

ارزیابی تاثیر نصب منابع تولید پراکنده بر روی شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه برق منطقه‌ای باختر

سعید شاه‌رضایی^۱، علی اصغر قدیمی^۱ و مجید معظمی^۲

پتانسیل فروش بیشتر بدلیل عکس‌العمل‌های نامساعد، افزایش هزینه ناشی از تعمیرات و اصلاحات می‌باشد. در هر حال معمولاً این هزینه‌ها تنها بخش بسیار کوچکی از کل هزینه‌های خاموشی را شامل می‌شوند. بخش اعظم هزینه‌ها چیزی است که از نقطه نظر مشترک دیده می‌شود و برآورد اکثر آنها اگر غیرممکن نباشد، بسیار سخت است [۱-۲].

با حرکت سیستم‌های قدرت از ساختار سنتی به سمت ساختار رقابتی انتظار می‌رود منابع تولید پراکنده در آینده نقش مهم و اساسی را در این صنعت ایفاء کنند. منابع تولید پراکنده، منابع تولید توان الکتریکی هستند که به طور مستقیم به شبکه توزیع یا در محل مصرف کننده متصل می‌شوند. این کار سبب آزاد کردن ظرفیت شبکه انتقال، کاهش تلفات تا نقطه مصرف و افزایش پایداری شبکه می‌شود [۳]. شرکت سهامی برق منطقه‌ای باختر که یکی از بزرگترین و مهمترین شرکتهای برق منطقه‌ای کشور می‌باشد نیز از این قاعده مستثنی نمی‌باشد. نصب منابع تولید پراکنده مصوب تا سال ۱۳۹۳ در دست اقدام می‌باشد و واضح است که احداث واحدهای مورد اشاره در شبکه تا سال ۱۳۹۳ موجب تغییر شاخص‌های قابلیت اعتماد سیستم می‌گردد. این تغییرات در شبکه تاثیر بسزایی روی روش سیستم توسعه و بهره‌برداری و سطوح قابلیت اعتماد آینده و استانداردها می‌گذارد. محاسبه شاخصهای قابلیت اعتماد با توجه به توسعه شبکه بسیار ضروری و با اهمیت می‌باشد. این مقاله به بررسی شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه برق منطقه‌ای باختر در شرایط فعلی و پس از نصب منابع تولید پراکنده مصوب تا سال ۱۳۹۳ می‌پردازد. برای شبیه‌سازی این شبکه از نرم‌افزار DIGSILENT استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان از بهبود اکثر شاخص‌های قابلیت اعتماد این شبکه با نصب منابع تولید پراکنده می‌باشد.

۲- تجهیزات شبکه و تاثیرات آن بر روی شاخص‌های قابلیت اعتماد

۲-۱ - خطوط انتقال و فوق توزیع و اثرات آن بر قابلیت اعتماد شبکه

خطوط انتقال و فوق توزیع، نیرو را از پستهای بزرگ انتقال به پستهای فوق توزیع منتقل می‌کنند. این خطوط و کابل‌ها از نظر

چکیده - قابلیت اعتماد به طور کلی به توانایی یک سیستم در انجام وظایف مورد انتظار در مدت زمان معین اطلاق می‌گردد. همواره نخستین تاکید سیستم‌های قدرت در حال پیشرفت کنونی تامین یک منبع قابل اطمینان و اقتصادی انرژی الکتریکی برای مصرف کننده‌ها می‌باشد. اطلاعات حوادث، داده‌های اصلی ارزیابی قابلیت اعتماد در شبکه می‌باشند. در ارزیابی قابلیت اعتماد هدف بدست آوردن پارامترهای مشخص و از پیش تعیین شده با استفاده از سابقه سیستم می‌باشد که به کمک آنها می‌توان عملکرد سیستم را در گذشته بررسی کرد و نقاط ضعف آن را بدست آورد. به عبارت دیگر منظور از ارزیابی قابلیت اعتماد اصلاح و بهبود نحوه بهره‌برداری از شبکه، کاهش قطعی برق و حوادث شبکه می‌باشد. این مقاله به ارزیابی شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه برق منطقه‌ای باختر و تاثیر منابع تولید پراکنده مصوب تا سال ۱۳۹۳ می‌پردازد. برای شبیه‌سازی این شبکه از نرم‌افزار DIGSILENT استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی نشان دهنده بهبود شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه برق منطقه‌ای باختر در اثر نصب منابع تولیدات پراکنده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی - قابلیت اعتماد، تولید پراکنده، شبکه برق منطقه‌ای باختر.

