شده و اثر نامطلوبی در سایر مکانها بجا نخواهد گذاشت .بعنوان یک قاعده کلی، میتوان گفت : ((در هر ناحیه از شبکه قدرت که از نظر طراح با اهمیت تر تلقی میگردد ، میبایست از تعداد ثبات بیشتری استفاده نمود.))

8 - فیلتر کردن مولفه اصلی جریان

شکل موج جریان را در هنگام اتصال کوتاه در یک شبکه قدرت در نظر بگیرید . از این جریان در طی مدت سه سیکل و در هر سیکل 16 بار نمونه برداری شده است . پس تعداد کل نمونه ها به 48 عدد خواهد رسید . اگر قرار باشد به همین صورت برای اعمال به شبکه عصبی استفاده گردد، میبایست به ازاء هر یک از نمونه ها، یک نرون در لایه ورودی شبکه عصبی وجود داشته باشد. بنابراین 48 نرون برای هریک از شکل موجهای جریان لازم است. درنتیجه ابعاد شبکه عصبی فوق العاده بزرگ خواهد شد. برای کاهش تعداد نرونهای شبکه عصبی میبایست راه دیگری در پیش گرفت .اصولا" قبل از آنکه شکل موج جریان اتصال کوتاه به حالت ماندگار برسد، علاوه بر مولفه اصلی، دارای هارمونیک های دیگر نیز است . ولی برای تشخیص محل و نوع اتصال کوتاه، کافی است از مولفه اصلی آن استفاده گردد [13] . همانطوریکه در بخش (5) اشاره شد، شکل موج جریان

اتصال کوتاه قبل از آنکه به شبکه عصبی اعمال شود، از یک فیلتر عبور داده شده تا هارمونیک های زائد آن حذف شود . در نتیجه بجای 48 نقطه از شکل موج جریان، تنها مولفه اصلی آن به ورودی شبکه عصبی اعمال خواهد شد. بعبارت دیگر به ازاء هر فاز تنها یک نرون در لایه ورودی شبکه عصبی، اختصاص داده میشود . بطورکلی اگر از یک سیگنال N بار در هر سیکل نمونه برداری شود، آنگاه توسط تبدیل فوریه گسسته میتوان تا هارمونی (N/2 - 1) را بدست آورد. در اینجا تنها مولفه اصلی مورد نیاز بوده و سایر مولفه های آن حذف خواهد شد .

8 – 1 فیلتر کردن براساس جریان واقعی فازها

در بخشهای قبلی، درباره کلیات کار به اندازه کافی صحبت شد. در این بخش راجع به جزئیات روش اول، بهمراه یک مثال صحبت میشود . شبکه قدرت بخش 6 برای این منظور انتخاب شده است . مجموعا" 10 عدد ثبات در محلهای مختلف این شبکه وجود دارد. هریک از این ثباتها، مقدار لحظه ای جریان را در طی مدت اتصال کوتاه ثبت خواهند نمود. هر ثبات چهار جریان IR , IS, IT, IN در طی مدت سه سیکل و در هر سیکل 16 بار نمونه برداری میکند. پس درمجموع، برای هر فاز تعداد 48 نمونه بدست خواهدآمد.

برای آموزش شبکه عصبی نیاز به یکسری داده هایی است که کل شبکه قدرت را پوشش دهد. به این منظور توسط نرم افزار پاشا، اتصال کوتاه در سرتاسر شبکه قدرت انجام گرفته است. بطوریکه در تمام شینه ها و در فواصل 20% درصدی خطوط و سیم پیچ ترانسها اتصال کوتاه شده و شکل موج جریان اتصال کوتاه در محل ثباتها در یک فایل ذخیره میگردد. به این ترتیب 210 نقطه در شبکه قدرت مثال زده شده در بخش 6 ، اتصال کوتاه شده است . برای هر چهار نوع اتصال کوتاه، تکفاز به زمین ، دوفاز ، دوفاز به زمین و سه فاز همین کار انجام گرفته و در نتیجه، چهار عدد فایل بدست می آید .در مرحله بعد، هریک از شکل موجها، فیلتر شده تا هارمونیک های زائد آن حذف شود. در نتیجه بجای 48 نقطه از شکل موج جریان، تنها مولفه اصلی آنها باقی خواهد ماندو به ازاء هر ثبات، تنها چهار مقدار مربوط به مولفه اصلی جریانهای IR , IS, IT, IN برای آموزش شبکه عصبی وجود دارد. به این ترتیب، ابعاد شبکه عصبی خیلی کوچکتر و قابل قبولتر خواهد شد.

