قرارداد بیمه انتقال انرژی الکتریکی، روشی تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان

علی خندانی و اصغر اکبری فرود

چکیده: با تجدید ساختار در صنعت برق و رقابتی‌شدن بازار برق، تصمیم‌گیری‌های شرکت‌ها در راستای کسب بیشترین سود صورت می‌گیرد. از این رو شرکت‌های انتقال علاقه‌ای به افزایش قابلیت اطمینان و اصلاح ساختارهای موجود بدون به دست آوردن منافع مالی ندارند و از طرفی، مصرف‌کنندگان خواستار انرژی با قابلیت اطمینان بالاتر و نیازمند تضمینی برای دریافت انرژی باکیفیت می‌باشند. در این مقاله، بیمه انتقال انرژی الکتریکی به عنوان روشی تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان مطرح شده است. در این روش، شرکت‌های بیمه قابلیت اطمینان سیستم انتقال را افزایش خواهند داد و شرکت بیمه خسارات ناشی از عدم تأمین انرژی الکتریکی را به مصرف‌کنندگان پرداخت خواهد نمود. روش پیشنهادی در شبکه ٦باسه مورد مطالعه قرار گرفته است و نتایج نشان می‌دهد روش پیشنهادی سبب افزایش قابلیت اطمینان شبکه خواهد شد.

کلید واژه: **بازار برق، قابلیت اطمینان، بیمه انتقال، شبکه انتقال.**

۱- مقدمه

اجزای مختلفی در تأمین انرژی الکتریکی مصرف‌کنندگان نقش دارند که از جمله این اجزا می‌توان به نیروگاه‌ها، خطوط انتقال و خطوط توزیع اشاره نمود و نحوه عملکرد هر یک از این اجزا در کیفیت توان تحویلی به مصرف‌کنندگان نقش دارد. با انجام تجدید ساختار در صنعت برق، هر یک از این اجزا به سمت خصوصی‌سازی پیش رفته است به طوری که تولیدکننده، منتقل‌کننده و توزیع‌کننده انرژی می‌تواند شرکت‌های مختلفی باشد و در نتیجه بازار رقابتی انرژی شکل گرفته و در این میان راهکارهای مختلفی برای ارزش‌گذاری بر انتقال مطرح شده است [۱] تا [۵]. مالک خط در ازای دریافت مبلغی، انرژی الکتریکی را از تولیدکننده به مصرف‌کننده منتقل می‌کند اما نکته قابل تأمل کیفیت این توان است. حوادث ناخواسته می‌تواند سبب از کار افتادن یک یا چند خط از خطوط انتقال شود، در نتیجه انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان تأمین نخواهد شد. از این رو انتظار می‌رود مالک خط انتقال قابلیت اطمینان خطوط را افزایش دهد تا این عدم تأمین انرژی به حداقل ممکن برسد. اما این کار نیاز به صرف هزینه دارد و در ساختار جدید که منفعت خصوصی ملاک تصمیم‌گیری قرار می‌گیرد، مالکان خطوط علاقه‌ای به انجام این کار ندارند. نویسنده در [۶] عنوان می‌دارد برای احداث خطوط انتقال جدید، تمرکز از قابلیت اطمینان بر مباحث اقتصادی تغییر پیدا کرده است. در گسترش خطوط انتقال مبتنی بر مسایل اقتصادی، با در نظر گرفتن رشد تقاضای انرژی الکتریکی، افزایش تعداد تنگناهای انتقال و کاهش سرمایه‌گذاری در بخش انتقال نیاز به ایجاد انگیزه در سرمایه‌گذاران احساس می‌شود. برای ترویج سرمایه‌گذاری در بخش انتقال، نیازهای روزافزون برای یک روش سیستماتیک برای بررسی گسترش انتقال برای تشویق سرمایه‌گذاران از دیدگاه‌های مختلف احساس می‌شود. در [۶] مشکل توسعه انتقال در محیط بازار رقابتی از دیدگاه بهره‌بردار مستقل سیستم و سرمایه‌گذران فرموله شده است. روش پیشنهادی با استفاده از تجزیه و تحلیل پارامتری به شناسایی محل و میزان افزایش خط انتقال برای کسب بیشترین سود پرداخته است. احداث خطوط جدید می‌تواند موجب افزایش قابلیت اطمینان شده و برای شرکت‌های انتقال منافع اقتصادی داشته باشد. در [۷] و [۸] نویسندگان به موضوع افزایش قابلیت اطمینان با اضافه‌کردن خطوط جدید با در نظر گرفتن مباحث اقتصادی پرداخته‌اند.

در [۷] توسعه بهینه شبکه انتقال با اضافه‌کردن اتصالات جدید خطوط مورد ارزیابی قرار گرفته و تابع هدف مورد استفاده شامل قابلیت اطمینان خطوط و هزینه گسترش شبکه می‌باشد. مسأله بهینه‌سازی چندهدفه با استفاده از سه روش الگوریتم ژنتیک حل شده است. در [۸] یک روش جدید برای حل مسأله برنامه‌ریزی توسعه خطوط انتقال در شبکه قدرت بر پایه برنامه‌ریزی ابتکاری مورچگان (ACO) معرفی شده است. هدف مسأله توسعه انتقال مطرح شده در این مقاله؛ کاهش هزینه‌ها با در نظر داشتن هزینه گسترش شبکه و ارزش قابلیت اطمینان می‌باشد. ارزش قابلیت اطمینان از طریق محاسبه هزینه وقفه توسط شاخص (LOLC) تعیین شده و تمرکز این کار بر روی گسترش روش‌های چندهدفه توسعه خطوط انتقال با در نظر گرفتن تأثیر قابلیت اطمینان می‌باشد. در [۹] روش تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه برای واحدهای تولیدی و خطوط انتقال در یک بازار رقابتی آزاد ارائه شده و محدودیت‌های انتقال و خروج اجباری خطوط در یک بازه زمانی عملیاتی در این مقاله در نظر گرفته شده است. هدف ISO از تعمیرات و نگهداری واحدهای تولیدی و خطوط انتقال، حفظ سطح مناسبی از قابلیت اطمینان در طول دوره عملیاتی است اما هدف شرکت‌های انتقال حداقل‌کردن هزینه تعمیرات و نگهداری می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد اجرای برنامه‌ریزی زمانی ISO برای تعمیرات و نگهداری نسبت به اجرای برنامه‌ریزی زمانی شرکت انتقال برای تعمیرات و نگهداری، منجر به انرژی تأمین‌نشده کمتری در دوره زمانی مورد بحث خواهد شد. در [۱۰] هم نویسندگان به بهینه‌سازی تابع هدف، شامل هزینه تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و هزینه قابلیت اطمینان پرداخته‌اند. نویسنده در [۱۱] و [۱۲] به بهینه‌سازی تابع هدف، شامل هزینه تعمیرات و نگهداری و هزینه انرژی تأمین‌نشده در شبکه توزیع پرداخته است. هزینه تعمیرات و نگهداری، شامل هزینه تعمیرات و نگهداری اصلاحی و پیشگیرانه می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش عملیات تعمیرات و نگهداری، هزینه انرژی تأمین‌نشده کاهش یافته است.