۱- مقدمه

صنعت برق به عنوان یکی از حساسترین صنایع استراتژیک و مادر در پس تأسیسات زیربنایی هر کشوری و یکی از پرهزینه‌ترین صنایع دنیا، همیشه جایگاه خاص و پراهمیت خود را در اقصی نقاط جهان دارا می‌باشد. در صورتی که شبکه قابلیت اعتماد مناسبی را نداشته باشد با افزایش قطع تجهیزات شبکه مواجه هستیم که پیامد آن قطع انرژی مشترکین و نارضایتی آنها خواهد بود. هزینه‌های قطع انرژی مشتمل بر دو بخش است، هزینه‌ها از دید شرکت برق و هزینه‌ها از دید مشترک یا جامعه. هزینه‌های خاموشی شرکت برق شامل از دست دادن درآمد ناشی از مشترکین قطع شده، از دست دادن حسن نیت مشترک، از دست دادن

سعید شاه‌رضایی، شرکت سهامی برق منطقه‌ای باختر، اراک کدپستی ۳۸۱۶۵۸۷۵
(email: saeedshahrezaee@yahoo.com)

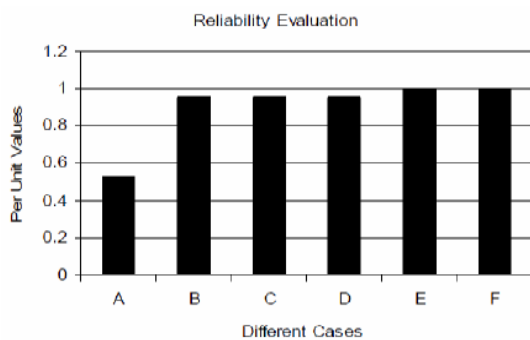
علی اصغر قدیمی، استادیار گروه برق دانشگاه اراک، اراک، کدپستی ۳۸۱۶۵۸۷۵
(email: a_ghadimi@yahoo.com)

مجید معظمی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، کدپستی ۸۱۷۴۶۷۳۴۴۱
(email: m_moazzami79@yahoo.com)

خروج طبق برنامه سالیانه شامل تعمیرات اساسی و بلند مدت و بازدید و تعمیرات دوره‌ای اسکادا، رله و تجهیزات می‌باشد [۶-۷].

۲-۴ - سیستم‌های شینه‌بندی در پست‌های فشار قوی و تاثیرات آنها بر قابلیت اعتماد شبکه

شکل ۱ نشان دهنده قابلیت اعتماد انواع شینه‌بندی‌های رایج در کشور می‌باشد [۸]. در این شکل، (A) شینه‌بندی بدون باسبار با قابلیت اعتماد ۰/۵۳۰۴، (B) شینه ساده تقسیم نشده با قابلیت اعتماد ۰/۹۵۲۱، (C) شینه ساده تقسیم شده با کلید با قابلیت اعتماد ۰/۹۵۲۲، (D) شینه تقسیم شده با کلید و شینه فرعی با قابلیت اعتماد ۰/۹۵۵۹، (E) شینه دابل یک و نیم کلیدی با قابلیت اعتماد ۰/۹۹۷۴ و (F) شینه دابل دو کلیدی با قابلیت اعتماد ۰/۹۹۷۶ می‌باشد



شکل ۱- مقادیر قابلیت اعتماد بر حسب انواع شینه‌بندی [۸]

۳- پارامترها و شاخص‌های قابلیت اعتماد سیستم

داده‌های مورد نیاز برای ارزیابی‌های کمی قابلیت اعتماد سیستم تا حدی به ماهیت سیستمی که مطالعه و تحقیق می‌شود و به جزئیات تحقیق و مطالعه بستگی دارد. داده‌های اجزای سیستم که عموماً مورد نیاز هستند شامل نرخ خرابی (نرخ خروج اجباری) در ارتباط با حالت‌های متفاوت خرابی قطعه، زمان مورد انتظار یا زمان متوسط برای تعمیر یا تعویض قطعه خراب شده، نرخ خروج برنامه‌ریزی شده (تعمیر و نگهداری) و طول مدت زمان مورد انتظار یک رویداد قطعی زمانبندی شده می‌باشند.