همانطوریکه قبلا" گفته شد، برنامه پاشا در 210 نقطه از شبکه مثال زده شده در بخش 6 اتصال کوتاه زده و چون 10 نوع خطا وجود دارد پس 2100 الگو (Pattern) برای آموزش شبکه عصبی تهیه میشود . ولی نکته مهمی در این بین وجود دارد. در شبکه های قدرت صنعتی، معمولا" خطوط بسیار کوتاهی وجود داشته که در فواصل 20 درصدی آنها تغییر محسوسی در جریان اتصال کوتاه مشاهده نخواهد شد . این مسئله باعث میشود تعداد زیادی از آن 2100 الگو، تکراری و فاقد ارزش باشند . این الگوهای تکراری نه تنها کمکی به آموزش شبکه عصبی نمی کنند، بلکه مدت زمان لازم برای یادگیری شبکه عصبی را افزایش میدهند .

با استفاده از یک پیش پردازنده الگوهایی که خیلی بهم شبیه بوده و یا تکراری هستند، حذف میشود. پس از آنکه این 2100 الگو به پیش پردازنده اعمال شد ، در حدود 50% از آنها حذف خواهد شد . به این ترتیب با کم شدن تعداد الگوها، مدت زمان لازم برای آموزش شبکه عصبی بطور قابل ملاحظه کاهش یافت .

شبکه عصبی از نوع پرسپترون ، چند لایه می باشد ، که ازیک لایه ورودی و یک لایه خروجی و دو لایه دیگر که در بین آنهاست، تشکیل شده است. این دو لایه بنام لایه های پنهان معروف هستند. در نرونهای لایه خروجی از تابع خطی (Linear) و در نرونهای لایه های پنهان از تابع غیرخطی سیگموید (Sigmoid) استفاده شده است.

تعداد نرونهای لایه ورودی نسبت مستقیم با تعداد ثباتها دارد. زیرا همواره چهار برابر تعداد ثباتها است. ولی تعداد نرونهای لایه خروجی همیشه ثابت و برابر با 4 نرون است. ازطرف دیگر تعداد نرونهای لایه پنهان ، قاعده و رابطه خاصی ندارد. بعبارت دیگر تعداد آنها قابل تغییر بوده و مقدار بهینه آنها را نمی توان از قبل، پیش بینی نمود . معمولا" تعداد نرونهای لایه پنهان با سعی و خطا و بطور تجربی تعیین میشود .

بطور مثال در شبکه قدرت بخش 6 تعداد 10 ثبات وجود دارد. پس تعداد نرونهای لایه ورودی چهار برابر آن خواهد بود. زیرا به ازاء هر ثبات چهار مولفه اصلی جریان IR , IS, IT, IN وجود دارد. درنتیجه در لایه ورودی شبکه عصبی 40 عدد نرون قرار دارد . در این شبکه تعداد نرونهای لایه های پنهان بترتیب برابر با 10 و 4 انتخاب می شوند . شبکه عصبی در لایه خروجی دارای 4 عدد نرون است . که نشان دهنده وجود یا عدم وجود جریان اتصال کوتاه در در فازهای R , S , T و خط خنثی (N) است . مثلا" اگر اتصال کوتاه تکفاز R به زمین (خطای RE) در شبکه قدرت رخ داده باشد، آنگاه در خروجی شبکه عصبی باید مقدار [1,-1,-1,1] مشاهده گردد . اگر اتصال کوتاه دوفاز S به T (خطایST) باشد ، آنگاه در نرونهای خروجی شبکه عصبی باید مقدار[-1,1,1,-1] مشاهده شود.وبه همین ترتیب برای اتصال کوتاه دو فاز T , S به زمین (خطای STE) پاسخ شبکه عصبی [-1,1,1,1] و برای اتصال کوتاه سه فاز(خطایR S T)در خروجی [1,1,1,-1]مشاهده خواهدشد .