این مقاله در تاریخ ۶ دی ماه ۱۳۹۱ دریافت و در تاریخ ۲۳ شهریور ماه ۱۳۹۲ بازنگری شد.

علی خندانی، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، (email: alikhandoon@gmail.com).

اصغر اکبری فرود، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه سمنان، سمنان، (email: aakbari@semnan.ac.ir).

Archive of SID

www.SID.ir

در این مقاله سعی شده روشی تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان خطوط موجود، بدون اضافه‌نمودن خط جدید مطرح شود که این روش، بیمه انتقال نام دارد. صنعت بیمه در کنار اغلب صنایع، کالای مورد نیاز را بیمه می‌نماید تا در صورت بروز عیب، خسارت واردشده به مشتری را جبران نماید. در روش بیمه انتقال انرژی الکتریکی، انرژی الکتریکی منتقل‌شده، بیمه خواهد شد و شرکت‌های بیمه برای اولین بار به عنوان بازیگران جدید در بازار برق معرفی شده و علاوه بر افزایش قابلیت اطمینان سیستم مورد بررسی، انگیزه اقتصادی لازم برای شرکت‌های بیمه نیز تأمین می‌شود. بدین منظور در بخش دوم، بیمه انتقال به عنوان یک راهکار تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان تشریح خواهد شد و در ادامه روش‌هایی برای افزایش قابلیت اطمینان ارائه می‌شوند. در بخش سوم، روند اجرای این روش و نحوه پیاده‌سازی آن بیان شده و در بخش چهارم به مطالعه موردی یک سیستم نمونه پرداخته شده است. بخش پنجم هم به نتیجه‌گیری اختصاص دارد.

۲- بیمه انتقال

صنعت بیمه در کنار اغلب صنایع با دریافت مبلغ بیمه‌نامه کالای مورد نظر را بیمه می‌نماید تا در صورت بروز عیب، خسارت واردشده به بیمه‌گذاران را جبران کند. بیمه حمل و نقل کالا یکی از خدمات شرکت‌های بیمه است و شرکت‌های حمل و نقل کالا با دریافت هزینه، کالای مورد نظر را از جایی به جای دیگر منتقل می‌کنند. در کنار این شرکت‌ها، شرکت‌های بیمه با دریافت مبلغ بیمه‌نامه، کالای منتقل‌شده را بیمه می‌کنند و در صورت آسیب‌دیدن کالا در حمل و نقل، شرکت بیمه خسارت واردشده را جبران می‌نماید. به این ترتیب بیمه‌گذار از وصول کالای خود اطمینان خواهد داشت و در صورت عدم وصول کالای مورد نیاز از شرکت بیمه خسارت دریافت خواهد کرد.

بیمه انتقال انرژی الکتریکی پیشنهادشده در این مقاله، همانند بیمه حمل و نقل کالا می‌باشد به طوری که شرکت بیمه با دریافت مبلغ بیمه‌نامه، انرژی الکتریکی منتقل‌شده از تولیدکننده به مصرف‌کننده را بیمه می‌نماید. در بیمه انتقال انرژی، شرکت بیمه در صورت عدم تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کننده، به بیمه‌گذار خسارت پرداخت خواهد کرد (متناسب با میزان انرژی تأمین‌نشده) که این عدم تأمین انرژی الکتریکی در صورت وقوع خرابی در سیستم انتقال رخ خواهد داد. بدیهی است که هزینه بیمه انتقال انرژی، جدا از هزینه‌ای است که برای انتقال انرژی پرداخت می‌شود.

تفاوت‌هایی بین انتقال انرژی الکتریکی با حمل و نقل کالا وجود دارد. انتقال انرژی الکتریکی بر اساس قوانین فیزیکی از خطوط انتقال انجام می‌پذیرد، در نتیجه مصرف‌کننده یا تولیدکننده نمی‌تواند مسیر انتقال را تعیین نماید و این قوانین فیزیکی هستند که تعیین‌کننده مسیر انتقال می‌باشند. قابلیت اطمینان مسیرهای مختلف، متفاوت است و این امر سبب می‌شود قابلیت اطمینان مصرف‌کنندگان مختلف تفاوت داشته باشد. همچنین بر خلاف سیستم حمل و نقل کالا، در انتقال انرژی الکتریکی شرکت‌های متعددی برای انتقال انرژی وجود ندارد تا مصرف‌کننده یا شرکت بیمه بتوانند از خطوط مختلف انرژی خود را تأمین نمایند. در نتیجه عوامل فوق، قابلیت اطمینان هر مصرف‌کننده تابعی از شرایط خطوط می‌باشد و به دلیل این که مصرف‌کنندگان نمی‌توانند مسیر انتقال و شرکت انتقال را انتخاب نمایند، قابلیت اطمینان مصرف‌کنندگان ثابت است. از این رو مصرف‌کنندگان علاقمند به افزایش قابلیت اطمینان خطوط موجود می‌باشند.

افزایش قابلیت اطمینان هزینه‌هایی برای شرکت‌های انتقال در پی دارد و از این رو شرکت‌های انتقال علاقه‌ای به افزایش قابلیت اطمینان خطوط موجود ندارند. اما شرکت‌های بیمه با دریافت حق بیمه، در صورت عدم تأمین انرژی مورد نیاز مصرف‌کنندگان باید به آنها خسارت پرداخت نمایند. از این رو خسارت پرداخت‌شده نسبت معکوس با قابلیت اطمینان سیستم خواهد داشت به طوری که در سیستم‌های با قابلیت اطمینان بیشتر، خسارت کمتری به مشترکین پرداخت خواهد شد. در نتیجه شرکت‌های بیمه به دنبال روش‌هایی برای افزایش قابلیت اطمینان خطوط موجود می‌باشند تا با افزایش قابلیت اطمینان خسارت پرداختی به مصرف‌کنندگان کاهش یابد.

روش‌های مختلفی برای افزایش قابلیت اطمینان وجود دارد که از جمله این روش‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

۱) احداث خطوط جدید
۲) برنامه‌ریزی تعمیرات دوره‌ای
۳) تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه

هر یک از روش‌های فوق می‌تواند به همراه پارامترهای دیگری در تابع هدف مسأله منظور شود. در بخش مقدمه، نمونه‌ای از کارهای صورت‌گرفته در زمینه افزایش قابلیت اطمینان با تابع هدف مورد استفاده بیان گردیده است. در این قسمت به بررسی تأثیر تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه در افزایش قابلیت اطمینان پرداخته می‌شود.