شاخص‌های قابلیت اعتمادی که برای شبکه انتقال و فوق توزیع در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته در ادامه به اختصار بیان شده است.

$$(1) \lambda = (\text{کل زمان عملکرد المان} / \text{تعداد کل خطاها در طول مدت بهره‌برداری})$$

$$(2) r = (\text{تعداد کل خرابی المان در آن} / \text{کل زمان تعمیر المان})$$

محاسبات قابلیت اعتماد از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. خطوط و کابل‌ها در سه حالت خروج (قطعی‌های خودکار)، حالت کار و حالت خارج از سرویس کار می‌کنند. از عواملی که سبب قطعی‌های خودکار خطوط می‌شود می‌توان به مواردی از قبیل برخورد صاعقه با دکل، بالا بودن مقاومت زمین پای دکل، افتادن دکل، قطع مدارات به علت نوسانات سیم، صدمه دیدن چندین کابل درون یک تونل به علت حفاری و... اشاره کرد که این موارد جزء خرابی‌های مود مشترک می‌باشند [۴-۵].

۲-۲ - کلیدهای فشار قوی و تاثیرات آن بر قابلیت اعتماد شبکه

کلیدهای فشار قوی علاوه بر برقراری و ایجاد ارتباط یا جداسازی بین تجهیزات سیستم‌های الکتریکی از قبیل ژنراتورها، ترانسفورماتورها، خطوط انتقال، مصرف کننده‌ها و ...، وظیفه‌ی حفاظت از دستگاه‌ها، وسایل و سیستم‌های الکتریکی را در مقابل جریان زیاد، بار زیاد و جریان‌های اتصال کوتاه نیز بر عهده دارند. علل وقوع خطا در کلیدهای قدرت شامل خطاهای مکانیزم فرمان، خطاهای ناشی از خرابی عایق جامد خارجی، خطاهای ناشی از ولتاژهای گذرا، خطاهای ناشی از عدم استفاده صحیح، خرابی مقاومت و خازن، خطاهای ناشی از عوامل بیرونی (حیوانات، اجسام خارجی و...) می‌باشد [۶-۷].

۲-۳ - ترانسفورماتورهای قدرت و تاثیر آن بر قابلیت اعتماد شبکه

ترانسفورماتور از نظر محاسبات قابلیت اعتماد از اهمیت بسزایی برخوردار می‌باشند. قطعی‌ها در ترانسفورماتور شامل خروج خارج از برنامه سالیانه (قطعی‌های خودکار و اضطراری) و خروج طبق برنامه سالیانه می‌باشد. عوامل خروج خارج از برنامه سالیانه ناشی از علل داخلی و علل خارجی می‌باشد. علل خارجی شامل مواردی از قبیل عملکرد سیستم حفاظتی خارجی، خروج اضطراری در اثر اضافه بار ترانس بدلیل قطع سایر تجهیزات، تماس اشیاء خارجی با تجهیزات برق‌دار ترانس، حیوانات موزی، حوادث غیر مترقبه، خروج بدلیل اشکال در ساختار سیستم و عملیات نیروی انسانی می‌باشد. علل داخلی بر طبق گزارش منتشر شده توسط IEEE که طی آن خطاهای ترانسفورماتور در یک دوره ده ساله مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته ناشی از خطاهای سیم پیچی ۵۱/۱۴٪، خطاهای تپ چنجر ۱۸/۷٪، خطاهای بوشینگ ۱۵/۴۴٪، خطاهای ترمینال‌ها ۷/۲۵٪، خطاهای هسته ۲/۶۷٪، خطاهای متفرقه ۴/۸۰٪ می‌باشد [۶-۷].

۴- ساختار و مشخصات کلی شبکه برق منطقه‌ای باختر

شرکت برق منطقه‌ای باختر با مسولیت تامین برق مشترکین حوزه‌های با وسعت ۷۶۷۸۹ کیلومترمربع و با طول جغرافیایی ۶۶۰ کیلومتر (شرق به غرب) و عرض ۴۵۰ کیلومتر (شمال به جنوب) را عهده‌دار است. این شرکت از شمال به برق منطقه‌ای زنجان، از غرب به برق منطقه‌ای غرب، از جنوب به شرکت برق منطقه‌ای خوزستان، از جنوب شرقی با شرکت برق منطقه‌ای اصفهان و از شرق و شمال شرق به برق منطقه‌ای تهران محدود می‌شود. حوزه تحت پوشش این شرکت، بر اساس آخرین آمار دارای جمعیتی بالغ بر ۴/۸ میلیون نفر می‌باشد. در محدوده برق منطقه‌ای باختر سه شرکت توزیع نیروی برق استان لرستان، مرکزی و همدان، مسولیت قسمت توزیع و دو شرکت مدیریت تولید شهید مفتاح و سازند مسولیت تولید انرژی را برعهده دارند. دو نیروگاه بزرگ سازند و شهید مفتاح به ترتیب هر یک با چهار واحد با ظرفیت ۳۲۵ و ۲۵۰ مگاوات بوده که انرژی تولیدی خود را از طریق ۳ ایستگاه ۴۰۰ کیلوولت، ۱۴ ایستگاه ۲۳۰ کیلوولت و ۱۱۷ ایستگاه ۶۳ کیلوولت به مصرف‌کنندگان خود انتقال می‌دهد. در حال حاضر انرژی در این شرکت از طریق ۸۰۰ کیلومتر مدار ۴۰۰ کیلوولت، ۲۶۲۹/۴ کیلومتر مدار ۲۳۰ کیلوولت، ۵۰۶۸/۸ کیلومتر مدار ۶۳ کیلوولت انجام می‌پذیرد. شکل (۲) دیاگرام تک‌خطی شبکه برق باختر را نشان می‌دهد.

