اولین کنفرانس مهندسی فناوری اطلاعات مکانی
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی نقشه‌برداری
۲۹ و ۳۰ دی ماه ۱۳۹۴

The 1st National Conference on Geospatial Information Technology
K.N.Toosi University of Technology
Faculty of Geomatics Engineering
19 - 20 January 2016

افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع از طریق خود ترمیم در قالب شبکه هوشمند و GIS

هانی ممشلی[*]، علیرضا اسپانلو[۲] ، محمد رضا نیازی[۳]

۱- شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان
۲- شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان
۳- شرکت برق منطقه ای مازندران و گلستان

چکیده :

اساسی ترین هدف سیستم های قدرت تداوم تامین انرژی الکتریکی است. در دیگر سوی دلیل معایب و خرابی های احتمالی در تجهیزات به کار رفته در سیستم های قدرت، نمی توان انتظار داشت که همواره این انرژی در دسترس باشد. شرایط محیطی یکی از مهمترین عوامل در مطالعات قابلیت اطمینان است. شرایط محیطی بیشترین تاثیر خود را مستقیما روی نرخ خرابی و مدت زمان تعمیرات و متقابلا روی قابلیت اطمینان سیستم می گذارد از این رو ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم های قدرت به صورت مقوله ایی بسیار مهم مطرح می گردد. برای این منظور باید زمان انجام مانور کاهش و قابلیت مانور شبکه را افزایش داد. در این مقاله به کمک شبکه هوشمند خود ترمیم می توان محل خطا، مشکلات کیفیت توان، ولتاژ، ناپایداری های دینامیکی و دیگر حالت های غیر طبیعی شبکه را به سرعت تشخیص و اصلاح نمود و با مطالعه موردی صورت گرفته مشخص شد که وجود یک سیستم خود ترمیم در قالب شبکه هوشمند باعث می شود که در صورت وقوع عیب در فیدر تغذیه اولیه، علاوه بر تغذیه سریع بارها بدون تجربه خاموشی بتوانند از فیدر ثانویه تغذیه گشته و تا ترمیم کامل قسمت آسیب دیده از انرژی الکتریکی استفاده نمایند

واژه‌های کلیدی : شبکه های هوشمند، قابلیت اطمینان، خود ترمیم، GIS.

نویسنده مکاتبه کننده : هانی ممشلی
آدرس پستی : استان گلستان –شهرستان مینودشت-خیابان شهدا
تلفن : ۰۹۳۵۳۷۷۳۱۹۲
آدرس پست الکترونیک : mamashli_h@ymail.com

۱- مقدمه

سیستم های قدرت مدرن یک سیستم پیچیده بوده که خود به چندین زیر سیستم تقسیم می شوند : تولید، انتقال، فوق توزیع، توزیع و مصرف. عموما یک سیستم قدرت از چند صد ژنراتور که توسط سیستم انتقال به هم متصل شده اند تشکیل شده است. سیستم توزیع دارای یک توپولوژی ساده بوده، ولی تعداد زیادی از مصرف کنندگان به آن متصل می باشند. سیستم توزیع دارای ساختار شبیه به یک درخت بوده که شامل فیدرها(تنه درخت)، شاخه های جانبی (شاخه ها) و بارها (برگ ها) می باشند[۱]. در دهه ۱۹۷۰ با پیشرفت علم و امکان دسترسی به فناوری کامپیوتری و تکنولوژی لازم برای کار با داده های مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی یا (GIS[1])، برای فراهم آوردن قدرت تجزیه و تحلیل حجم های بزرگ داده های جغرافیایی شکل گرفت. در دهه های اخیر به سبب گسترش تکنولوژی های کامپیوتری سیستم های اطلاعات جغرافیایی امکان نگهداری به روز داده های مرجع و نیز امکان ترکیب مجموعه داده های مختلف را به طور موثر فراهم ساخته اند. نقطه قوت اصلی GIS در استفاده از رویه های فاصله ای و آماری جهت آنالیز و تحلیل مشخصه ها و اطلاعات جغرافیایی می باشد.