انواع روش‌های مختلف تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه برای افزایش قابلیت اطمینان در خطوط انتقال را می‌توان به ۳ دسته کلی تعمیرات و نگهداری اصلاحی، تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و نظارت بر وضعیت (پیش‌بینی تعمیرات و نگهداری) تقسیم‌بندی نمود. در این روش‌ها قابلیت اطمینان خطوط موجود افزایش می‌یابد.

۱) تعمیرات و نگهداری اصلاحی: معمولاً بعد از وقوع خطا انجام شده و آخرین راهکار برای افزایش قابلیت اطمینان می‌باشد. از این روش معمولاً در مورد تجهیزاتی که نمی‌توان پیش‌بینی از وضعیت آنها داشت (خطا به طور اتفاقی در آنها رخ می‌دهد) استفاده می‌شود.
۲) تعمیرات نگهداری پیشگیرانه: برای کاهش هزینه‌های مربوط به تعمیرات و نگهداری اصلاحی صورت می‌گیرد و معمولاً به صورت دوره‌ای انجام می‌شود. فواصل زمانی تعمیرات به زمان مورد انتظار برای وقوع خرابی بستگی دارد و این فواصل به گونه‌ای تنظیم می‌شوند تا قبل از وقوع خرابی مشکل تجهیزات برطرف شود.
۳) نظارت بر وضعیت: بر مبنای برآورد از وضعیت اجزا می‌باشد. یکی از اشکال ساده نظارت بر وضعیت، افزایش دوره تعمیر و نگهداری برای تجهیزات تازه است چرا که این تجهیزات در شرایط بهتری کار می‌کنند و احتمال وقوع خرابی در آنها کمتر است.

از جمله روش‌های تعمیرات و نگهداری می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) سیستم‌های تعمیر اضطراری[1]: بلایای طبیعی، طوفان‌های فصلی و ... باعث تخریب دکل‌های انتقال در نتیجه اخلال در انتقال انرژی می‌شوند. بازیابی خطوط به روش‌های معمول زمان زیادی می‌گیرد و استفاده از روش تعمیر اضطراری زمان بازیابی را کاهش خواهد داد.
۲) تعمیر و نگهداری خط گرم[2]: تعمیراتی مانند تعویض عایق‌ها، دمپرها و سایر سخت‌افزارها بدون این که انتقال انرژی متوقف شود.

1. Emergency Restoration Systems
2. Hotline Maintenance

Archive of SID
www.SID.ir

۳) شستشوی عایق‌های خطوط[1]: از این روش در مناطق با آلودگی زیاد استفاده می‌شود.
۴) تعمیرات پیشگیرانه[2]: روش‌های مختلفی برای تجهیزات مختلف به کار می‌رود که شامل نظارت لحظه‌ای بر تجهیزاتی مثل ترانس، راکتور، مدارشکن، تجهیزات ترانس، برقگیر و ... می‌باشد.
۵) نظارت بر شرایط[3]: روش‌هایی مانند RVM[4]، PDC[5] و DGA[6] برای ترانس، DCRM[7] برای مدارشکن‌ها و اندازه‌گیری جریان برگشتی هارمونیک سوم برای برقگیرها.

۳- نحوه پیاده‌سازی روش پیشنهادی

همان گونه که عنوان شد بیمه انتقال به عنوان یک راهکار تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان می‌تواند مطرح باشد. مهم‌ترین نکاتی که در این بحث به نظر می‌رسد نحوه تعیین مبلغ بیمه‌نامه، نحوه تعیین خسارت و لزوم افزایش قابلیت اطمینان می‌باشد.

۱) نحوه تعیین حق‌بیمه: با توجه به این نکته که بیمه انتقال روشی برای بهبود قابلیت اطمینان پیشنهاد شده است، مبلغ بیمه‌نامه متناسب با خسارت هر یک از مصرف‌کنندگان در سال گذشته در اثر عدم تأمین انرژی الکتریکی در نظر گرفته می‌شود

$$A(i) = \alpha \times NDE(i) \times CC(i) \quad , \quad 0 < \alpha < 1 \qquad (1)$$

در (۱)، $A(i)$ مبلغ بیمه‌نامه برای مصرف‌کننده i، $NDE(i)$ انرژی تأمین‌نشده در طول سال برای مصرف‌کننده i و $CC(i)$ هزینه هر کیلووات ساعت انرژی تأمین‌نشده برای مصرف‌کننده i می‌باشد.

انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف‌کنندگان ارزش مشخصی برای آنها دارد به طوری که با تأمین‌نشدن این انرژی، خسارتی به مصرف‌کنندگان وارد خواهد شد و در نتیجه افزایش قابلیت اطمینان ارزشی برابر با این خسارت خواهد داشت. اما در صورتی که کل خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان در سال گذشته به عنوان حق بیمه به شرکت بیمه پرداخت شود، ممکن است شرکت بیمه با مبلغی بسیار کمتر از مبلغ دریافتی قابلیت اطمینان را افزایش داده و سود قابل توجهی دریافت نماید. در نتیجه میزان حق بیمه باید متناسب با هزینه لازم برای افزایش قابلیت اطمینان باشد. هزینه افزایش قابلیت اطمینان می‌تواند به شرایط مختلفی از جمله شرایط جغرافیایی، عمر تجهیزات موجود، تجهیزات مورد استفاده و ... بستگی داشته باشد. از این رو ضریب α برای برقراری تعادل بین هزینه پرداختی توسط مصرف‌کنندگان و هزینه لازم برای افزایش قابلیت اطمینان در نظر گرفته شده به طوری که در مکان‌های صعب‌العبور یا در سیستم‌های فرسوده که نیاز به جایگزینی تجهیزات می‌باشد، ضریب α به ۱ نزدیک می‌شود تا هزینه شرکت بیمه جبران شود.

خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان در سال گذشته در اثر خرابی سیستم انتقال، علاوه بر طول زمان خاموشی به دو عامل ارزش انرژی برای مصرف‌کننده و میزان انرژی مصرفی (بار) بستگی دارد. متناسب‌بودن حق بیمه دریافتی با خسارت پرداخت‌شده در سال گذشته سبب می‌شود:

الف) مصرف‌کنندگانی که انرژی برای آنها از اهمیت بیشتری برخوردار است، هزینه بیشتری برای افزایش قابلیت اطمینان پرداخت نمایند.

ب) مصرف‌کنندگانی که انرژی بیشتری از شبکه انتقال دریافت می‌نمایند و به عبارت دیگر وابستگی بیشتری به شبکه انتقال دارند، هزینه بیشتری برای افزایش قابلیت اطمینان پرداخت نمایند.