۵- حوادث شبکه

در جدول (۱) یک نمونه از اطلاعات حوادث شبکه برای خطوط آورده شده است. در این جدول مشخصاتی مثل نام خط، کد خط، تاریخ قطع، زمان قطع، تاریخ وصل، زمان وصل، مدت قطع، نوع قطعی، شرایط جوی، علت در مبدأ، علت در مقصد و توضیحات می‌تواند بیان شود. برای محاسبه نرخ خرابی و زمان تعمیر، تمام خروجی‌ها به غیر از خروج‌های طبق برنامه‌ها در نظر گرفته شده است. خروج‌های طبق برنامه در قسمت Planned Outage در نرم‌افزار بر اساس تاریخ قطع، زمان قطع، تاریخ وصل و زمان وصل وارد شده است. اطلاعات حوادث برای ترانسها به شکل مشابه بررسی و در نرم‌افزار DiGSILENT شبیه‌سازی شده است [۹].

سایر مانع‌های موجود در شبکه را ایده‌آل در نظر گرفته‌ایم و تنها به بررسی آثار خرابی خطوط و ترانسفورماتورها و کلیدهای قدرت پرداخته‌ایم.

SAIFI (شاخص فرکانس متوسط قطع سیستم): این شاخص به صورت مجموع تعداد المانهای قطع شده به تعداد کل المانهای سیستم در سال تعریف می‌شود.

CAIFI (شاخص متوسط فرکانس قطع هر المان): این شاخص به صورت تعداد کل قطعی‌های پیش آمده برای یک المان به تعداد کل المانهایی که یک یا بیشتر از یک قطعی داشتند در یک سال تعریف می‌شود.

SAIDI (متوسط زمان خاموشی سیستم): معیار است که تعداد ساعات خاموشی بلند مدت را به ازاء هر المان در طول یکسال نشان می‌دهد و کاهش آن نشانه بالاتر رفتن قابلیت اعتماد است.

CAIDI (متوسط زمان خاموشی المانها): این شاخص به صورت مجموع مدت زمان قطعی برای هر المان به مجموع تعداد المانهایی که قطعی داشتند در سال تعریف می‌شود و معیاری است برای تعیین آنکه سرعت پاسخ شرکت برق به حوادثی که در شبکه‌اش رخ داده چقدر بوده است و کاهش آن لزوماً به معنی بهبود قابلیت اعتماد نیست. این شاخص به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI} \quad (3)$$

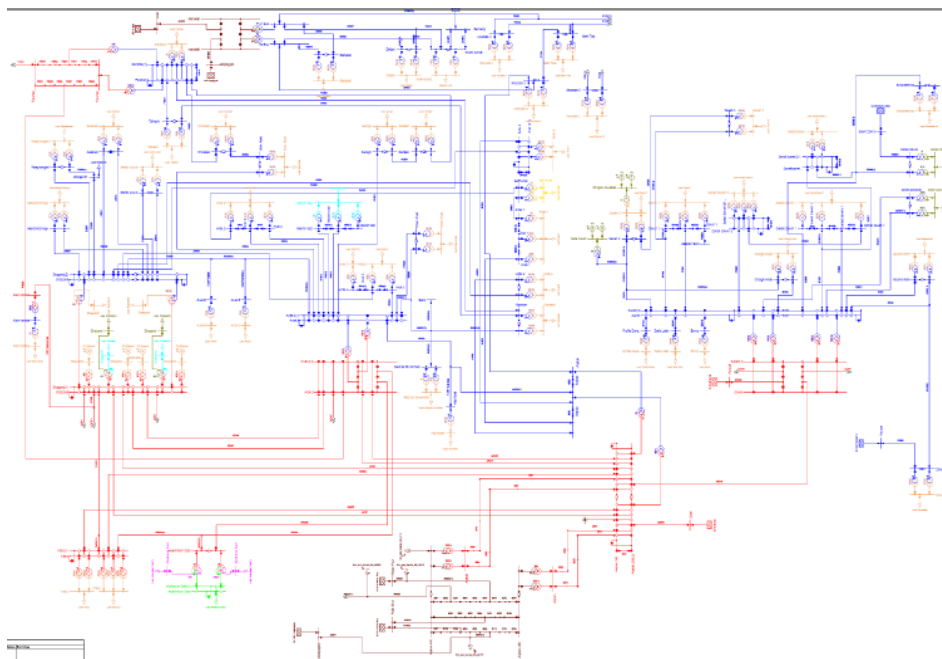
ASAI (متوسط دسترس پذیری یا آمادگی سیستم): این شاخص به صورت مجموع ساعاتی که المانها برقرار بوده‌اند به مجموع ساعاتی که المانها باید برقرار باشند تعریف می‌شود و بر حسب پیرونیته می‌باشد. به عبارتی این شاخص، احتمال وصل و وزن داده شده المانهای سیستم است و بالا رفتن آن به معنای بهبود قابلیت اعتماد است.

ASUI (متوسط دسترس‌پذیری یا آمادگی سیستم): این شاخص متمم شاخص ASAI است.

ENS (انرژی تأمین نشده) و AENS (متوسط انرژی تأمین نشده): مقدار انرژی متوسط تأمین نشده برای همه المانهاست و بر حسب مگاوات ساعت در سال بیان می‌شود.

ACCI (متوسط انقطاع المانها): مقدار انرژی متوسط تأمین نشده به ازای المانهایی است که دچار قطعی شده‌اند و بر حسب مگاوات ساعت در سال بیان می‌شود [۴-۵].

در این تحقیق ابتدا تعداد خرابی‌های المانها و زمان هر قطعی و نوع آن بر اساس گزارشات برق منطقه‌ای باختر تفکیک شده و سپس برای هر المان λ و μ مربوطه محاسبه و اطلاعات حاصله برای هر المان برای شبکه شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار DiGSILENT وارد شده است. سپس شاخص‌های یاد شده برای سیستم تحت مطالعه محاسبه شده است.



شکل ۲- دیاگرام تک خطی شبکه برق باختر

همچنین در نرم‌افزار DigSILENT برای خطوط باید نرخ خطا برای هر ۱۰۰ کیلومتر بیان شود [۱۰].

جهت محاسبه نرخ خروج اجباری ترانسفورمرها، همه خاموشی‌های ثبت شده به جز خاموشی‌هایی که در اثر قطع ولتاژ ثبت گردیده بود (مثلاً حالتی که حفاظت ترانسفورمر منجر به قطع برق شده بود) در نظر گرفته شده و همچنین زمان خاموشی‌های برنامه‌ریزی شده نیز با ذکر تاریخ و ساعت قطع و وصل به نرم‌افزار داده شده است [۱۰].

در خطوط علاوه بر نرخ خروج و زمان تعمیر اجباری دائمی، برای خاموشی‌های در حد چند میلی ثانیه λ و r گذرا نیز محاسبه گردیده و برای کلیه دژنکتورها درصد خطای 0.00001 منظور گردیده است [۱۰].

۸- محاسبه شاخص‌های خروجی شبکه

در جدول (۲) مقادیر شاخص‌های شبکه شرکت برق منطقه‌ای باختر بر اساس موارد ذکر شده محاسبه و نشان داده شده است.

جدول ۲- شاخص‌های شبکه شرکت برق منطقه‌ای باختر

SAIFI	۸۱/۶۸۷۳۸۶	1/Ca
CAIFI	۱۶۰/۱۰۷۲۷۷	1/Ca
SAIDI	۱۳۵/۱۱۱	h/Ca
CAIDI	۱/۶۵۴	h
ASAI	۰/۹۸۴۵۷۶۳۸۲۳	pu
ASUI	۰/۰۱۵۴۳۶۱۷۷	pu
ENS	۶۴۴۴۰/۳۳۸	Mwh/a
AENS	۴۳۸/۳۷۰	Mwh/Ca

جدول ۱- نمونه اطلاعات حوادث شبکه در برق منطقه‌ای باختر

ردیف	نام خط	کد خط	تاریخ قطع	زمان قطع	تاریخ وصل	زمان وصل
۳۶۱	کوهدشت ۱ - کوهدشت ۲	SJ ۶۰۲	۱۳۸۸/۰۲/۲۲	۹/۵۲	۱۳۸۸/۰۲/۲۲	۱۰/۰

۶- مدل‌سازی شبکه برق باختر در نرم‌افزار DigSILENT

در شبکه تحت مطالعه، اتصال به شبکه‌های برق منطقه‌ای دیگر با External Grid شبیه‌سازی شده است و اطلاعات قدرت اتصال کوتاه سه فاز بر حسب MVA و جریان اتصال کوتاه سه فاز بر حسب KA در پست مربوط به اتصال شبکه برق باختر به شبکه‌های برق منطقه‌ای مجاور برای آنها وارد شده است. برای مدل کردن پائین دست شبکه نیز از بارهایی با ضریب توان 0.8 و توان اکتیو موجود بر حسب MW استفاده شده است که مقدار توان اکتیو هر بار از میانگین‌گیری حداکثر مقدار بار غیر همزمان در طول دوازده ماه سال بدست آمده است [۹].

۷- محاسبه شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه برق منطقه‌ای باختر

محاسبه شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه موجود برای محاسبه نرخ خرابی λ و زمان تعمیر r ، در یک دوره زمانی ۱۹۳۳ روز معادل ۴۶۳۹۲ ساعت و معادل ۲۷۸۳۵۲۰ دقیقه از تاریخ ۸۵/۰۱/۰۱ لغایت ۹۰/۰۳/۱۵ در سالهای ۲۰۰۶-۲۰۱۱ میلادی در نظر گرفته شده و با استفاده از روابط مربوط به λ و r ، مقادیر آنها به ترتیب بر حسب تعداد خطا بر سال و ساعت محاسبه شده است.

در صورت اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق منطقه‌ای باختر، L و r ترانس‌های اتصال دهنده این منابع به شین ۲۰ کیلوولت پست‌های مذکور مشابه L و r ترانس‌های همان پست در نظر گرفته شده است. شاخص SAIFI از ۸۱/۶۸۷۳۸۶ به ۷۶/۳۹۲۹۷۴ یعنی حدود ۶/۴۸۱۳۱ درصد کاهش داشته است. با توجه به تعریف SAIFI نتیجه گرفته می‌شود که با اضافه شدن منابع تولید پراکنده به شبکه، بدلیل ثابت بودن تعداد قطعی‌ها و افزایش تعداد المانهای شبکه و تغذیه بار از دو طریق خطوط و منابع تولید پراکنده در محل بار و در نتیجه امکان تامین بار منطقه و کاهش خاموشی در صورت قطع خطوط و ترانس‌های تغذیه کننده منطقه از طریق منابع تولید پراکنده، در نتیجه شاخص فرکانس قطعی متوسط شبکه کاهش می‌یابد.

شاخص CAIFI از ۱۶۰/۱۰۷۲۷۷ به ۱۵۱/۶۱۴۵۵۶ یعنی حدود ۵/۳۰۴۳۹۴۱۳ درصد کاهش داشته است. با توجه به تعریف CAIFI نتیجه گرفته می‌شود که با اضافه شدن منابع تولید پراکنده به شبکه، بدلیل ثابت بودن تعداد کل خطاها در طول مدت بهره برداری و افزایش کل زمان عملکرد المان بدلیل افزایش تعداد المان‌های شبکه این شاخص کاهش یافته است.

شاخص SAIDI از ۱۳۵/۱۱۱ به ۱۲۹/۹۰۵ یعنی حدود ۳/۸۵۳۱۳ درصد کاهش داشته است. با توجه به تعریف SAIDI نتیجه گرفته می‌شود که با اضافه شدن منابع تولید پراکنده به شبکه، بدلیل ثابت بودن مدت زمان قطعی‌ها و افزایش تعداد کل المانها این شاخص کاهش یافته است. بهبود آن کاهش تعداد یا مدت زمان خاموشی‌های بلند مدت است و کاهش آن نشانه بالاتر رفتن قابلیت اعتماد سیستم می‌باشد.

میزان شاخص متوسط زمان خاموشی هر مشترک CAIDI از ۱/۶۵۴ به ۱/۷۰۲ یعنی حدود ۲/۸۲۰۲۱ درصد افزایش داشته است. با توجه به تعریف (CAIDI) که برابر است با $CAIDI = \frac{SAIDI}{SAIFI}$ نتیجه گرفته می‌شود که با کاهش ۳/۸۵۳۱۳ درصدی شاخص SAIDI و کاهش ۶/۴۸۱۳۱ درصدی شاخص SAIFI، و با توجه به درصد کاهش بیشتر در مخرج کسر مقدار شاخص CAIDI افزایش می‌یابد.

میزان شاخص متوسط دسترس‌پذیری یا آمادگی سیستم ASAI از ۰/۹۸۴۵۷۶۳۸۲۳ به ۰/۹۸۵۱۷۰۷۱۴۳ یعنی حدود ۰/۰۶۰۳۶۴۲ درصد افزایش داشته است که این افزایش به دلیل کاهش میزان شاخص متوسط زمان خاموشی سیستم SAIDI از ۱۳۵/۱۱۱ به ۱۲۹/۹۰۵ می‌باشد.

۹- بررسی تاثیر استفاده از منابع تولید پراکنده جهت بهبود قابلیت اعتماد بر شبکه برق منطقه‌ای باختر

با توجه به اینکه این منابع به بار نزدیک‌تر می‌باشند و در تمامی شبکه پخش شده‌اند به نظر می‌رسد که تاثیرات مثبتی بر روی بهبود اکثر شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه داشته باشند. ضمناً استفاده از این منابع دارای مزایایی از قبیل آزاد کردن ظرفیت شبکه انتقال و فوق توزیع، کاهش تلفات و افزایش پایداری شبکه خواهد بود. لذا در این بخش هدف بررسی اثرات این منابع بر روی شاخص‌های قابلیت اعتماد شبکه می‌باشد.

مکان نصب این منابع بر طبق مطالعات دفتر تحقیقات شرکت برق منطقه‌ای باختر عبارتند از: پست ۶۳/۲۰ الیگودرز ۲، پست ۶۳/۲۰ مأمونیه، پست ۶۳/۲۰ محلات، پست ۶۳/۲۰ دلجان، پست ۶۳/۲۰ خمین، پست ۶۳/۲۰ شهرک صنعتی ویان، پست ۶۳/۲۰ دورود ۲، پست ۶۳/۲۰ بروجرد ۳، پست ۶۳/۲۰ الشتر، پست ۶۳/۲۰ کوه‌دشت ۲، پست ۶۳/۲۰ نورآباد، پست بروجرد ۲، پست ۶۳/۲۰ پلدختر، پست ۶۳/۲۰ شهرک صنعتی بروجرد، پست ۶۳/۲۰ همدان ۱، پست ۶۳/۲۰ همدان ۲، پست ۶۳/۲۰ فامنین، پست ۶۳/۲۰ همدان ۴، پست ۶۳/۲۰ اختصاصی دانشگاه بوعلی سینا، پست ۶۳/۲۰ تویسرکان ۲، پست ۶۳/۲۰ اراک ۳، پست ۶۳/۲۰ اراک ۵، پست ۶۳/۲۰ نهاوند، پست ۶۳/۲۰ تویسرکان، پست ۶۳/۲۰ شهرک صنعتی شوشاب ملایر، پست ۶۳/۲۰ صنعتی ساوه ۱ و ۲، پست ۲۳۰ کیلوولت بهمن، پست ۶۳/۲۰ رزن، پست ۶۳/۲۰ دورود، پست ۶۳/۲۰ ساوه ۲ و پست ۶۳/۲۰ شهرک صنعتی ساوه ۳. این منابع پراکنده از نوع CHP بوده و در هر پست شامل سه واحد ۹ مگاواتی به ظرفیت نامی ۲۷ مگاوات می‌باشد که با سه ترانس به شین‌های ۲۰ کیلوولت وصل شده‌اند. پس از اعمال این منابع در شبکه، شاخص‌های شبکه به شرح زیر بدست آیند.

جدول ۳- شاخص‌های شبکه شرکت برق منطقه‌ای باختر پس از نصب

منابع تولید پراکنده

SAIFI	۷۶/۳۲۲۹۷۴	1/Ca
CAIFI	۱۵۱/۶۱۴۵۵۶	1/Ca
SAIDI	۱۲۹/۹۰۵	h/Ca
CAIDI	۱/۷۰۲	h
ASAI	۰/۹۸۵۱۷۰۷۱۴۳	pu
ASUI	۰/۰۱۴۸۲۹۲۸۵۷	pu
ENS	۶۹۶۷۳/۱۷۷	Mwh/a
AENS	۴۷۳/۹۶۷	Mwh/Ca

در جدول ۴ میزان تغییر شاخص‌های مورد مطالعه پس از استفاده از منابع تولید پراکنده بیان شده است.

میزان شاخص متوسط انرژی تأمین نشده (AENS) از ۴۳۸/۳۷۰ به ۴۳۷/۹۶۷ یعنی حدود ۰/۹۱۹۳ درصد کاهش داشته است. با توجه به تعریف (AENS) که برابر است با کل انرژی تأمین نشده تقسیم بر تعداد کل مشترکین سرویس داده نشده است، این اندیس متوسط انرژی تأمین نشده برای هر مشترک را نشان می‌دهد که با توجه به وجود منابع تولید پراکنده در منطقه برخی از مشترکین طبیعی به نظر می‌رسد که شاخص متوسط انرژی تأمین نشده برای هر مشترک کاهش یابد.

میزان شاخص انرژی تأمین نشده (ENS) از ۶۴۴۰/۳۳۸ مگا وات ساعت در سال به ۶۹۶۷۳/۱۷۷ مگا وات ساعت در سال یعنی حدود ۸/۱۲۰۴۴ درصد افزایش داشته است. با توجه به تعریف (ENS) که برابر با کل انرژی تأمین نشده می‌باشد، همانطور که گفته شد مجموع توان تولیدی منابع تولید پراکنده ۸۰۰ مگاوات می‌باشد که با ورود این توان به شبکه با توجه به نرخ خرابی و زمان تعمیر المان‌های شبکه و همچنین عدم قابلیت عملکرد جزیره‌ای این منابع سبب می‌شود که ۵۲۳۲/۸۳۹ مگا وات ساعت در سال انرژی توزیع نشده سیستم در مجموع افزایش یابد.

جدول ۴- شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه و میزان تغییرات شاخص‌ها بعد از استفاده از منابع تولید پراکنده

AENS	ENS	ASAI	CAIDI	SAIDI	CAIFI	SAIFI	شاخص‌های شبکه
۴۳۸/۳۷۰	۶۴۴۰/۳۳۸	۰/۹۸۴۵۷۶۳۸۲۳	۱/۶۵۴	۱۳۵/۱۱۱	۱۶۰/۱۰۷۲۷۷	۸۱/۶۸۷۳۸۶	وضعیت کنونی شبکه
۴۳۷/۹۶۷	۶۹۶۷۳/۱۷۷	۰/۹۸۵۱۷۰۷۱۴۳	۱/۷۰۲	۱۲۹/۹۰۵	۱۵۱/۶۱۴۵۵۶	۷۶/۳۹۲۹۷۴	وضعیت شبکه بعد از استفاده از منابع تولید پراکنده
-۰/۰۹۱۹۳	۸/۱۲۰۴۴	-۰/۰۶۰۳۶۴۲	۲/۸۲۰۲۱	-۲/۸۵۳۱۳	-۵/۳۰۴۳۹۴۱۳	-۶/۴۸۱۳۱	میزان تغییر شاخص‌ها به درصد بعد از نصب تولیدات پراکنده

۱۰- مراجع

- [۱] روی بیلیتون، رونالد آلن؛ «ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های مهندسی»؛ ترجمه دکتر محسن رضاییان، انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۹.
- [۲] روی بیلیتون، رونالد آلن؛ «ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم‌های قدرت»؛ ترجمه دکتر محمود رضا حقی قام و مهندس محمد اسماعیل هنرمند، انتشارات جهاد دانشگاهی، ۱۳۸۷.
- [۳] استاندارد "اتصال به شبکه مولدهای تولید پراکنده".
- [4] L. Goel, R. Gupta, M.F. Ercan. "Comparison of subtransmission system reliability worth for diverse systems by including health considerations". Electric Power Systems Research Journal, Elsevier, Switzerland, Vol 74, No 1, April 2005, pp 65 – 72
- [5] Gupta, R.; Goel, L. "An educational tool for subtransmission system reliability evaluation" Power System Technology, 2000. Proceedings,
- [۶] مطالعات جامع قابلیت اطمینان شبکه برق ایران، شرکت زیمنس، فروردین ۸۵.
- [۷] بانک اطلاعات قابلیت اطمینان شبکه انتقال ایران، شرکت مدیریت شبکه برق ایران، شهریور ۸۴.
- [۸] ارزیابی قابلیت اطمینان پست‌های فشار قوی در سیستم‌های قدرت- کوروش فردوسیان-حبیب قراگوزلو- هشتمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق.
- [9] DiGSILENT Power Factory Manuals & Helps. Science, 1989.
- [۱۰] گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه فوق توزیع لرستان، دکتر مجید گندمکار.