نتیجه نهایی تحلیل می تواند به صورت اطلاعات مشتق شده، اطلاعات درون یابی یا اطلاعات اولویت بندی باشد [2]. GIS یک سیستم کامپیوتری با توانایی اسمبل کردن، ذخیره، دست کاری و نمایش اطلاعات جغرافیایی می باشد، داده ها با توجه به محلشان هویت شناسی می شوند. یک سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) یک ابزار بر پایه کامپیوتر جهت نقشه برداری و تحلیل آن چیزهایی است که در روی زمین وجود دارد و حوادثی که روی زمین اتفاق می افتد. یک GIS هرگز به تنهایی نمی تواند وجود داشته باشد بلکه نیازمند به وجود سازمان منسجمی از نیروی انسانی، تجهیزات و تسهیلات می باشد تا مسئولیت پیاده سازی و نگهداری GIS را به عهده گیرد،

لذا با توجه به استقرار سیستم GIS در شبکه های توزیع برق در این مقاله به کاربرد سیستم GIS و نقش آن درافزایش قابلیت اطمینان در یک شبکه توزیع نمونه اشاره ای می گردد. بعد از وقوع خاموشی شمال آمریکا در سال ۱۹۶۵، صنعت برق جهت بهبود وارتقای سطح بهره برداری سیستم، استفاده از کامپیوتر و فن آوری های مخابراتی را در دستور کار خود قرار داد. در این زمان بود که پایش و کنترل بهنگام سیستم قدرت مطرح گردید. بعد از گذشت چندین سال به تدریج سیستم کنترل نظارتی و جمع آوری داده ها، توسعه داده شد و در نهایت بخشی از سیستم مدیریت انرژی فعلی گردید. اگرچه سیستم قدرت از گذشته تاکنون پیشرفت های زیادی نموده و با کمک فن آوری های نوین، بسیاری از مشکلات پیش روی خود را برداشته است، اما هنوز نیاز به بازبینی و بهبود در برخی امور دارد. یکی از این موارد به حداقل رساندن دوره و تعداد دفعات خاموشی برای مشتریان می باشد. اگر شبکه فعلی بتواند توانایی خود ترمیمی داشته باشد، آنگاه در صورت بروز عیب در یکی از عناصر سیستم به سرعت آن را شناسایی نموده و بطور خودکار تصمیمات اصلاحی جهت برطرف کردن آن را خواهد گرفت. مبحث خود ترمیمی در شبکه توزیع بسیار ضعیف بوده و نیاز به اقدامات برنامه ریزی شده ای در این زمینه می باشد. لازمه دستیابی به توانایی خود ترمیمی در شبکه توزیع ایجاد اتوماسیون در آن می باشد. بنابراین باید بستر مخابراتی و اندازه گیری لازم جهت هماهنگی تجهیزات حفاظتی و یک پارچه سازی منابع تولید پراکنده در سطح سیستم توزیع ایجاد شود. در سیستم توزیع فعلی امکان عیب یابی خودکار در سطح شبکه وجود ندارد و تنها راه آگاهی بهره بردار از بروز عیب در شبکه توزیع، اطلاع رسانی از طرف مشتریان می باشد. لذا ممکن است درمناطقی که عبور و مرور کم می باشد و یا در ساعاتی از شب که محل بروز عیب خلوت می باشد خطای رخ داده تا ساعت ها از دید بهره بردار پنهان بماند. از اینرو یکی از بزگترین چالش های شبکه توزیع فعلی را می توان در کافی نبودن سطح اتوماسیون آن دانست[۲، ۳،۴،۵و۶].