در نتیجه به نظر می‌رسد نحوه تعیین حق بیمه عادلانه باشد.

۲) نحوه تعیین خسارت: انرژی الکتریکی برای مصرف‌کنندگان مختلف ارزش متفاوتی دارد. برای مصرف‌کنندگان هرچه نیاز به انرژی بدون وقفه بیشتر باشد و به عبارت دیگر حساسیت مصرف‌کنندگان بالاتر باشد، ارزش انرژی الکتریکی برای آنها بیشتر خواهد بود. عدم تأمین انرژی الکتریکی سبب واردآمدن خسارت به مصرف‌کنندگان می‌شود و این خسارت متناسب با ارزش انرژی الکتریکی می‌باشد. هرچه ارزش انرژی بیشتر باشد، خسارت واردآمده به مصرف‌کننده بیشتر خواهد بود. شرکت بیمه با دریافت حق بیمه این خسارت را جبران خواهد کرد اما به دلیل این که حق بیمه دریافتی و خسارت پرداخت‌شده تابعی از این ارزش انرژی می‌باشد، شرکت انتقال و مصرف‌کننده می‌توانند توافقی برای تعیین این ارزش داشته باشند. به این ترتیب مصرف‌کنندگانی که انتظار دریافت خسارت بیشتری دارند، حق بیمه بیشتری نیز پرداخت خواهند کرد.

رابطه (۲) نحوه تعیین خسارت کل در سال گذشته را نشان می‌دهد

$$TCC = \sum_{i=1}^{n} NDE(i) \times CC(i) \qquad (2)$$

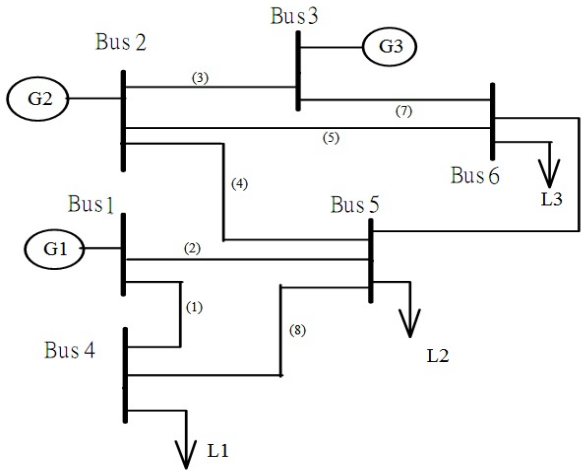
در این رابطه TCC، مجموع خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان در سال گذشته است و همان گونه که مشاهده می‌شود، مجموع خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان تابعی از هزینه هر کیلووات ساعت انرژی تأمین‌نشده برای مصرف‌کنندگان $(CC(i))$ می‌باشد. در نتیجه با در نظر گرفتن (۱) و (۲)، مصرف‌کنندگانی که خسارت بیشتری دریافت می‌کنند، حق بیمه بیشتری نیز پرداخت نموده‌اند.

۳) لزوم افزایش قابلیت اطمینان: با فرض ثابت‌بودن میزان بار نسبت به سال گذشته و برابربودن احتمال وقوع خرابی با احتمال در نظر گرفته شده در سال گذشته، اگر حق بیمه متناسب با ارزش قابلیت اطمینان در سال گذشته (خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان در سال گذشته) به شرکت بیمه پرداخت شود و شرکت بیمه قابلیت اطمینان سیستم را افزایش ندهد، آن گاه شرکت بیمه مبلغ حق بیمه دریافتی را به عنوان بخشی از خسارت به مشتریان پرداخت خواهد نمود و علاوه بر آن اختلاف بین حق بیمه دریافتی و مجموع خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان را نیز باید از سرمایه خود پرداخت نماید که موجب ضرر برای شرکت بیمه می‌شود. در حالی که میزان بار مصرفی، هر ساله افزایش می‌یابد و به دلیل استهلاک تجهیزات، احتمال وقوع خرابی افزایش خواهد یافت. در نتیجه شرکت بیمه به دنبال روشی برای کاهش خسارت پرداختی یا به عبارتی افزایش قابلیت اطمینان خواهد بود، چرا که در غیر این صورت ضرر خواهد نمود.

1. Live Line Insulator Washing
2. Preventive Maintenance
3. Condition Base Monitoring
4. Recovery Voltage Monitoring
5. Polarisation and Depolarisation Current
6. Dissolved Gas Analysis
7. Dynamic Contact Resistance Measurement

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱: شبکه ۶باسه مورد مطالعه.

با افزایش قابلیت اطمینان خطوط، خسارت پرداختی شرکت بیمه به مصرف‌کنندگان کاهش می‌یابد و در نتیجه مبلغ بیمه‌نامه (خسارت عدم تأمین انرژی در سال گذشته) کاهش خواهد یافت. از این رو این مبلغ بیمه‌نامه برای چند سال ثابت در نظر گرفته می‌شود تا هزینه‌های شرکت بیمه برای افزایش قابلیت اطمینان جبران شود. به عبارت دیگر میزان ارزش قابلیت اطمینان برای مصرف‌کنندگان (قبل از قرارداد با شرکت بیمه و افزایش قابلیت اطمینان) به عنوان مبلغ بیمه‌نامه در نظر گرفته می‌شود. با این کار، مصرف‌کنندگان مبلغی متناسب با ارزش قابلیت اطمینان به شرکت بیمه پرداخت می‌نمایند و شرکت بیمه قابلیت اطمینان سیستم را افزایش خواهد داد و در صورت وقوع خرابی، به بیمه‌گذاران خسارت پرداخت خواهد کرد. لازم به ذکر است که این مبلغ بیمه‌نامه جدا از مبلغ دریافتی شرکت انتقال برای انتقال انرژی بوده است و در این روش مستقل از هر نوع قرارداد انتقال انرژی، شرکت بیمه انرژی را بیمه خواهد کرد. در این روش هر مصرف‌کننده متناسب با میزان استفاده خود از شبکه انتقال مبلغ بیمه‌نامه را پرداخت می‌نمایند و به این ترتیب عدالت رعایت خواهد شد و مصرف‌کنندگانی که نیاز به خطوط انتقال ندارند هزینه‌ای نیز پرداخت نخواهند کرد.