معمولا"درتکنیک پس انتشارخطا برای آموزش شبکه عصبی ، مجموع مربعات خطا (SSE) بعنوان معیاری برای پایان یافتن آموزش شبکه عصبی مورد استفاده قرار میگیرد . ولی در این طرح ، یک معیار دیگر استفاده شده که مقدار اختلاف بین خروجی ایده آل (Target Output) و خروجی واقعی شبکه عصبی است. هرگاه ماکزیمم اختلاف بین این دو برای تمام الگوها کمتراز 0/1 بشود، آنگاه آموزش شبکه عصبی به پایان رسیده و متوقف خواهد شد .

9 - پیشنهادات برای کارهای آتی

در این قسمت پیشنهادات لازم برای ادامه کارهایی که تاکنون انجام شده است، مطرح میگردد. بدیهی است که انجام هرکدام از آنها مستلزم صرف وقت بسیاری بوده و پس از اتمام آنها، میتوان ادعا کرد که کاری عظیم و در نوع خود بی نظیر خواهد بود.

1 : در این مقاله هرگاه از "اتصال کوتاه" بطور اختصار نام برده شده، منظور اتصال کوتاه با امپدانس صفر است. زیرا هدف از این مقاله ، بررسی اتصال کوتاه در شبکه های قدرت صنعتی بوده که عموما" خطوط انتقال انرژی الکتریکی در آنها بصورت کابل های زیرزمینی است . در اینگونه شبکه ها، اتصال کوتاه بصورت Solid Fault بوده و با جریان نسبتا" زیاد همراه خواهد بود . ولی جهت توسعه کار میبایست در حالت کلی، مقاومت اتصال کوتاه نیز تخمین زده شود . پیش بینی میشود که درچنین صورتی، علاوه بر ثبات برای جریان اتصال کوتاه، از ثبات برای ولتاژ نیز استفاده گردد.

2 : یکی دیگر از مواردی که جا برای کارهای بیشتر دارد، در ارتباط با استفاده از چند شبکه عصبی است . مخصوصا" در شبکه های قدرت نسبتا" بزرگ که باید تعداد زیادی ثبات داشته باشد . بطورکلی با افزایش ابعاد شبکه قدرت و پیچیده تر شدن آن، بهتر است سیستم قدرت را به چند قسمت کوچکتر (Sub-System) تقسیم نمود تا بجای یک شبکه عصبی، از چند شبکه عصبی بصورت سلسله مراتبی (Hierarchical)استفاده گردد.درنتیجه هریک از آنها کوچکتر خواهد شد .

در بخش 3 ، بطور مختصر مجموعه مقالاتی بیان شدکه تاکنون درمورد کاربردشبکه های عصبی جهت مشخص نمودن محل و نوع خطا چاپ شده است. در این مقالات، از اطلاعات مربوط به باز و بسته بودن کلیدها و وضعیت رله ها استفاده شده است. با افزایش ابعاد شبکه قدرت، از شبکه های عصبی بصورت سلسله مراتبی استفاده گردیده تا مرحله به مرحله، محل اتصال کوتاه مشخص شود. بطور مشابه، میتوان یک چنین روندی را برای ادامه کار این طرح در پیش گرفت .

3 : تشخیص اتصال کوتاه که بطور همزمان در دو محل مختلف اتفاق افتاده باشد . بعبارت دیگر تعیین محل اتصال کوتاه وقتی بیش از یک خطا (Multiple Fault) وجود دارد . درچنین موردی حداقل یک شبکه عصبی جداگانه برای تشخیص تعداد خطاها لازم خواهد بود. علاوه برآن برنامه ای که جهت شبیه سازی اتصال کوتاه بکار میرود (تا داده های لازم برای آموزش شبکه عصبی استفاده شود)، میبایست توانایی آنرا داشته باشدکه اینگونه اتصال کوتاه را مدل کند .

فهرست مراجع

[1] T. Tanaka et. al. ,"Design and Evaluation of Neural Network for Fault Diagnosis" , Proc. Of the

[10] N. Kandil et. al. ,"Fault Identification in an AC-DC Transmission System Using Neural Networks" , IEEE Trans. on Power Systems , May 1992 , Vol. 7 , No. 2 , pp. 812-819 .

[11] M.T. Glinkowski and N.C. Wang ,"Fault ANNs Pinpoint Underground Distribution Faults" , IEEE Computer Application in Power , Oct. 1995 , Vol. 8 , No. 4 , pp. 31-34 .

[12] K.L. Bulter and J.A. Momoh ,"Neural Network Based Classification of Arcing Faults in a Power Distribution System" , Proc. Of 1993 North American Power Symposium , Washington, DC. USA , 11-12 Oct. 1993 , pp. 322-328 .

[13] "PASHA" , Power Apparatus & System Homological Analysis , User's Guide , The TOM Ltd. , Version 9.2 , 1993.

Second Symposium on Expert System Application to Power Systems , Seattle, USA , 1989 , pp. 378-384 .

[2] Wenhui Cen et. al. ,"Power System Fault Diagnosis Based on a New Feed Forward Neural Networks" , Proc. Of International Power Engineering Conference (IPEC '93) , Singapore , 18-19 March 1993 , Vol. 2 , pp. 76-765 .

[3] Kwang-Ho Kim and Iong-Keum Park et. al. ,"Application of Hierarchical Neural Networks to Fault Diagnosis of Power Systems" , International Journal of Electrical Power & Energy Systems , April 1993 , Vol. 15 , No. 2 , pp. 65-70 .

[4] C. Rodriguez et. al. ,"A Modular Approach to the Design of Neural Networks for Fault Diagnosis Power Systems" , Proc. Of International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN '92) , Baltimore, MD, USA , 7-11 Jane 1992 , Vol. 3 , pp. 16-23 .

[5] E. Handschin et. al. ,"Fault Location in Electrical Energy Systems Using Artificial Neural Networks" , Proc. Of ISAP '94 , Montpellier, France , 5-9 Sept. 1994 , Vol. 2 , pp. 557-564 .

[6] Hong-Tzer Yang et. al. ,"A New Neural Networks Modular Approach to on-line Fault Section Estimation Using Information of Protective Relay and Circuit Breakers" , IEEE Trans. on Power Delivery , Jan. 1994 , Vol. 9 , No. 1 , pp. 220-230 .

[7] Y. Fukuyama and Y. Ueki ,"Fault Analysis System Using Neural Networks and Artificial Intelligence" , Proc. Of the Second International Forum on Application of Neural Networks to Power Systems (ANNPS '93) , Yokohama, Japan , 19-22 April 1993 , pp. 20-25 .

[8] Guo-Zhong Zhou ,"A Neural Networks Approach to Fault Diagnosis for Power Systems" , Proc. Of IEEE Region 10 International Conference on Computers, Communication and Automation , Beijing, China , 19-21 Oct. 1993 , Vol. 2 , pp. 855-888 .

[9] D. Novosel et. al. ,"Fault Location Using Digital Relay Data" , IEEE Computer Application in Power , July 1995 , Vol. 8 , No. 3 , pp. 45-50 .