[1] Geospatial Information System

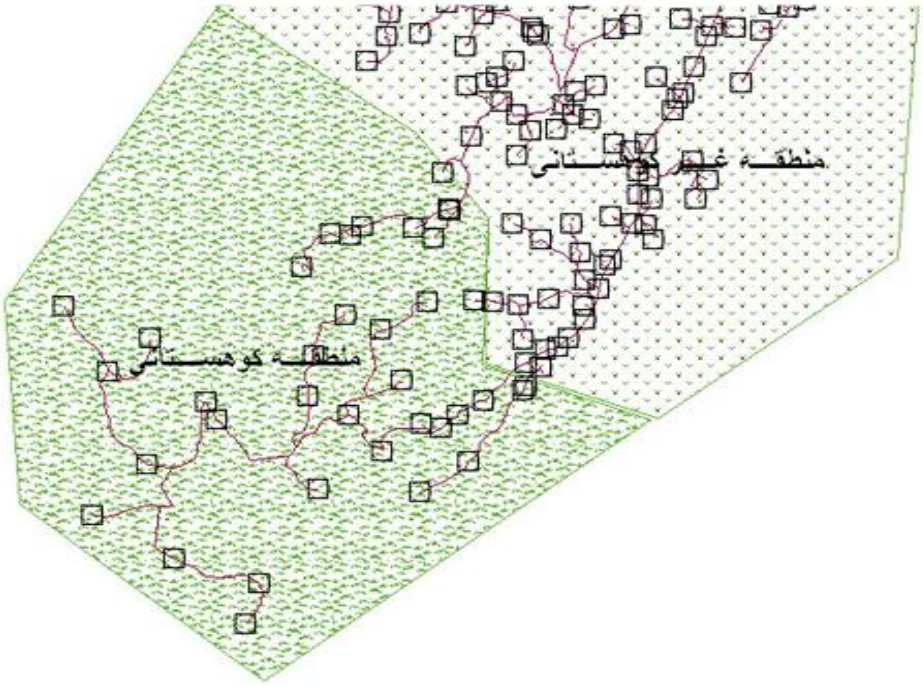
۲- سیستم GIS در شبکه های توزیع برق

در چند سال اخیر سیستم های GIS در بیشتر شرکت های توزیع برق به عنوان بانک اطلاعاتی مورد استفاده قرار گرفته است. گزارشگیری از تمامی عارضه های شبکه توزیع، ایجادبستر مناسب جهت انجام محاسبات الکتریکی شبکه، طراحی خطوط، ارائه برنامه زمان بندی بازدید و سرویس شبکه، نمایش پارامتر های مربوط به مشترکین و ... از جمله امکاناتی است که به مدد بانک اطلاعات GIS در اختیار کاربران قرارمی گیرد[۲]. در واقع سیستم GIS سیستم مکانیزاسیون شبکه های توزیع، با امکان ارائه گزارش های جامع و نمایش مختصات جغرافیایی می باشد. و بر پایه سخت افزار، نرم افزار و نیروی انسانی در برداشت و ثبت اطلاعات، خطای این سیستم قابل چشم پوشی نخواهد بود. لذا در صورت استفاده از سخت افزار مناسب می توان خطای سیستم را به حداقل ممکن کاهش داد.

۳- افزایش قابلیت اطمینان شبکه توزیع توسط نرم افزار GIS

شرایط محیطی یکی از مهمترین عوامل در مطالعات قابلیت اطمینان است. شرایط محیطی بیشترین تاثیر خود را مستقیما روی نرخ خرابی و مدت زمان تعمیرات و متقابلا روی قابلیت اطمینان سیستم می گذارد. روش های مختلفی برای محاسبه ی تغییر نرخ خرابی تجهیزات با توجه به شرایط محیطی وجود دارد. اما با توجه به وجود اطلاعات خرابی تجهیزات در GIS کافیست بتوان بین مناطق مختلف آب و هوایی تفاوت ایجاد کرد. این تقسیم بندی می تواند بر اساس نوع پوشش منطقه (نقشه های اقلیم شناسی سازمان نقشه برداری) و یا توسط نوع آب و هوا متداول منطقه (تفکیک مناطق توسط نقشه های آب و هوایی) صورت گیرد. البته ترکیب این دو نوع نقشه و شبیه سازی محیطی، بهینه ترین حالت می باشد. شکل (۱) نمونه از عکس های آب و هوایی منطقه ایران می باشد. وجود این نوع اطلاعات می تواند در مدیریت شبکه در شرایط بحران نیز موثر باشد. این موضوع برای یکی از فیدر های ۲۰ کیلو ولت شبکه توزیع در شکل (۲) با استفاده از نقشه های آب و هوایی، وضعیت شرایط جوی در بخش های مختلف فیدر نمایش داده شده است. نرم افزار GIS این امکان را فراهم می سازد که تعداد و اطلاعات خاموشی تجهیزات را برای هرفیدر و منطقه آب و هوایی استخراج نمود. بنابراین جامعه آماری خاموشی تجهیزات که برای محاسبه نرخ خرابی استفاده می شود، دارای شرایط یکسان بوده وبه این وسیله می توان قابلیت اطمینان شبکه را برای هر منطقه آب و هوایی محاسبه نمود.