همان گونه که بیان شد، شرکت بیمه با دریافت حق بیمه ملزم به پرداخت خسارت ناشی از عدم تأمین انرژی به مصرف‌کنندگان می‌باشد. از طرفی شرکت بیمه با افزایش قابلیت اطمینان سعی در کاهش خسارت پرداختی به مصرف‌کنندگان دارد اما این افزایش قابلیت اطمینان هزینه‌هایی برای شرکت بیمه در پی خواهد داشت. از این رو باید تعادلی بین افزایش قابلیت اطمینان و کاهش خسارت پرداختی به مصرف‌کنندگان ایجاد شود تا بیشترین سود نصیب شرکت بیمه شود. هزینه افزایش قابلیت اطمینان، تابعی از درصد افزایش قابلیت اطمینان و طول خطوطی که تحت عملیات تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه قرار گرفته‌اند، می‌باشد. از این رو می‌توان با تغییر درصد افزایش قابلیت اطمینان و تغییر تعداد خطوطی که تحت عملیات تعمیرات و نگهداری قرار می‌گیرند، تعادلی بین هزینه افزایش قابلیت اطمینان و خسارت پرداختی ایجاد نمود.

برای اجرای بیمه انتقال (روش پیشنهادی در این مقاله) با تعیین حق بیمه پرداختی توسط مصرف‌کنندگان، هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان به دست می‌آید و بیشترین سود محاسبه می‌گردد. برای این کار میزان خسارت مصرف‌کنندگان در سال گذشته محاسبه شده و با تعیین α حق بیمه پرداختی مصرف‌کنندگان به شرکت بیمه مشخص می‌شود. با تعیین حق بیمه می‌توان هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان را محاسبه نمود. تعیین α بر اساس عمر تجهیزات، شرایط جغرافیایی، شرایط آب و هوایی و ... صورت می‌گیرد. مقایسه هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان با هزینه عملی افزایش قابلیت اطمینان، سود و زیان شرکت بیمه را مشخص می‌کند. هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان، در واقع بیشترین مبلغی است که شرکت بیمه می‌تواند برای افزایش قابلیت اطمینان هزینه کند، بدون آن که متحمل ضرر شود. مراحل اجرای این روش به صورت زیر می‌باشد:

۱) تعیین خسارت کل در سال گذشته با استفاده از (۲) و تعیین حق بیمه با α تعیین‌شده با استفاده از (۱).
۲) تعیین اولویت خطوط بر اساس بیشترین خسارت وارده ناشی از خروج خط.
۳) تعیین میزان افزایش قابلیت اطمینان مورد نظر.
۴) محاسبه هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان در ازای افزایش قابلیت اطمینان هر یک از خطوط با استفاده از (۴).
۵) تعیین بیشترین هزینه حاشیه‌ای

$$TCC_{new} = \sum_{i=1}^{n} NDE_{new}(i) \times CC(i) \qquad (۳)$$

$$MRIC = \frac{\alpha \times TCC - TCC_{new}}{LLM} \qquad (۴)$$

در این رابطه TCC_{new} مجموع خسارات واردشده به مصرف‌کنندگان در اثر عدم تأمین انرژی با تغییر قابلیت اطمینان (بر حسب دلار)، LLM طول خطوطی که در آنها عملیات تعمیر و نگهداری پیشگیرانه صورت می‌گیرد (بر حسب کیلومتر) و $MRIC$ هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان (بر حسب دلار بر کیلومتر) می‌باشد.

٤- مطالعه موردی

برای درک بهتر روش ارائه‌شده، شبکه ۶باسه شکل ۱ مورد مطالعه قرار گرفته است. اطلاعات مورد نیاز در خصوص ویژگی‌های خطوط، بارها و ظرفیت تولید در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

برای اجرای روش پیشنهادی در سیستم مورد نظر ابتدا باید خسارت واردشده به مصرف‌کنندگان در سال گذشته محاسبه شود که نتایج حاصل در جدول ۳ آمده است.

به منظور مقایسه بهتر نتایج، سه مقدار α مختلف (۰/۸، ۰/۷ و ۰/۶) برای محاسبه حق بیمه در نظر گرفته شده است. با تعیین خسارت واردشده در سال گذشته و تعیین حق بیمه، اولویت افزایش قابلیت اطمینان خطوط باید تعیین شود. جدول ۴ انرژی تأمین‌نشده مصرف‌کنندگان در اثر خروج هر یک از خطوط را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۴ اولویت افزایش قابلیت اطمینان با خطوطی است که خروج آنها در مجموع بیشترین خسارت را به سیستم وارده می‌آورد به طوری که بیشترین خسارت به شرکت بیمه در صورت خروج خط ۵ وارد می‌شود، در نتیجه خط ۵ در اولویت اول افزایش قابلیت اطمینان قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر افزایش قابلیت اطمینان خط ۵، بیشترین منفعت را برای شرکت بیمه به همراه خواهد داشت.

برای محاسبه هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان، دو فرضیه برای افزایش قابلیت اطمینان در نظر گرفته می‌شود. در فرضیه ۱، فرض می‌شود بتوان قابلیت اطمینان خطوط را با بهبود روش‌های تعمیرات و نگهداری اصلاحی و افزایش تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و نظارتی به میزان ۵۰ درصد افزایش داد. در فرضیه ۲، فرض می‌شود بتوان قابلیت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: اطلاعات خطوط انتقال در شبکه مورد مطالعه.

شماره خط	از باس	به باس	امپدانس	ظرفیت	طول زمان خاموشی در سال (ساعت)	طول خط
۱	۱	۴	۰/۱	۱۳۰	۱۷/۵	۱۰۰
۲	۱	۵	۰/۲	۶۰	۲۶/۳	۱۰۰
۳	۲	۳	۰/۳	۴۰	۱۷/۵	۱۰۰
۴	۲	۵	۰/۲	۶۰	۲۶/۳	۱۰۰
۵	۲	۶	۰/۱	۱۰۰	۱۷/۵	۱۰۰
۶	۳	۵	۰/۲	۶۰	۲۶/۳	۱۰۰
۷	۳	۶	۰/۱	۸۰	۸/۸	۱۰۰
۸	۴	۵	۰/۳	۴۰	۳۵	۱۰۰

جدول ۲: میزان تولید و مصرف در شبکه مورد مطالعه.

واحد تولیدی	حداکثر توان تولیدی (کیلووات)	شماره بار	میزان بار (کیلووات)
G_1	۲۰۰	L_1	۱۲۰
G_2	۱۵۰	L_2	۱۴۰
G_3	۱۸۰	L_3	۱۵۰

جدول ۳: میزان خسارت واردشده به هر مصرف‌کننده در سال گذشته.

شماره بار	انرژی تأمین‌نشده (کیلووات ساعت)	هزینه هر کیلووات ساعت انرژی تأمین‌نشده (دلار)	خسارت (دلار)
L_1	۱۷۰۸	۵۰	۸۵۴۱۰
L_2	۱۵۷۷	۶۰	۹۴۶۰۸
L_3	۲۰۹۵	۷۰	۱۴۶۶۷۷
مجموع	۵۳۸۰	–	۳۲۶۶۹۵

جدول ۴: انرژی تأمین‌نشده مصرف‌کنندگان در صورت خروج هر یک از خطوط.

شماره خط خارج‌شده	خسارت واردشده به L_1 (دلار)	خسارت واردشده به L_2 (دلار)	خسارت واردشده به L_3 (دلار)	مجموع خسارات (دلار)
۱	۷۰۹۵۶	۰	۱۲۲۶	۷۲۱۸۲
۲	۱۴۴۵۴	۰	۱۸۳۹/۶	۱۶۲۹۳/۶
۳	۰	۰	۰	۰
۴	۰	۴۷۳۰۴	۰	۴۷۳۰۴
۵	۰	۰	۸۵۸۴۷	۸۵۸۴۷
۶	۰	۴۷۳۰۴	۲۵۷۵/۴	۴۹۸۷۹/۴
۷	۰	۰	۳۰۶۶۰	۳۰۶۶۰
۸	۰	۰	۲۴۵۲۸	۲۴۵۲۸

اطمینان خطوط را با بهبود روش‌های تعمیرات و نگهداری اصلاحی و افزایش تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و نظارتی به میزان ۳۵ درصد افزایش داد.

۴-۱ فرضیه ۱

با این فرض که بتوان قابلیت اطمینان خطوط را با بهبود روش‌های تعمیرات و نگهداری اصلاحی و افزایش تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه و نظارتی به میزان ۵۰ درصد افزایش داد، هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای مقادیر مختلف α در جدول ۵ آورده شده است.

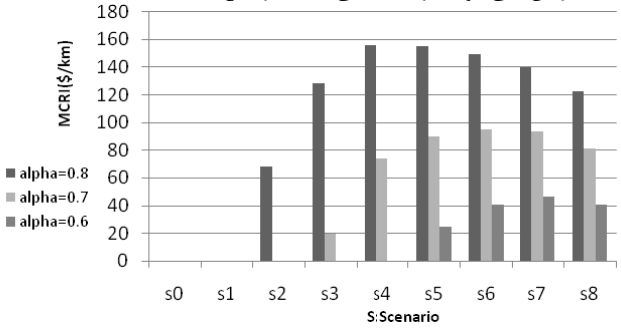
در جدول ۵ پس از تعیین α، هدف، یافتن روشی برای کسب بیشترین سود توسط شرکت بیمه می‌باشد و برای این منظور فرض شده بتوان قابلیت اطمینان خطوط را به میزان ۵۰ درصد افزایش داد. با این فرض هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای سناریوهای مختلف محاسبه و در جدول آورده شده است. مقایسه هزینه‌های حاشیه‌ای به دست آمده، بیشترین مبلغی را که شرکت بیمه برای افزایش قابلیت اطمینان خطوط می‌تواند هزینه کند، تعیین می‌نماید. به این ترتیب مقدار α، هزینه‌های حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان را تعیین کرده و مقایسه هزینه‌های حاشیه‌ای، بهترین سناریو (تعداد خطوط تحت تعمیر و نگهداری) را برای این کار مشخص می‌کند.

در جدول ۵ بیشترین هزینه حاشیه‌ای برای افزایش ۵۰ درصدی قابلیت اطمینان برای $\alpha=0/8$، ۱۵۵/۷ دلار بر کیلومتر به دست آمده است. این عدد برای $\alpha=0/7$ برابر ۹۵/۳ و برای $\alpha=0/6$ برابر ۴۶/۷ دلار بر کیلومتر محاسبه شده است. به عبارت دیگر برای $\alpha=0/8$، بیشترین هزینه ممکن برای افزایش قابلیت اطمینان ۱۵۵/۷ دلار بر کیلومتر است، به طوری که با این هزینه شرکت بیمه متحمل ضرر نخواهد شد. در نتیجه کاهش حق بیمه سبب کاهش هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان خواهد شد (در جدول ۵ به جای هزینه‌های حاشیه‌ای منفی، صفر منظور شده است).

Archive of SID

www.SID.ir

برای محاسبه سود و زیان شرکت بیمه، فرض می‌شود هزینه عملی افزایش ۵۰ درصدی قابلیت اطمینان خطوط ۸۰ دلار بر کیلومتر باشد. با



شکل ۲: نمودار تأثیر تغییر آلفا در تغییر هزینه حاشیه‌ای.

جدول ۵: هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای مقادیر مختلف آلفا.

سناریو	خطوط تحت تعمیرات و نگهداری	مجموع خسارت واردشده (دلار)	طول خط تحت تعمیر	هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای		
				$\alpha=۰/۸$	$\alpha=۰/۷$	$\alpha=۰/۶$
۰	۰	۳۲۶۶۹۵	۰	۰	۰	۰
۱	۵	۲۸۳۷۷۱	۱۰۰	۰	۰	۰
۲	۵،۱	۲۴۷۶۸۰	۲۰۰	۶۸/۴	۰	۰
۳	۵،۱،۶	۲۲۲۷۴۰	۳۰۰	۱۲۸/۷	۱۹/۸	۰
۴	۵،۱،۶،۴	۱۹۹۰۸۸	۴۰۰	۱۵۵/۷	۷۴	۰
۵	۵،۱،۶،۴،۷	۱۸۳۷۵۸	۵۰۰	۱۵۵/۲	۸۹/۸	۲۴/۵
۶	۵،۱،۶،۴،۷،۸	۱۷۱۴۹۴	۶۰۰	۱۴۹/۸	۹۵/۳	۴۰/۹
۷	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲	۱۶۳۳۴۷	۷۰۰	۱۴۰	۹۳/۳	۴۶/۷
۸	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲،۳	۱۶۳۳۴۷	۸۰۰	۱۲۲/۵	۸۱/۶	۴۰/۸

جدول ۶: سود و زیان شرکت بیمه برای سناریوهای مختلف و مقادیر مختلف آلفا.

سناریو	خطوط تحت تعمیرات و نگهداری	سود و زیان شرکت بیمه برای		
		$\alpha=۰/۸$	$\alpha=۰/۷$	$\alpha=۰/۶$
۰	۰	−۶۵۳۳۹	−۹۸۰۰۸/۵	−۱۳۰۶۷۸
۱	۵	−۳۰۴۱۵	−۶۳۰۸۴/۵	−۹۵۷۵۴
۲	۵،۱	−۲۳۲۴	−۳۴۹۹۳/۵	−۶۷۶۶۳
۳	۵،۱،۶	۱۴۶۱۶	−۱۸۰۵۳/۵	−۵۰۷۲۳
۴	۵،۱،۶،۴	۳۰۲۶۸	−۲۴۰۱/۵	−۳۳۵۰۷۱
۵	۵،۱،۶،۴،۷	۳۷۵۹۸	۴۹۲۸/۵	−۲۷۷۴۱
۶	۵،۱،۶،۴،۷،۸	۴۱۸۶۲	۹۱۹۲/۵	−۲۳۴۷۷
۷	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲	۴۲۰۰۹	۹۳۳۹/۵	−۲۳۳۳۰
۸	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲،۳	۳۴۰۰۹	۱۳۳۹/۵	−۳۱۳۳۰

این فرض سود و زیان شرکت بیمه برای سناریوهای مختلف و مقادیر مختلف α در جدول ۶ آورده شده است.