شکل ۱: نقشه آب و هوایی منطقه



شکل ۲ :چگونگی تفکیک مناطق آب و هوایی در فیدر تمونه

۴- خود ترمیمی

بدون شک یک جامعه شکوفا و موفق برمبنای یک سیستم قدرت سالم و کار آمد ایجاد خواهد شد. این مطلب هنگام بروز خاموشی های سراسری که به علت زیر ساخت ضعیف و یا ناتوان سیستم قدرت یک کشور به وجود می آید قابل تایید می باشد. اما امروزه راه کارهای فنی زیادی برای تقویت سیستم قدرت وجود دارد که نتیجه آن بهبود توانایی سیستم در شناسایی و برطرف کردن تنش های وارد به شبکه می باشد. فن آوری های به روز می توانند شبکه را در مقابل چالش های متعددی که با آن دست به گریبان است، مقاوم کنند. مفهوم خود ترمیمی در شبکه های هوشمند به طراحی راهکار هایی اطلاق می شود که موجب خواهند شد تا تجهیزات و عناصر آسیب دیده شبکه الکتریکی بدون کمترین دخالت نیروی انسانی شناسایی، ایزوله و بازیابی شوند. در حقیقت خود ترمیمی، سیستم ایمنی شبکه هوشمند می باشد که هدف آن به حداقل رساندن میزان وقفه در تحویل خدمات انرژی الکتریکی می باشد. یک سیستم ایمنی قوی، شبکه را قادر می سازد تا با ارزیابی های پیوسته و خودکار، مشکلات به وجود آمده را شناسایی نماید. همچنین این سیستم باید بتواند مشکلاتی که در آینده ممکن است رخ دهد را نیز بررسی نموده وبهترین پاسخ های اصلاحی را در کمترین زمان برای رفع مشکل ارائه دهد.

۵- مشخصه های خود ترمیمی شبکه هوشمند

برنامه های کامپیوتری با استفاده از داده های گسترده ی اندازه گیری سیستم، تغییرات رخ داده ویا محتمل را شناسایی خواهند نمود و به طور خودکار و فوری تصمیم گیری می نمایند. سرعت بخشیدن به روند تصمیم گیری، از بروز مشکلات بزرگ جلوگیری و یا اثرات مخرب آنها را کاهش خواهد داد. در شرایط مناسب و دارا بودن زمان کافی، این الگوریتم ها انتخاب هایی را پیش روی بهره بردار قرار می دهند که بتواند به طور دستی وخودکار بر اختلالات فائق آید. همچنین سیستم خود ترمیمی، تحلیل و بررسی خطرات احتمالی و تهدید های پیش روی سیستم، تحت شرایط عادی بهره برداری ودوره های تعمیرات و نگهداری را انجام خواهد داد.

۵-۱ مشخصه های پایش: تجهیزات مخابراتی و حس گر های هوشمند متعددی با سیستم کنترل شبکه قدرت ادغام خواهند شد. جمع آوری داده های بهنگام، بکارگیری فن آوری های مخابراتی پیشرفته و حس گر های ارزان هوشمند،

حجم عظیمی از داده های مفید را برای سیستم به همراه خواهند داشت. افزایش حجم داده هـای بهنگـام و اسـتفاده از روش های پیشرفته پردازش داده ها و به نمایش در آوردن تصویری اطلاعات پردازش شده به بهره بردار سیستم کمـک خواهد نمود تا یک برداشت سریع از وضعیت سلامت سیستم و روند تحویل انرژی به دست آورد.

۵-۲ مشخصه های کنترل و حفاظت: رله های پیشرفته با قابلیت برقراری ارتباط با سیستم مرکزی و تطبیق با شـرایط بهنگام شبکه نصب خواهند شد. رله های دیفرانسیلی جریان خط با توانایی ارسال اطلاعات بـا سـرعت بـالا بـه سـرعت جایگزین رله های امپدانسی خواهند شد. استفاده از این فن آوری ها باعث حفاظت امن و قابل اطمینان تری از خطـوط خواهد شد. سیستم های محاسباتی و مخابراتی شبکه خود تـرمیم تعـداد زیـادی از پردازشـگر هـای پراکنـده شـده در سیستم را به خدمت خواهد گرفت. این سیستم ها بر اساس بازه های کنترلی سیستم قدرت که ثابت های زمانی تعریف شده در زیر می باشند عمل خواهند نمود:

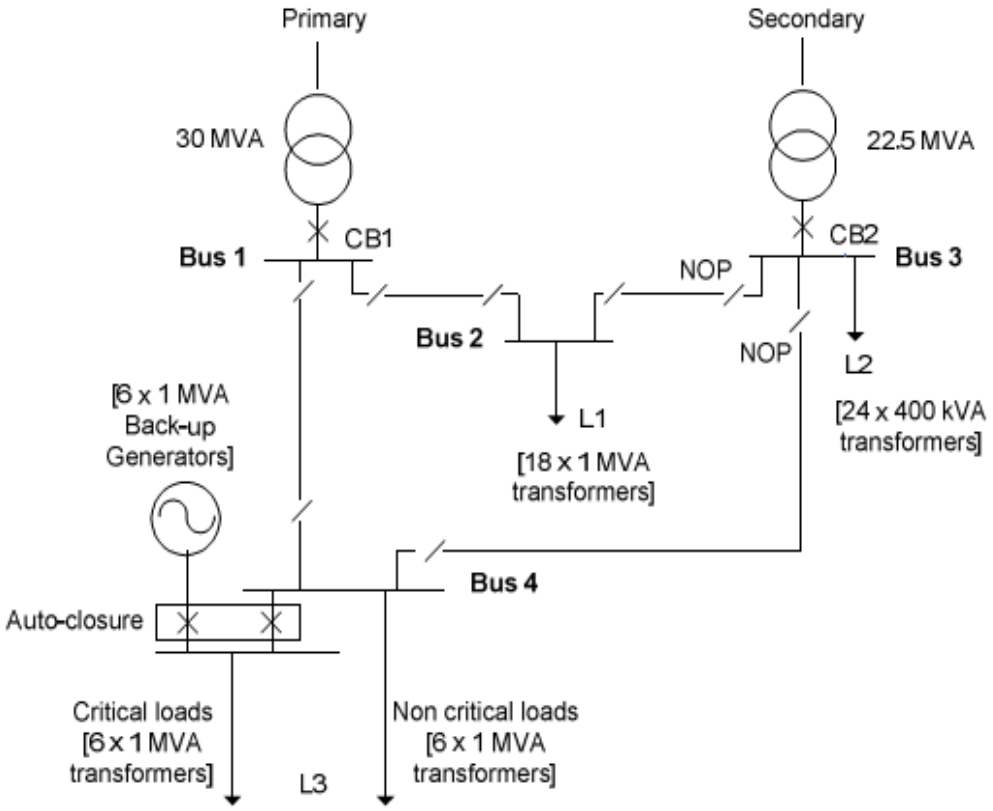
- چرخه یک ساعته که کفایت منابع تولید و ظرفیت موجود انتقال را بررسی می نماید.
- چرخه ۵ دقیقه که قابلیت اطمینان و بازدهی را مدیریت می نماید.
- چرخه ۲ ثانیه ای که کنترل حالت ماندگار نواحی را انجام می دهد.
- چرخه ۱۰۰ میلی ثانیه که ناپایداری های مشکل ساز سیستم را شناسایی و برطرف می نمایند.
- چرخه ۱۰ میلی ثانیه که اقدامات حفاظتی هوشمند در آن انجام می شـود(حذف بـار، کـاهش تولیـد،جزیره سـازی) [۷،۸و۹].

۶- دو طرح بازیابی شبکه

در این قسمت یک مطالعه موردی بر روی عملکرد خود ترمیمی شبکه توزیع با دو رویکرد متفاوت صورت گرفته اسـت. در حالت اول شبکه توزیع نشان داده شده در شکل (۳) غیر فعال فرض شده است. در حالت دوم همان شبکه به صورت یک شبکه توزیع فعال که دارای کلید های خودکار با قابلیت کنترل از راه دور می باشـند فـرض شـده اسـت. بـار هـای شبکه به سه گروه L_1، L_2 و L_3 تقسیم شده اند. بار های L_1 و L_3 از فیدر اولیـه تغذیـه شـده و بـار L_2 از مسـیر تغذیـه ثانویه تغذیه می شود. در این شبکه فرض شده است بار L_1 مربوط به یک ناحیه مسکونی شهری، بار L_2 مربوط به یـک ناحیه مسکونی روستایی و بار L_3 شامل یک شهرک صنعتی با بار های حساس و تعدادی بار مسکونی غیر حسـاس مـی باشد. به منظور اطمینان از تغذیه پیوسته بار های حساس، تعـدادی دیـزل ژنراتـور پشـتیبان نیـز در شـهرک صـنعتی بارهایL_3 نصب شده است. ناحیه توزیع هر بار دارای تعداد متفاوتی ترانسفورماتور می باشد و هر ترانسفورماتور متناسب با ظرفیت خود مجموعه ای از بار های مسکونی و یا صنعتی را تغذیه می نمایند. در مـورد شـبکه توزیـع غیـر فعـال، از دست رفتن اتصال اولیه باعث انتقال خودکار بار های حساس L_3 به ژنراتور های پشتیبان آنهـا مـی شـود. بـار L_1 و بـار های غیر حساس L_3 یک خاموشی موقت را تجربه خواهند کرد. به محض آگاه کردن شرکت برق از بروز خاموشـی، کـه اغلب توسط یک یا چند مشتری صورت می پذیرد، گروه بازیابی به محـل حادثـه اعـزام مـی شـوند. گـروه بازیـابی کـه دسترسی به شکل ۳ دارند، پس از مشاهده میزان بارها در نقاط مختلف، طرح بازیابی خود را برای برطرف کردن مشکل ارائه می دهند. از آنجاییکه بار L_3 شامل بار های حساس نیز می باشد، تنها طرح بازیابی ممکن برای شبکه بستن کلیـد حالت عادی باز بین شین های ۳ و ۴ می باشد که باعث تغذیه مجدد بار L_3 خواهد شد. بار L_1 تا زمان بابی خط تغذیـه اولیه بدون برق خواهند ماند.

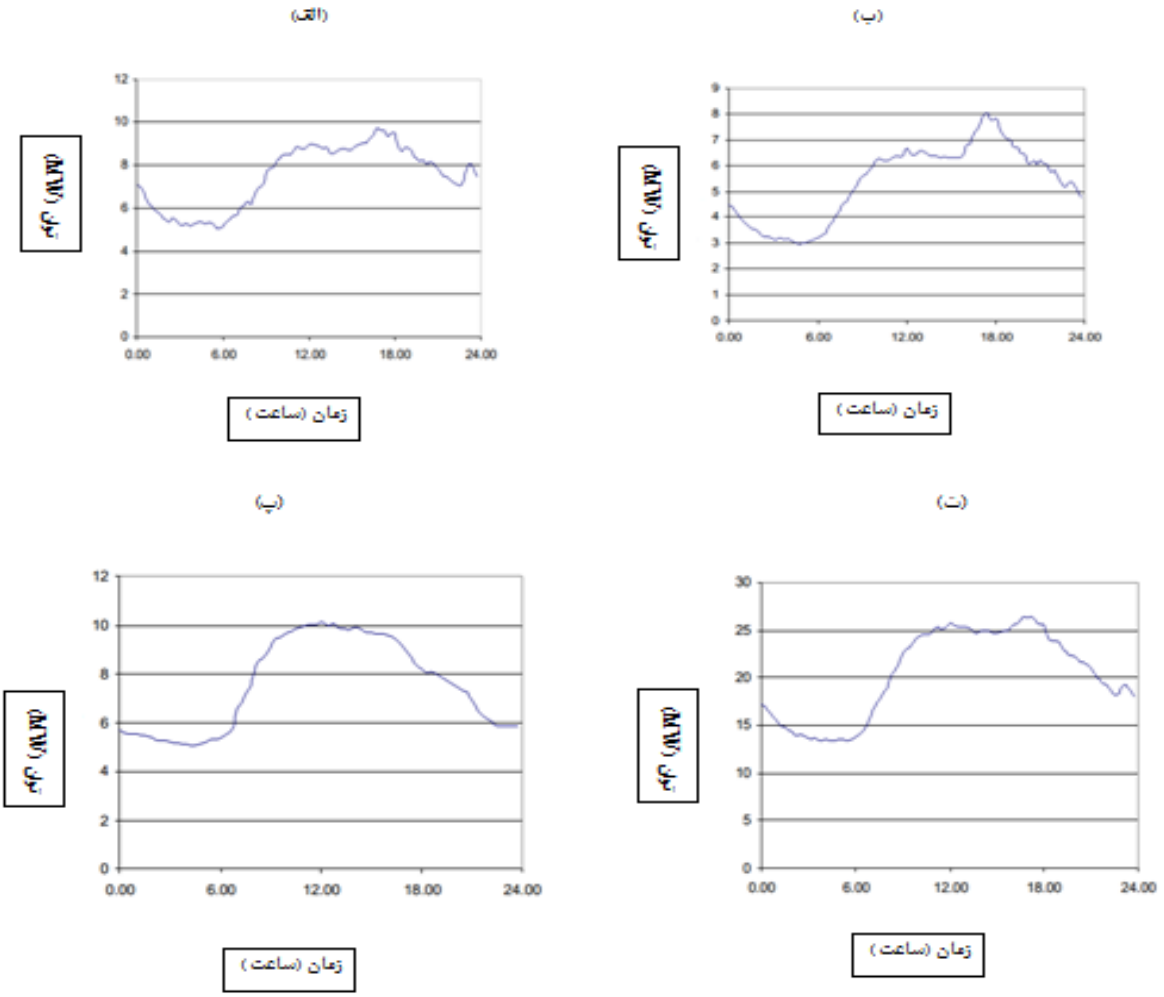
به منظور استفاده بیشینه از دارایی های شبکه با حداقل میزان عدم قطعیت، اندازه گیری بهنگام کنتور های هوشمند ضروری می باشد. داده های اندازه گیری سیستم اندازه گیری هوشمند به متمرکز کننده ها ارسال شده و پروفیل بار

ترانسفورماتورهای شبکه ولتاژ پایین رسم خواهد شد.



شکل ۳: شبکه توزیع 11KV مورد مطالعه

با بروز خطا در مسیر تغذیه اولیه شبکه، پیامی به طور خودکار مبنی بر رخداد یک اختلال در شبکه به مرکز کنترل ارسال می گردد. به محض دریافت هشدار، سیستم بازیابی و خود ترمیمی شبکه هوشمند پروفیل بار در زمان حادثه و یک پیش بینی چند ساعته از بار های ناحیه تحت تاثیر حادثه را از بانک داده های خود دریافت می کند. شکل (۴) منحنی بار های ناحیه حادثه دیده را در محدوده زمانی بروز پیشامد نشان می دهد. این منحنی بار براساس داده های ثبت شده چند ساعته قبل از حادثه و پیش بینی بار چند ساعت بعد از بروز حادثه می باشد. در نهایت سیستم تصمیم گیری بازیابی شبکه، پس از بررسی وضعیت کلیدها، خطوط و در نظر گرفتن منحنی بارها، طرح بازیابی را به سرعت انتخاب نموده و دستورات لازم را صادر می نماید. بر این اساس فرمان هایی به کلید های شبکه ارسال می گردد تا ژنراتور های پشتیبان و خط تغذیه ثانویه در حداکثر توان خود بکار گرفته شوند. در حقیقت به محض از دست رفتن خط تغذیه اولیه، سیستم بازیابی دستور بسته شدن دو کلید در حالت عادی باز NOP را صادر نموده وبار های L_1 و L_3 را از طریق خط تغذیه ثانویه و با کمترین تاخیر تغذیه خواهند نمود. در ساعت ۹:۰۰ سیگنالی به ژنراتور های پشتیبان به منظور تغذیه بار های حساس L_3 ارسال خواهد شد، چرا که با توجه به پروفیل بار، میزان مصرف در ساعت ۹ الی ۱۹ افزایش خواهد یافت و ظرفیت خط تغذیه ثانویه برای تامین بارها کافی نخواهد بود. در این حالت همچنان بار های L_1 و L_3 بدون وقفه تغذیه خواهند شد. در ساعت ۱۹ ژنراتور پشتیبان شده و برق رسانی بار L_3 به خط تغذیه ثانویه محول خواهد شد. به محض بازیابی و ترمیم خط تغذیه اولیه، آرایش شبکه به وضعیت اصلی خود برخواهد گشت.



شکل۴: منحنی بار شبکه مورد بررسی (الف): منحنی بار L_1 ، (ب): منحنی بار L_2 ، (پ): منحنی بار شهرک صنعتی L_3 ، (ت): منحنی کل بار های L_1 و L_2 ، L_3

با توجه به مطالعه موردی صورت گرفته، مشاهده گردید که وجود یک سیستم خود ترمیم در قالب شبکه هوشمند باعث می شود در حالت بروز عیب در فیدر تغذیه اولیه، علاوه بر تغذیه سریع بار های L_1 و L_3 این بارها بدون تجربه خاموشی بتوانند از فیدر ثانویه تغذیه گشته و تا ترمیم کامل قسمت آسیب دیده از انرژی الکتریکی استفاده نمایند. اما در مقابل، در سیستم توزیع غیر فعال زمان قابل توجهی صرف خواهد شد تا گروه بازیابی شبکه به محل حادثه اعزام گشته و پس از تصمیم گیری کلید ها را به طور دستی باز یا ببندند. همچنین در حالت شبکه توزیع غیر هوشمند، بازیابی بطور بهینه صورت نمی گیرد وتنها بار L_3 بازیابی خواهد شد.

۷- نتایج و پیشنهادها

با توجه به اهمیت مدیریت مصرف و حفظ قابلیت اطمینان شبکه های توزیع، مدیریت انرژی فروخته شده به مشترکین و کاهش زیان های ناشی از خاموشی بار دارای اهمیت زیادی می باشد. به همین منظور مطالعات قابلیت اطمینان در شبکه های توزیع در چند سال اخیر از اهمیت بسزایی برخوردار شده است.یکی از مشکلات اصلی در این نوع مطالعات حجم زیاد اطلاعات و پراکندگی این اطلاعات در نرم افزار های مختلف می باشد. بنابراین با پیاده سازی نرم افزار GIS در شرکت های توزیع برق و ارتباط به هنگام این نرم افزار با سایر نرم افزار های دیگر بستر مناسبی جهت انجام اینگونه مطالعات تبدیل شده است.در این مقاله با رویکرد خود ترمیمی در سطح شبکه، امکان عیب یابی خودکار یکی از مزایای هوشمند سازی شبکه قدرت، که باعث ارتقای قابلیت اطمینان سیستم قدرت شده مورد بحث قرار گرفته است.

درصورت بروز عیب در فیدر تغذیه اولیه، علاوه بر تغذیه سریع بار های L_1 و L_3 این بارها بدون تجربه خاموشی بتوانند از فیدر ثانویه تغذیه گشته و تا ترمیم کامل قسمت آسیب دیده از انرژی الکتریکی استفاده نمایند. در مقابل، در سیستم توزیع به صورت دستی بعلت نبود سیستم کنترل خودکار و از راه دور کلیدها در صورت بروز قطعی برای مصرف کنندگان و یا دچار نقص شدن یکی از اجزای شبکه توزیع تا زمان یافتن مکان عیب و اعزام گروه، این روند بسیار وقت گیر بوده و باعث تاخیر زیادی در برقدار شدن مجدد مشتریان خواهد شد.

• عیب یابی شبکه توزیع : این مورد یکی از بارزترین مزایای این مقاله است.در صورت بروز خطا در شبکه، مرکز کنترل یا اپراتور مرکز اتفاقات هر ناحیه، می تواند در کوتاهترین زمان از علت بروز خطا و مختصات محل مطلع گردد.

• افزایش سطح کیفی گزارش ها: یکی از اهداف پیاده سازی سیستم های GIS استفاده از گزارش گیری در جنبه های مختلف سیستم توزیع می باشد.

مراجع

R. H. Lasseter,“Smart Distribution: Coupled Microgrids” IEEE, Vol.99,No.6, June 2011.

قاسم درخشان و سایر نویسندگان، " استفاده همزمان از نرم افزار GIS و PM در مطالعات قابلیت اطمینان شبکه توزیع "، هفدهمین کنفرانس شبکه های توزیع برق، ۱۳۹۱.

Aixin,G., The Application of Self-healing Technology in smart grid. 2011 IEEE

R. Billinton and G. Singh,”Application of Adverse and Extreme Adverse Weather: Modelling in Transmission and Distribution System Reliability Evaluation”, IEE Proc.Gener,Transm,Distrib, Vol. 153 , No. 1, January 2006.

R. W. Uluski. The Role of Advanced Distribution Automation in the Smart Grid. 2010 IEEE

Fang, Xi., Satyajayant Misra, Guoliang Xue and Dejun Yang Smart Grid , The New and Improved Power Grid: A Survey , Manuscript received May 27, 2011; revised September 25, 2011; accepted September 30, 2011

LI Tianyou, xu Bingyin.The Self-healing Technologies of Smart Distribution Grid, 20 I 0 China International Conference on Electricity Distribution.

European Technology Platform – SmartGrids - Strategic Deployment Document for Europe’s Electricity Networks of the Future, January2010 (draft) and September 2008.

Smart Grid System Report, U.S. Department of Energy , July 2009, Accessed in January 2010 at http://www.oe.energy.gov/DocumentsandMedia/SGSRMain_090707_l owres.pdf