همان گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، بیشترین سود شرکت بیمه در سناریوی ۷ و $\alpha=۰/۸$ به دست آمده است در حالی که شرکت بیمه برای $\alpha=۰/۶$ ضرر خواهد کرد. در جدول ۵ بیشترین هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای $\alpha=۰/۶$ برابر ۴۶/۷ دلار بر کیلومتر محاسبه شده، در حالی که در جدول ۶ هزینه عملی افزایش قابلیت اطمینان ۸۰ دلار بر کیلومتر در نظر گرفته شده است. در نتیجه در جدول ۶ افزایش قابلیت اطمینان به ازای $\alpha=۰/۶$ برای شرکت بیمه زیان‌بار خواهد بود.

شکل ۲ نمودار تأثیر تغییر α در افزایش هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان را برای سناریوهای مختلف نشان می‌دهد.

هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان تابعی از درآمد شرکت بیمه (آلفا)، خسارت پرداخت‌شده به مصرف‌کنندگان توسط شرکت بیمه و هزینه افزایش قابلیت اطمینان می‌باشد. همان گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، کاهش درآمد شرکت بیمه (آلفا) منجر به کاهش هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان می‌شود. همچنین مقایسه هزینه‌های حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای هر مقدار آلفا در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد افزایش قابلیت اطمینان تمامی خطوط منجر به بیشترین هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان نخواهد شد. علت این امر رابطه غیر خطی افزایش قابلیت اطمینان سیستم (کاهش خسارت پرداختی) و افزایش تعداد خطوط تحت تعمیر و نگهداری می‌باشد.

۴-۲ فرضیه ۲

با این فرض که بتوان قابلیت اطمینان خطوط را با بهبود روش‌های تعمیرات و نگهداری اصلاحی، پیشگیرانه و نظارتی به میزان ۳۵ درصد افزایش داد، هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای مقادیر مختلف α در جدول ۷ آورده شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

در جدول ۷ بیشترین هزینه حاشیه‌ای برای افزایش ۳۵ درصدی قابلیت

جدول ۷: هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای مقادیر مختلف آلفا.

سناریو	خطوط تحت تعمیرات و نگهداری	مجموع خسارت واردشده (دلار)	طول خط تحت تعمیر	هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان برای		
				$\alpha=۰/۸$	$\alpha=۰/۷$	$\alpha=۰/۶$
۰	۰	۳۲۶۶۹۵	۰	۰	۰	۰
۱	۵	۲۹۶۶۴۸/۲	۱۰۰	۰	۰	۰
۲	۵،۱	۲۷۱۳۸۴/۵	۲۰۰	۰	۰	۰
۳	۵،۱،۶	۲۵۳۹۲۶/۷	۳۰۰	۲۴/۸	۰	۰
۴	۵،۱،۶،۴	۲۳۷۳۷۰/۳	۴۰۰	۶۰	۰	۰
۵	۵،۱،۶،۴،۷	۲۲۶۶۳۹/۳	۵۰۰	۶۹	۴/۱	۰
۶	۵،۱،۶،۴،۷،۸	۲۱۸۰۵۴/۵	۶۰۰	۷۲/۲	۱۷/۷	۰
۷	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲	۲۱۲۳۵۱/۷	۷۰۰	۷۰	۲۳/۳	۰
۸	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲،۳	۲۱۲۳۵۱/۷	۸۰۰	۶۱	۲۰/۴	۰

جدول ۸: سود و زیان شرکت بیمه برای سناریوهای مختلف و مقادیر مختلف آلفا.

سناریو	خطوط تحت تعمیرات و نگهداری	سود و زیان شرکت بیمه برای		
		$\alpha=۰/۸$	$\alpha=۰/۷$	$\alpha=۰/۶$
۰	۰	−۶۵۳۳۹	−۹۸۰۰۸/۵	−۱۳۰۶۷۸
۱	۵	−۳۹۲۹۲/۲	−۷۱۹۶۱/۷	−۱۰۴۶۳۱/۲
۲	۵،۱	−۱۸۰۲۸/۵	−۵۰۶۹۸	−۸۳۳۶۷/۵
۳	۵،۱،۶	−۴۵۷۰/۷	−۳۷۲۴۰/۲	−۶۹۹۰۹/۷
۴	۵،۱،۶،۴	۷۹۸۵/۷	−۲۴۶۸۳/۸	−۵۷۳۵۳/۳
۵	۵،۱،۶،۴،۷	۱۴۷۱۶/۷	−۱۷۹۵۲/۸	−۵۰۶۲۲/۳
۶	۵،۱،۶،۴،۷،۸	۱۹۳۰۱/۵	−۱۳۳۶۸	−۴۶۰۳۷/۵
۷	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲	۲۱۰۰۴/۲	−۱۱۶۶۵/۲	−۴۴۳۳۴/۷
۸	۵،۱،۶،۴،۷،۸،۲،۳	۱۷۰۰۴/۲	−۱۵۶۶۵/۲	−۴۸۳۳۴/۷

اطمینان در سناریوی ۶ و $\alpha=۰/۸$ برابر با ۷۲/۲ دلار بر کیلومتر به دست آمده است، در حالی که افزایش ۳۵ درصدی قابلیت اطمینان برای $\alpha=۰/۶$ برای شرکت بیمه زیان‌بار خواهد بود. همان گونه که انتظار می‌رود، هزینه حاشیه‌ای افزایش ۳۵ درصدی قابلیت اطمینان از هزینه حاشیه‌ای افزایش ۵۰ درصدی قابلیت اطمینان، کمتر خواهد بود.

به این ترتیب برای محاسبه سود و زیان شرکت بیمه فرض می‌شود، هزینه افزایش ۳۵ درصدی قابلیت اطمینان ۴۰ دلار بر کیلومتر باشد. لازم به ذکر است رابطه بین هزینه افزایش قابلیت اطمینان و درصد افزایش قابلیت اطمینان غیر خطی می‌باشد، در نتیجه هزینه افزایش قابلیت اطمینان ۳۵ درصدی، ۴۰ دلار بر کیلومتر در نظر گرفته شده است. در صورتی که اگر این رابطه خطی فرض می‌شد، این عدد ۵۶ دلار بر کیلومتر به دست می‌آمد. با این فرض سود و زیان شرکت بیمه در جدول ۸ مشاهده می‌شود.

همان گونه که در جدول ۸ دیده می‌شود، شرکت بیمه برای افزایش ۳۵ درصدی قابلیت اطمینان تنها به ازای $\alpha=۰/۸$ سود خواهد برد. با مقایسه جدول ۶ با جدول ۸ دیده می‌شود که افزایش قابلیت اطمینان برای شرکت بیمه سودمند می‌باشد و شرکت بیمه برای افزایش سود خود باید قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد. البته این افزایش قابلیت اطمینان تنها تا جایی برای شرکت بیمه سود خواهد داشت که هزینه افزایش قابلیت اطمینان از هزینه حاشیه‌ای افزایش قابلیت اطمینان کمتر باشد. در نتیجه با مشخص‌شدن α، شرکت بیمه می‌تواند با تغییر درصد افزایش قابلیت اطمینان و تعیین سناریوی افزایش قابلیت اطمینان خطوط، بیشترین سود را کسب نماید. همچنین نتایج نشان می‌دهد افزایش قابلیت اطمینان تمامی خطوط، الزاماً منجر به دستیابی به بیشترین سود نخواهد شد.

۵- نتیجه‌گیری

با تجدید ساختار در صنعت برق و خصوصی‌سازی، شرکت‌های انتقال تمایلی برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم‌ها ندارند. در این مقاله بیمه انتقال انرژی الکتریکی به عنوان روشی تشویقی برای افزایش قابلیت اطمینان سیستم انتقال پیشنهاد شده است. در این روش شرکت بیمه با دریافت مبلغ بیمه‌نامه تعهد می‌نماید در صورت عدم تأمین انرژی الکتریکی مصرف‌کنندگان خسارت واردشده را جبران نماید. در صورتی که شرکت بیمه قابلیت اطمینان خطوط را افزایش ندهد، متضرر خواهد شد. از این رو روش پیشنهادی شرکت بیمه را ملزم به افزایش قابلیت اطمینان می‌نماید و این افزایش قابلیت اطمینان به سود مصرف‌کنندگان خواهد بود. نتایج مطالعه موردی انجام‌شده نشان داد شرکت بیمه می‌تواند با افزایش قابلیت اطمینان سود قابل توجهی کسب نماید. در نتیجه روش پیشنهادی هم به سود مصرف‌کنندگان و هم به سود شرکت بیمه خواهد بود و می‌تواند در سیستم‌های انتقال انرژی مورد استفاده قرار گیرد.

مراجع

[1] M. lima, "Allocation of transmission fixed charges: an overview," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 11, no. 4, pp. 1409-1418, Aug. 1996.

[2] J. Pan, Y. Teklu, S. Rahman, and K. Jun, "Review of usage-based transmission cost allocation methods under open access," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 15, no. 4, pp. 1218-1224, Nov. 2000.

Archive of SID

www.SID.ir

[3] M. Ghayeni and R. Ghazi, "Transmission network cost allocation with nodal pricing approach based on Ramsey pricing concept," *IET Gener. Transm. Distrib*, vol. 5, no. 3, pp. 384-392, 2011.
[4] C. C. Alves, O. R. Saavedra, A. Vargas, M. Arias, and V. L. Paucar, "Transmission network cost allocation considering counter flows," IEEE (Revista IEEE America Latina), 2011.
[5] N. Leeprechanon, B. Eua-Arporn, and A. Kumar, "Power transmission cost allocation using power flow tracing and reliability benefit," *African J. of Business Management*, vol. 6, no. 9, pp. 3449-3457, Mar. 2012.
[6] R. Fischer and S. K. Joo, "Economic evaluation of transmission expansion for investment incentives in a competitive electricity market," *Int. J. of Control, Automation, and Systems*, vol. 6, no. 5, pp. 627-638, Oct. 2008.
[7] F. Cadini, E. Zio, and C. A. Petrescu, "Optimal expansion of an existing electrical power transmission network by multi-objective genetic algorithms," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 95, no. 3, pp. 173-181, 2010.
[8] A M. Leite da Silva, L. S. Rezende, L. A. da Fonseca Manso, and L. C. de Resende, "Reliability worth applied to transmission expansion planning based on ant colony system," *Int. J. of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 32, no. 10, pp. 1077-1084, Dec. 2010.
[9] T. Geetha and K. Shanti Swarup, "Coordinated preventive maintenance scheduling of GENCO and TRANSCO in restructured power systems," *Int. J. of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 31, no. 10, pp. 626-638, Nov./Dec. 2009.
[10] F. Yang and C. S. Chang, "Multiobjective evolutionary optimization of maintenance schedules and extents for composite power systems," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 24, no. 4, pp. 1694-1702, Nov. 2009.
[11] P. Hilber, V. Miranda, M. A. Matos, and L. Bertling, "Multiobjective optimization applied to maintenance policy for electrical networks," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 22, no. 4, pp. 1675-1682, Nov. 2007.
[12] P. Hilber and L. Bertling, "Multiobjective maintenance policy for a distribution system an application study," in *Proc. 10th Int. Conf. on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*, 6 pp., 25-29 May 2008.

علی خندانی در سال ۱۳۸۸ مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه علم و صنعت ایران و در سال ۱۳۹۱ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را از دانشگاه بوعلی همدان دریافت نمود. وی از سال ۱۳۹۱ در دوره دکتری مهندسی برق دانشگاه سمنان مشغول به تحصیل است. نام‌برده از سال ۱۳۹۰ در دانشگاه‌ها و مراکز آموزش عالی به فعالیت اشتغال دارد. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه ایشان بازار برق، سیستم‌های تولید پراکنده، ریز شبکه، مدلسازی و کنترل شبکه می‌باشد.

اصغر اکبری فرود در سال ۱۳۷۲ مدرک کارشناسی مهندسی برق خود را از دانشگاه تهران و در سال ۱۳۷۶ مدرک کارشناسی ارشد مهندسی برق خود را از دانشگاه تربیت مدرس دریافت نمود. از سال ۱۳۷۶ به عنوان عضو هیأت‌علمی در دانشگاه سمنان مشغول به کار شد. ایشان در سال ۱۳۸۵ موفق به اخذ درجه دکتری از دانشگاه تربیت مدرس گردید. در حال حاضر ایشان به عنوان هیأت‌علمی در دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر دانشگاه سمنان مشغول به کار است. زمینه‌های علمی مورد علاقه نام‌برده متنوع بوده و شامل موضوعاتی مانند دینامیک و بهره‌برداری از سیستم‌های قدرت، تجدید ساختار و کیفیت توان می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir