

مدیریت دارایی بر اساس جایابی واحد تولید پراکنده از دید رشد بار

مجید غنی ورزنه^۱، رضا دشتی^۲ و وحید امیر^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد جاسب- ایران

majidghani1367@yahoo.com

۲- استادیار، دانشکده مهندسی برق- دانشگاه علم و صنعت ایران- تهران- ایران

rdashti@iust.ac.ir

۳- هیأت علمی، دانشکده مهندسی برق- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد کاشان- ایران

v.amir@iaukashan.ac.ir

چکیده: در این مقاله سعی می‌شود با ارائه مدل مدیریت دارایی اهمیت جایابی واحد تولید پراکنده (DG) از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان سیستم توزیع بررسی و سپس، جایابی واحد تولید پراکنده انجام شود. مدل مدیریت دارایی برای پیشینه کردن سود شرکت‌های توزیع برای سرمایه‌گذاری انجام شده طراحی و تشریح می‌شود. به علت اینکه مقدار شاخصه‌های قابلیت اطمینان سیستم توزیع به آرایش مشترکین وابسته است، هر تغییر در آرایش مشترکین باعث تغییر شاخصه‌های قابلیت اطمینان سیستم توزیع می‌شود. یکی از عوامل تغییر در آرایش مشترکین رشد بار است. با ثابت بودن مشخصه‌های سخت‌افزاری سیستم مقدار شاخصه‌های قابلیت اطمینان به توزیع بار نیز وابستگی زیادی دارد. بنابراین، برای بررسی میزان معتبر بودن پژوهش‌های کنونی سیستم و کارا بودن سیستم در آینده، باید توزیع بار کنونی و رشد بار در آینده مطالعه شوند. در این مقاله سعی می‌شود با جایابی بهینه واحد تولید پراکنده، حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان سیستم توزیع نسبت به رشد بار در آرایش‌های مختلف بار به حداقل رسانده شود.

واژه‌های کلیدی: توزیع بار، تولید پراکنده، حساسیت، قابلیت اطمینان، مدیریت دارایی

۱- مقدمه

است. در این مقاله، فرض شده است تعداد واحدهای تولید پراکنده یک عدد است که در صورت نیاز می‌تواند کل توان مصرفی فیدر را با در نظر گرفتن رشد بار تامین کند. بنابراین، مسأله به یافتن محل این واحد محدود می‌شود. با توجه به مزایای مختلف حضور واحد تولید پراکنده، جایابی واحد می‌تواند به منظور بهینه شدن یک یا چند متغیر سیستم انجام شود. در این مقاله کاهش حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان سیستم توزیع مد نظر است.

حدود ۷۰ درصد سیستم‌های توزیع شعاعی هستند. بنابراین، تمامی پژوهش‌ها در ابتدا بر روی سیستم‌های توزیع شعاعی انجام می‌شود. مالکان سیستم‌های توزیع همواره به دنبال افزایش قابلیت اطمینان سیستم هستند تا

امروزه استفاده از تولید پراکنده در سیستم‌های توزیع بسیار توصیه می‌شود. استفاده از این عنصر مزایای زیادی مانند بهبود قابلیت اطمینان، کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ و سایر را به همراه دارد [۱ و ۲] مسأله مهم یافتن محل، تعداد و حجم واحد تولید پراکنده در سیستم توزیع

^۱ تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۲/۸/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۳/۶/۵

نام نویسنده مسئول : مجید غنی ورزنه

نشانی نویسنده مسئول: ایران - دانشگاه آزاد اسلامی- واحد

جاسب- دانشکده مهندسی برق

بازآرایی زمانی اتفاق می‌افتد که یک انشعاب فرعی از یک سیستم توزیع برای سیستم توزیع دیگری به منظور بهبود قابلیت اطمینان، تلفات، ضریب توان و سطح ولتاژ گرفته شود.

این مقاله بر روی عواملی مانند دو عامل اول رشد بار تمرکز کرده است بنابراین، اولاً پژوهش‌ها در حوزه کوتاه مدت معتبر است و ثانیاً محل رشد بار همواره بر روی یکی از محل‌های بار سیستم توزیع در نظر گرفته شده است یعنی رشد بار همزمان در دو یا چند محل بار در این مقاله مطالعه نمی‌شوند.

منابعی که سیستم‌های توزیع انرژی الکتریکی برای تامین نیاز مشترکین استفاده می‌کنند شامل: انرژی، تجهیزات و نیروی انسانی هستند. هرگونه اشتباه در مدیریت یا کمبود منابع یاد شده باعث تحمیل خسارت‌های مالی به شرکت‌های توزیع می‌شود. بی‌کفایتی نیروی انسانی باعث افزایش زمان‌های خاموشی، مناسب یا کافی نبودن تجهیزات باعث افزایش تعداد خاموشی یا خرابی دارایی‌ها و کافی نبودن انرژی لازم برای تامین توان مورد نیاز کل فیدر باعث از دست رفتن بار و به تبع آن انرژی فروخته نشده می‌شود. در صورتی که تعداد خاموشی‌ها یا زمان خاموشی‌ها در دوره تناوب مورد مطالعه از مقدار مجاز تجاوز کند شرکت توزیع مشمول جریمه‌هایی از سوی دولت می‌شود [۴].

هرگونه توسعه در سیستم قدرت زمانی بهینه است که توسط یکی از بازیگران بازار انجام شود. با توجه به این که شرکت توزیع یکی از بازیگران بازار است، اگر جایابی واحد تولید پراکنده به آن واگذار شود مسلماً این کار را به شکل بهینه انجام خواهد داد.

سود شرکت‌های توزیع تفاضل بین میزان درآمد حاصل از فروش انرژی و هزینه‌های تحمیلی ناشی از عوامل یاد شده و فعالیت‌هایی مثل نصب، تعمیر، نگهداری و هزینه کارکنان در قسمت‌های مختلف شرکت توزیع است. یک سیستم توزیع از تعدادی دارایی که همان سخت افزار سیستم هستند تشکیل شده است. هر فعالیتی مانند توسعه، تعمیر، نگهداری و سایر آن باید به گونه‌ای طراحی و مدیریت شوند تا دارایی‌های سیستم بیش‌ترین عمر و

خسارت‌های مالی خود را به حداقل و رضایتمندی مشترکین را به حداکثر برسانند. قابلیت اطمینان سیستم توزیع با شاخصه‌هایی مثل سادگی^۱، سادگی^۲، کابلی^۳، کابلی^۴، انرژی تأمین نشده^۵ و میانگین انرژی تأمین نشده^۶ و سایر ارزیابی می‌شود [۳].

تغییر شاخص‌های سیستم به مرور زمان یکی از مسائلی است که سیستم توزیع همواره با آن روبه‌رو است. یکی از این شاخص‌ها رشد بار می‌باشد که عبارت است از افزایش تعداد مشترکین در یک یا چند محل بار که می‌تواند باعث کاهش قابلیت اطمینان سیستم توزیع شود. همواره پیش‌بینی محل رشد بار و مقدار رشد بار دچار عدم قطعیت است. رشد بار باعث می‌شود پژوهش‌هایی که برای قابلیت اطمینان سیستم توزیع در یک زمان انجام می‌شود برای زمان‌های آینده دچار تغییر یا عدم اعتبار شود. بنابراین، نیاز به شاخصه‌ای که بتواند میزان انحراف پژوهش‌های سیستم بعد از وقوع رشد بار را با همان مقادیر، قبل از رشد بار مشخص کند، احساس می‌شود. در این مقاله، شاخص حساسیت بر مبنای قابلیت اطمینان سیستم تعریف می‌شود و بعد از تعریف شاخص حساسیت سعی می‌شود با قرار دادن واحد تولید پراکنده در محل‌های ممکن، محلی که سیستم کمترین حساسیت را دارد یافته شود. به این ترتیب در صورتی که سیستم در آینده با رشد بار روبه‌رو شد مقادیر شاخصه‌های قابلیت اطمینان با کمترین انحراف نسبت به گذشته روبه‌رو می‌شوند. شایان ذکر است که انجام این مطالعه منوط به توانایی واحد تولید پراکنده به تامین کل توان فیدر در حضور رشد بار است. به علت این که رشد بار تغییر در تعداد مشترکین است بنابراین، لازم است که اثر نحوه توزیع بار نیز به عنوان متغیر مسأله جایابی بهینه در نظر گرفته شود تا اطمینان حاصل شود که نتایج حاصل شده تصادفی یا تحت شرایط خاصی از آرایش مشترکین نبوده است.

عوامل مختلفی باعث رشد بار می‌شوند. مهم‌ترین آن‌ها (۱) بازآرایی^۷، (۲) روشن شدن بارهایی که مدتی خاموش بوده‌اند و (۳) افزایش تعداد مشترکین خانگی به مرور زمان است. از نظر زمان‌بندی مطالعه دو عامل اول در حوزه کوتاه مدت و مطالعه عامل آخر در حوزه میان مدت یا بلند مدت (بسته به میزان رشد بار) هستند.

این مرجع فعالیت‌هایی را که برای بهبود قابلیت اطمینان انجام می‌شوند در حالت کلی مطالعه کرده است و جایگاه فعالیت‌ها به صورت کلی دسته‌بندی و ارزیابی شده‌اند. بنابراین، میزان تاثیر فعالیت‌هایی که در یک دسته هستند به طور واضح قابل مشاهده نیستند. [۶] مدیریت دارایی را در شاخه ارزیابی نظارت بر دارایی، برای مطالعه نحوه تاثیر مالیات‌های اضطراری بر هزینه حدی استفاده می‌کند. به همین منظور بر روی آن قسمتی از مدیریت دارایی که مرتبط به این موضوع است تمرکز کرده و شاخصه‌های مورد نیاز را تعریف و ارزیابی کرده است. [۷] مدیریت دارایی را در شاخه کیفیت دارایی برای مطالعه پاسخ به تقاضا استفاده کرده است و به همین منظور مدل کلی مدیریت دارایی را به شکلی کارا مطرح و سیستم را با تعریف شاخصه‌های مدیریتی مورد نیاز ارزیابی کرده است.

در این مقاله سعی شده است با درک مدل و هدف کلی مدیریت دارایی از [۵]، روش ارزیابی قابلیت اطمینان با استفاده از مدل مدیریت دارایی از [۴] و نحوه شفاف کردن مدل مدیریت دارایی برای ارزیابی تاثیر حضور سخت افزار و مشترکین سیستم توزیع از [۶] و [۷]، مدل مدیریت دارایی کارا برای جایابی واحد تولید پراکنده که در آن تاثیر توزیع بار و رشد بار لحاظ شده باشد طراحی شود. مراجع [۴] تا [۷] مدیریت دارایی را بر حسب اهداف مورد نظر خود طراحی کرده‌اند ولی در هیچکدام از آن‌ها رشد بار و تولید پراکنده و ارتباط آن با سیستم توزیع بهینه مطرح نشده است که در این مقاله این مسأله به طور کامل تشریح خواهد شد. همان طور که اشاره شد برای بهبودی سیستم توزیع از تولید پراکنده استفاده می‌شود. بعد از اینکه تصمیم گرفته شد که از این عنصر استفاده شود باید محل، تعداد و حجم واحدهای تولید پراکنده تعیین شود. این مسأله می‌تواند با اهداف و روش‌های مختلف حل شود. در بعضی از مراجع روش‌های مختلفی برای جایابی واحدهای تولید پراکنده به منظور بهینه شدن تلفات استفاده شده است مانند [۸]، [۹]،

کم‌ترین خرابی را داشته باشند یا به عبارتی سیستم در حالت بهینه قرار گیرد. برای بررسی بهینه بودن سیستم و انتخاب بهترین حالت سرمایه‌گذاری و مدیریت، به فلوچارتی که بتواند ارتباط بین تمامی فعالیت‌ها و متغیرهای سیستم را به طور یکجا نمایش دهد، نیاز است. این فلوچارت، فلوچارت مدیریت دارایی^۴ نامیده می‌شود. یعنی انتخاب بهترین فعالیت و بهترین روش با این هدف که سود شرکت توزیع بیشینه شود [۴ و ۵]. در واقع می‌توان نتیجه گرفت که برای بهینه بودن سیستم در آینده لازم است ابتدا با طراحی فلوچارت مدیریت دارایی، ارتباط بین رشد بار و واحد تولید پراکنده از دید مدیریت دارایی بررسی شود و پس از تایید ضرورت جایابی واحد تولید پراکنده، پژوهش‌های لازم از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان، نسبت به رشد بار انجام شود. این روند در این مقاله رعایت شده است. همان‌طور که واضح است با توجه به نوع فعالیت این مقاله، فلوچارت مدیریت دارایی باید در چهارچوب قابلیت اطمینان تعریف شود. به عبارتی، برای تعیین ارتباطات بین فعالیت‌ها و متغیرهای سیستم در این فلوچارت، باید رویکرد قابلیت اطمینان مد نظر قرار گیرد.

مدل کلی مدیریت دارایی در سیستم توزیع توسط [۵] مطالعه شده است. در این مرجع ابتدا منشا کمبود راندمان و عدم رضایت‌مندی مشترکین پیدا شده است سپس، با توجه به آن‌ها فعالیت‌های مدیریتی مورد نیاز و همچنین، تعدادی شاخصه برای ارزیابی میزان کارایی آن فعالیت‌ها تعریف شده است ولی نحوه بهبود شاخصه‌های مدیریت دارایی توسط هر فعالیتی که برای ارتقای سیستم انجام می‌شود مشخص نشده است. به عبارتی، فلوچارت معرفی شده شکل کلی دارد و لازم است در این فلوچارت تاثیر هر فعالیتی (مانند افزایش قابلیت اطمینان، بهبود راندمان و سایر آن) دقیق‌تر مشخص شود. مدیریت دارایی برای ارزیابی قابلیت اطمینان سیستم توزیع در [۴] مطالعه شده است. ولی

با توجه به هدف این مقاله که جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان نسبت به رشد بار با در نظر گرفتن اثر توزیع بار است؛ حساسیت، رشد بار، توزیع بار و مشخصه سخت‌افزاری توپولوژی سیستم توزیع (اعم از محل، تعداد و نوع کلیدها، تعداد، محل و حجم واحدهای تولید پراکنده و سایر آن) به عنوان متغیرهای سیستم و تعمیر و نگهداری، توسعه، تنظیم، حفاظت، رفع خاموشی و تعمیر یا تعویض دارایی‌های خراب شده به عنوان فعالیت‌های سیستم تعریف می‌شوند. برای مدیریت دارایی مدلی نیاز است که ارتباط بین متغیرهای سیستم را با فعالیت‌های سیستم برقرار کند. شکل ۱ مدل مدیریتی دارایی طراحی شده را برای ارتقای قابلیت اطمینان سیستم نشان می‌دهد.

در شکل (۱) بلوک‌های توسعه دارایی^۱، تنظیم دارایی^{۱۱}، تعمیر و نگهداری دارایی^{۱۲}، حفاظت دارایی^{۱۳}، تلف شدن دارایی^{۱۴}، بازیابی بار^{۱۵} و تعمیر دارایی^{۱۶} فعالیت‌های سیستم هستند و سایر بلوک‌ها بر اساس متغیرهای سیستم توزیع تعریف شده‌اند. رشد بار می‌تواند نتیجه تأثیر عوامل خارجی^{۱۷} یا دارایی‌های فرعی^{۱۸} باشد. عواملی مانند بازآرایی، جزو دارایی‌های فرعی و عواملی مانند افزایش تعداد مشترکین در محل‌های بار به مرور زمان، جزو عوامل خارجی هستند. همان‌طور که در شکل (۱) مشخص است عوامل خارجی شامل: فرهنگ اجتماعی، شهرنشینی و اقتصاد است. فرهنگ اجتماعی، میزان علاقه یا اجبار مردم به زندگی شهرنشینی و وضع اقتصادی مردم بر میزان مصرف انرژی الکتریکی مشترکین تأثیر می‌گذارد. بنابراین، هر تغییر در این عوامل می‌تواند باعث رشد بار شود. مطابق شکل (۱) رشد بار نیز به نوبه خود باعث افزایش بار تحمیلی به دارایی‌های شبکه می‌شود و مقدار متغیر بار دارایی^{۱۹} افزایش پیدا خواهد کرد. افزایش متغیر بار دارایی، مطابق شکل (۱) باعث تغییر در تنظیم دارایی، تعمیر و نگهداری دارایی و حفاظت دارایی خواهد شد. هدف این مقاله کاهش تأثیر رشد بار ناشی از عوامل خارجی و دارایی‌های فرعی بر روی متغیر بار دارایی‌ها است. این کار با جایابی واحد تولید انجام می‌شود به طوری که با جایابی مناسب واحد تولید پراکنده، تأثیر متغیر توپولوژی در شکل

[۱۰] و [۱۱] که به ترتیب از الگوریتم ژنتیک، نرم افزار دیگ سابلینت^۲، الگوریتم مورچه و یک روش تحلیلی بهینه شده برای بهینه‌سازی استفاده کرده‌اند. در بعضی از مراجع مسأله جایابی واحدهای تولید پراکنده به منظور بهینه شدن چند متغیر سیستم انجام می‌شود مانند:

[۱۲] که ضریب توان و تلفات را با استفاده از الگوریتم زنبور عسل بهینه می‌کند؛

[۱۳] که حساسیت تلفات و سطح ولتاژ را با استفاده از الگوریتم پرواز پرندگان بهینه می‌کند؛

[۱۴] که تلفات، قابلیت اطمینان و سطح ولتاژ سیستم توزیع را با استفاده از الگوریتم زنبور عسل بهینه می‌کند؛

و [۱۵] که حساسیت تلفات و سطح ولتاژ را به روش پخش بار تداومی بهینه می‌کنند.

هیچ کدام از مراجعی که نام برده شد تغییرات شاخص‌های سیستم در آینده را مطالعه نمی‌کنند. بنابراین، پژوهش‌های کنونی آن‌ها ممکن است برای آینده نامعتبر باشد یا حداقل دچار نوسانات پیش‌بینی نشده‌ای شود. نوآوری این مقاله نسبت به فعالیت دیگر مراجع، در طراحی فلوچارت مدیریت دارایی با رویکرد قابلیت اطمینان می‌باشد به طوری که اثر رشد بار و تولید پراکنده در آن مشهود است و همچنین، در به دست آوردن رابطه حساسیت نسبت به رشد بار و متغیرهای سیستم توزیع است. در انتها نیز با استفاده از همین رابطه جایابی واحد تولید پراکنده به شکل بهینه انجام شده و نه تنها نقطه بهینه سیستم برای قرارگیری واحد تولید پراکنده (به منظور رسیدن سیستم به کمترین حساسیت نسبت به رشد بار) یافته شده بلکه وضعیت تمام نقاط سیستم از دید حساسیت مشخص می‌شوند.

در ادامه مدل‌سازی فلوچارت مدیریت دارایی، مدل‌سازی سیستم توزیع، حساسیت و سایر آن‌ارایه می‌شود.

۲- مدل‌سازی فلوچارت مدیریت دارایی

برای تحلیل مدیریت دارایی در سیستم توزیع نیاز است که مدل مرتبط (بسته به نوع مطالعه) طراحی شود. این کار با در نظر گرفتن مدل کلی مدیریت دارایی در سیستم توزیع که در [۵] مطرح شده است و تعریف متغیرهای سیستم توزیع و فعالیت‌هایی که باید مدیریت شوند انجام می‌شود.

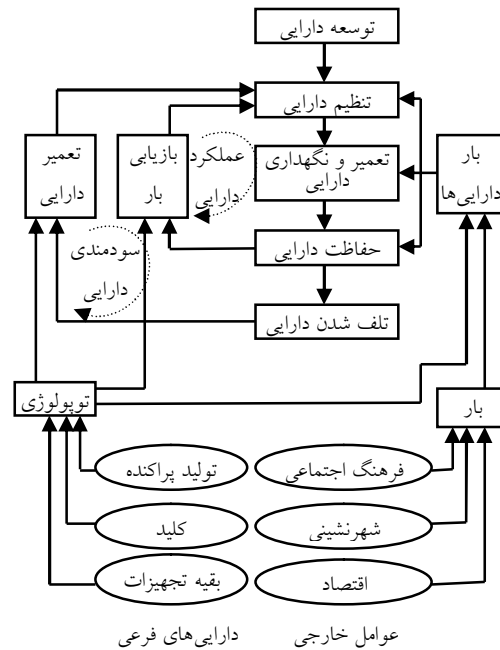
(حفاظت الکتریکی و اجتماعی برای اجتناب از خاموشی در سیستم توزیع) به همراه هزینه اضافی (برای حفاظت) برای هر کدام از پروژه‌ها تعیین می‌شود.

بعد از انجام مرحله چهارم، تحلیل سیستم برای خاموشی‌ها انجام می‌شود. اگر به علت ایجاد خطایی به غیر از خرابی دارایی‌ها، سیستم دچار خاموشی شده است باید با توجه به امکانات شرکت توزیع بلوک بازیابی بار تحلیل شود. بعد از تحلیل این بلوک زمان خاموشی و هزینه احتمالی ناشی از رفع خاموشی برای هر کدام از پروژه‌ها مشخص می‌شود. سپس، دوباره بلوک تنظیم دارایی تحلیل خواهد شد. در این مرحله تحلیل مجدد سیستم برای هر پروژه انجام می‌شود و اگر عواملی مانند عدم تنظیم صحیح سیستم، برنامه تعمیر و نگهداری مناسب یا حفاظت صحیح سیستم علت خاموشی سیستم باشند اصلاح مجدد سیستم انجام شده و چرخه عملکرد دارایی^{۲۰} کامل می‌شود. ولی اگر خراب شدن دارایی‌ها علت خاموشی سیستم باشد باید بلوک تعمیر دارایی تحلیل شود. در این بلوک در صورتی که تعمیر قطعه خراب شده صرفه اقتصادی داشته باشد تعمیر شده و در غیر این صورت تعویض خواهد شد. بعد از تحلیل این بلوک زمان خاموشی، هزینه تعویض دارایی مخروب برای هر کدام از پروژه‌ها مشخص شده سپس دوباره، بلوک تنظیم دارایی تحلیل خواهد شد. در تحلیل مجدد اگر خاموشی ناشی از عدم تنظیم صحیح سیستم، برنامه تعمیرات و نگهداری مناسب یا حفاظت ناصحیح سیستم باشد اصلاح مجدد سیستم انجام شده و چرخه سودمندی دارایی^{۲۱} تکمیل می‌شود.

این چرخه برای تمام پروژه‌هایی که در بلوک توسعه دارایی تعریف می‌شوند بارها تکرار شده و در نهایت، با محاسبه سود شرکت توزیع برای هر کدام از پروژه‌ها در دوره تناوب، پروژه‌ای که بر اساس تحلیل فلوچارت شکل (۱) بیش‌ترین سود را داشته باشد انتخاب شده و وارد مرحله اجرا می‌شود.

همان طور که به تفصیل شرح داده شد رشد بار و تولید پراکنده به طور غیر مستقیم بر بلوک بار دارایی‌ها تأثیر دارند.

(۱) بر روی متغیر بار دارایی‌ها به نحوی خواهد بود که تأثیر رشد بار را به حداقل می‌رساند.

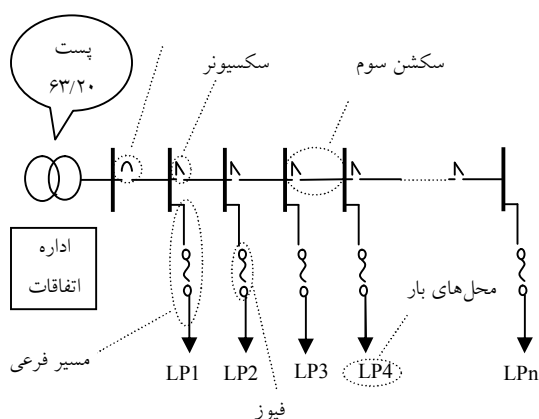


شکل (۱): فلوچارت مدیریت دارایی

اگر مدیر دارایی قصد داشته باشد سخت افزار سیستم را به منظور بهبود قابلیت اطمینان ارتقا دهد در مرحله اول باید بلوک توسعه دارایی را تحلیل کند. بعد از تحلیل این بلوک پروژه‌هایی که با بودجه موجود می‌توانند اجرا شوند مشخص می‌شوند. در مرحله دوم (بلوک تنظیم دارایی) مدیر دارایی تغییراتی را که در تنظیمات قبلی سیستم باید داده شود بررسی می‌کند. در این مرحله تنظیمات جدید سیستم (مانند تغییراتی مثل مقادیر خازن‌های سیستم، تب ترانسفررها و سایر آن) برای پروژه‌های جدید (که یکی از آن‌ها در سیستم اجرا خواهند شد) به همراه هزینه‌های اضافی (هزینه‌های ناشی از اعمال تنظیمات جدید) مطالعه و تعیین می‌شوند. در مرحله سوم (بلوک تعمیر و نگهداری دارایی) فعالیت‌های مربوط به تعمیر و نگهداری سیستم به همراه هزینه‌های احتمالی مطالعه می‌شوند. در انتهای این مرحله برنامه تعمیراتی مورد نیاز و هزینه اجرای آن‌ها برای تمام پروژه‌هایی که احتمال اجرا دارند تعیین می‌شود. در مرحله چهارم (بلوک حفاظت دارایی) با توجه به جزئیاتی که از مراحل قبل به دست آمده است، اقدامات حفاظتی

۳- مدل سازی سیستم توزیع و حساسیت

توپولوژی سیستم توزیع شعاعی از [۳] استخراج شده و در شکل (۳) نمایش داده شده است. در این شکل حد فاصل بین دو باسبار در مسیر اصلی سکشن و حد فاصل بین یک باسبار تا محل بار مسیر فرعی نامیده می‌شوند. بعد از هر باسبار یک کلید سکسیونر بدون خطا در مسیر اصلی و یک فیوز بدون خطا بعد از هر باسبار در مسیر فرعی قرار می‌گیرد.



شکل (۳): توپولوژی سیستم توزیع شعاعی [۳]

در شکل (۳) LP1 تا LPn محل مشترکین است. بریکر یک کلید مدار شکن است که فقط یک عدد از آن و بعد از باسبار اصلی قرار گرفته است. اداره اتفاقات در ابتدای فیدر قرار گرفته وظیفه آن رفع خاموشی است.

در بین اجزای نام برده فقط سکشن‌ها و مسیرهای فرعی امکان خرابی دارند و بقیه اجزا کاملاً مطمئن هستند. نرخ خرابی و زمان تعمیر برای تمام سکشن‌ها با هم برابر و برای تمام مسیرهای فرعی نیز با هم برابر است. یک واحد تولید پراکنده می‌تواند در هر نقطه‌ای از سکشن‌ها قرار گیرد و در صورت نیاز در زمان کوتاهی وارد مدار شود.

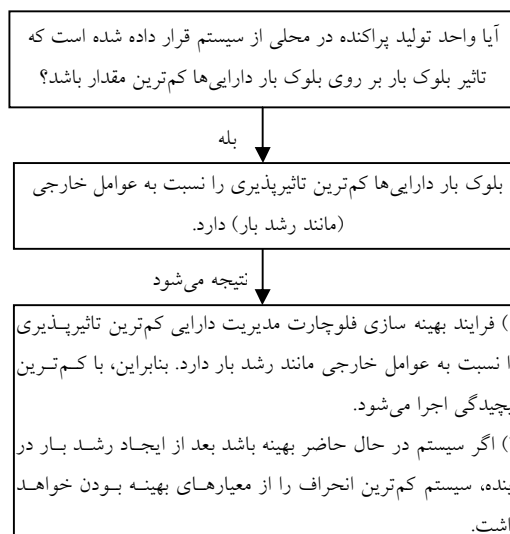
برای به دست آوردن زمان خاموشی مشترکین باید اصول زیر رعایت شود:

(۱) اگر خطا روی سکشن‌ها رخ دهد:

اگر خطا در محل X (شماره سکشن) رخ داده باشد، زمان خاموشی برای محل بارهایی که شماره آن‌ها از X کمتر

در این مقاله سعی می‌شود با جایابی مناسب واحد تولید پراکنده تأثیر رشد بار بر متغیر بار دارایی‌ها به حداقل رسانده شود. این کار با تعریف شاخصه حساسیت (که در ادامه توضیح داده خواهد شد) و انجام یک سری عملیات ریاضی به طور دقیق در قسمت‌های بعدی انجام خواهد شد.

مدیر دارایی در آینده سعی دارد برای ارتقای سیستم اقداماتی را انجام دهد. به همین منظور با استفاده از شکل (۱) سعی در پیدا کردن پروژه بهینه (از بین پروژه‌هایی که پس از تحلیل بلوک توسعه دارایی تعریف می‌شوند) با هدف بیشینه کردن سود شرکت توزیع دارد. حال اگر حساسیت سیستم نسبت به رشد بار کم باشد تأثیر بلوک بار دارایی‌ها بر روی بلوک‌های تنظیم دارایی، تعمیر و نگهداری دارایی و حفاظت دارایی به حداقل می‌رسد. بنابراین، مدیر دارایی فرایند بهینه‌سازی را با پیچیدگی کمتر اجرا کرده و پروژه بهینه را می‌یابد. همچنین، پروژه بهینه بعد از اینکه سیستم در آینده با رشد بار روبه‌رو شد از معیارهای بهینه بودن فاصله کمتری می‌گیرد. توضیحات داده شده شکل (۲) نمایان است. این شکل خلاصه‌ای از مزایای جایابی واحد تولید پراکنده با در نظر گرفتن رشد بار را از دید مدیریت دارایی نشان می‌دهد.



شکل (۲): بررسی تأثیر جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان نسبت به رشد بار بر فرایند مدیریت دارایی

حداقل ممکن برساند. بنابراین، می توان شاخص حساسیت را به شکل زیر تعریف کرد:

$$\text{حساسیت} = \frac{A-E}{B} \quad (1)$$

که در آن:

A = بیشینه سایدی با در نظر گرفتن رشد بار

B = بیشینه سایدی بدون در نظر گرفتن رشد بار

برای جایابی واحد تولید پراکنده از دید قابلیت اطمینان سیستم به بعضی از متغیرهای سیستم که در شکل (۴) نمایش داده شده است نیاز است. متغیرها به عنوان داده های ورودی به مسأله جایابی واحد تولید پراکنده استفاده می شوند و قبل از حل مسأله باید مقادیر آنها مشخص باشد.

روند حل مسأله مطابق شکل (۴) به این شکل است که واحد تولید پراکنده در هر یک از محل های ممکن قرار داده می شود؛ سپس، قابلیت اطمینان سیستم (بر اساس هر شاخصه ای که مد نظر است) محاسبه می شود. در نهایت هر محلی که قابلیت اطمینان سیستم بیش ترین بهبودی را دارد بهترین محل برای حضور واحد تولید پراکنده است (پژوهش های [۳] به این شکل انجام شده است). به این ترتیب مسأله جایابی پایان می پذیرد. اما همان طور که قبلاً توضیح داده شد جایابی واحد تولید پراکنده به این روش نمی تواند برای آینده پاسخ گو باشد زیرا در آینده متغیرهای نشان داده شده در شکل (۴) تحت تاثیر عوامل مختلفی می توانند تغییر کنند.

رشد بار دو بعد دارد. بعد اول مقدار رشد بار و بعد دوم آن محل رشد بار است. در این مقاله قبل از حل مسأله جایابی، مقدار رشد بار پیش بینی می شود ولی محل رشد بار نامعلوم است و تمامی محل های بار مستعد رشد بار هستند. ΔL به عنوان متغیر مقدار رشد بار تعریف می شود که ممکن است برای هر یک از محل های بار اتفاق بی افتد و همان گونه که در مقدمه بیان شد برای حوزه پژوهش های

است برابر مجموع زمان کلیدزنی و زمان خطایابی است. زمان خاموشی برای باری با شماره X ، اگر محل تولید پراکنده بیشتر از X باشد، برابر مجموع دو برابر زمان کلیدزنی، زمان خطایابی، زمان تعمیر و زمان راه اندازی واحد تولید پراکنده است؛ در غیر این صورت برابر مجموع زمان کلیدزنی، زمان خطایابی و زمان تعمیر است. زمان خاموشی برای باری که شماره آن از X بیشتر است، اگر محل واحد تولید پراکنده بیشتر از X باشد، برابر مجموع دو برابر زمان کلیدزنی، زمان خطایابی و زمان راه اندازی واحد تولید پراکنده است؛ در غیر این صورت برابر مجموع زمان کلیدزنی، زمان خطایابی و زمان تعمیر است.

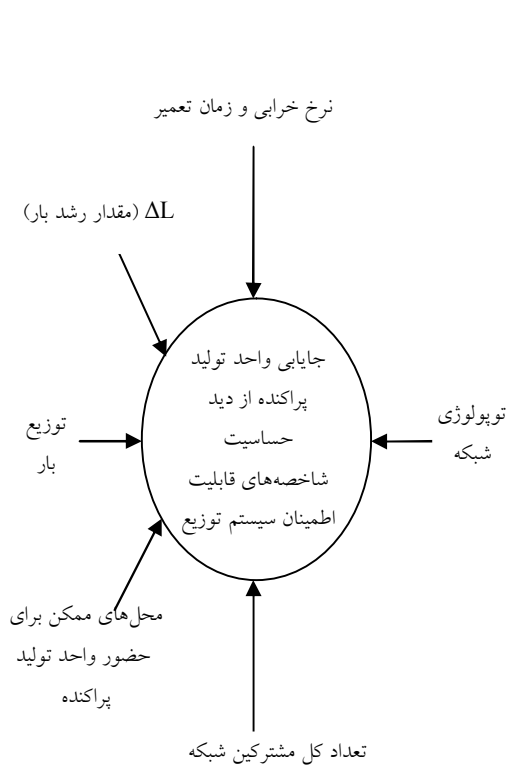
(۲) اگر خطا روی مسیره های فرعی رخ دهد:

در این حالت فقط باری هایی که خطا روی مسیره شان رخ داده است دچار خاموشی می شوند (زیرا فیوزهای قرار گرفته در مسیره های فرعی قبل از بقیه تجهیزات حفاظتی عمل می کنند). زمان خاموشی برابر مجموع زمان تعمیر و زمان خطایابی است.

حضور واحد تولید پراکنده در سیستم توزیع مدل سازی شده در شکل (۳) تأثیر مثبتی روی شاخصه های قابلیت اطمینان مبنی بر فرکانس، مانند سایفی و کایفی ندارد و فقط شاخصه های مبنی بر زمان و انرژی را بهبود می بخشد. به همین علت در این مقاله از شاخصه سایدی برای تعریف حساسیت استفاده می شود. روابط مورد نیاز برای محاسبه سایدی در [۳] بیان شده است.

حساسیت باید بر مبنای هدف تعریف شود. همانگونه پیش از این اشاره شد به علت رشد بار در آینده مقادیر شاخصه های قابلیت اطمینان تغییر خواهند کرد و پژوهش های کنونی بر روی سیستم دچار انحراف خواهند شد. همچنین، اشاره شد که سعی می شود واحد تولید پراکنده در محلی قرار داده شود که میزان انحراف را به

(۴) در انتها واحد تولید پراکنده در محلی قرار می‌گیرد که سیستم کم‌ترین حساسیت را داشته باشد به عبارتی این محل، نقطه بهینه سیستم برای قرارگیری واحد تولید پراکنده است.



شکل (۵): متغیرهای سیستم برای حل مسأله جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان

۴- تحلیل حساسیت سیستم توزیع

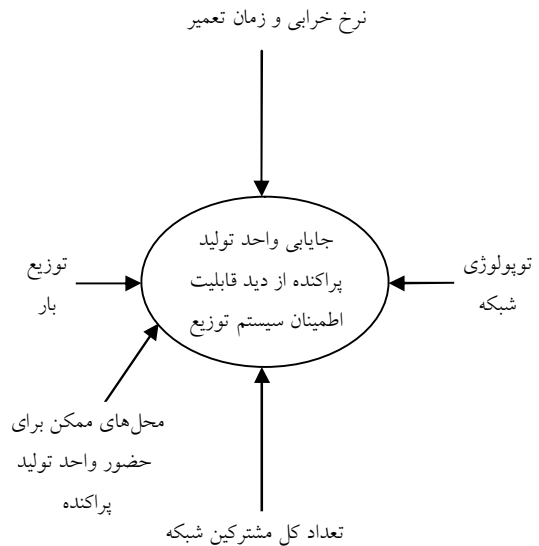
بر اساس [۳] رابطه سایدی مطابق زیر است:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n N_i U_i}{\sum_{i=1}^n N_i} \quad (2)$$

که در آن i برابر شماره محل مشترکین، N_i تعداد مشترکین در محل i ام و U_i کل زمان خاموشی یک مشترک در محل i ام است.

اگر رشد بار بر روی آخرین محل بار باشد، مستقل از محل واحد تولید پراکنده سایدی بیش‌ترین مقدار را خواهد

این مقاله رشد بار در یک زمان فقط برای یکی از محل‌های بار می‌تواند اتفاق بیفتد.



شکل (۴): متغیرهای سیستم توزیع برای حل مسأله جایابی واحد تولید پراکنده از دید قابلیت اطمینان

با توضیحاتی که ارائه شد برای جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان، شکل (۵) رسم می‌شود. با تعریف متغیرهای مورد نیاز، جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان می‌تواند انجام شود. در این شکل، متغیرهای ورودی مسأله مشخص شده‌اند. برای حل مسأله باید روند زیر دنبال شود:

- ۱) یک متغیر جدید (مقدار رشد بار) به ورودی مسأله (جایابی واحد تولید پراکنده از دید قابلیت اطمینان) اضافه شد که قبل از حل مسأله باید مقدار آن مشخص شود.
- ۲) واحد تولید پراکنده در هر یک از محل‌های ممکن گذاشته می‌شود و با تغییر محل رشد بار در هر حالت مقدار سایدی محاسبه می‌شود.
- ۳) با قرارگیری واحد تولید پراکنده در هر یک از محل‌های ممکن شاخصه حساسیت بر اساس رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

در رابطه ۴ جمله اول در صورت و مخرج قسمت کسری با هم برابر هستند. بنابراین، با در نظر گرفتن رابطه (۴) و (۵) به طور هم‌زمان ثابت می‌شود اگر U_n به حداقل مقدار خود برسد حساسیت نیز به حداقل مقدار خود خواهد رسید؛ و همان‌طور که آشکار است اگر واحد تولید پراکنده در سکشن آخر باشد این شرط برقرار می‌شود. با روند مشابه ثابت می‌شود اگر واحد تولید پراکنده در سکشن اول باشد بیش‌ترین مقدار حساسیت را ایجاد خواهد کرد. به طور کلی، هر چه محل واحد تولید پراکنده به انتهای فیدر نزدیک‌تر باشد حساسیت کمتر خواهد بود و این قاعده کلی مستقل از مقدار رشد بار و نحوه توزیع بار است.

حال تعاریف زیر فرض می‌شوند:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n N_i \sum_{i=1}^n N_i U_i \quad (6)$$

$$\beta = U_n (N_1 + \dots + N_x + \dots + N_n) \quad (7)$$

$$\lambda = N_1 U_1 + \dots + N_x U_x + \dots + N_n U_n \quad (8)$$

با جایگذاری رابطه‌های (۶)، (۷) و (۸) در رابطه (۴)،

رابطه (۹) شکل می‌گیرد:

$$\text{حساسیت} = \frac{\alpha + \Delta L \beta}{\alpha + \Delta L \lambda} - 1 \quad (9)$$

با توجه به رابطه‌های (۵)، (۷) و (۸) آشکار است که همواره $\beta > \lambda$ است. بنابراین، بر اساس رابطه (۹) حساسیت همواره مثبت است. پیش از این اشاره شد که مقدار رشد بار به عنوان یک متغیر ورودی، مقدارش قبل از مسأله جایابی پیش‌بینی می‌شود. حال اگر این پیش‌بینی دچار خطا شود نتایج چه تغییری می‌کنند؟ برای یافتن پاسخ این سوال باید بررسی شود که با افزایش رشد بار حساسیت چه تغییری می‌کند؟ با مشتق‌گیری از رابطه ۹، رابطه (۱۰) نتیجه می‌شود:

$$\frac{d(\text{حساسیت})}{d\Delta L} = \frac{d}{d\Delta L} \left(\frac{\alpha + \Delta L \beta}{\alpha + \Delta L \lambda} - 1 \right) = \frac{\alpha(\beta - \lambda)}{(\alpha + \Delta L \lambda)^2} \quad (10)$$

صورت و مخرج رابطه (۱۰) همواره مقادیری مثبت هستند زیرا همواره $\beta > \lambda$ است. بنابراین با افزایش مقدار

داشت. زیرا به ازای خطا روی هر کدام از سکشن‌ها مشترکین حاضر در محل بار آخر دچار خاموشی می‌شوند. به عبارتی زمان خاموشی برای محل بار آخر همواره بیشتر از زمان خاموشی برای بقیه محل‌های بار است. بنابراین، بر اساس رابطه ۲ چون U_1 برای محل بار آخر بیشتر از بقیه محل‌های بار است و رشد بار، افزایش تعداد مشترکین در محل بار n است. نتیجه‌گیری می‌شود اگر رشد بار در محل بار آخر باشد می‌تواند بیش‌ترین مقدار را به صورت رابطه (۲) اضافه کند بنابراین، بیش‌ترین مقدار سایدی در این حالت ایجاد خواهد شد.

با توجه به اینکه رشد بار باعث افزایش سایدی می‌شود، مقدار حساسیت همواره مثبت است. رابطه (۱) می‌تواند به شکل ساده‌تر زیر نیز بیان شود:

$$\text{حساسیت} = \frac{A}{B} - 1 \quad (3)$$

به طوری که A مقدار بیشینه سایدی با در نظر گرفتن رشد بار و B مقدار بیشینه سایدی بدون در نظر گرفتن رشد بار است. ترکیب رابطه (۲) و (۳) برای حالتی که واحد تولید پراکنده در سکشن x قرار گرفته، محل بار آخر دچار رشد بار شده است و سیستم توزیع شکل (۳) شامل n باسبار است رابطه (۴) را تشکیل می‌دهد.

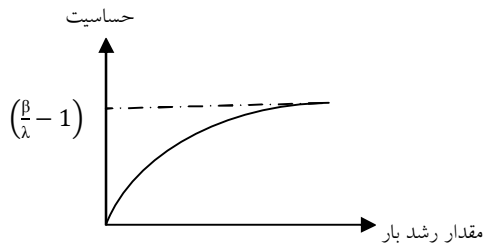
حساسیت =

$$\frac{N_1 U_1 + \dots + N_x U_x + \dots + (N_n + \Delta L) U_n}{N_1 + \dots + N_x + \dots + N_n} - 1 = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \sum_{i=1}^n N_i U_i + \Delta L U_n (N_1 + \dots + N_x + \dots + N_n)}{\sum_{i=1}^n N_i \sum_{i=1}^n N_i U_i + \Delta L (N_1 U_1 + \dots + N_x U_x + \dots + N_n U_n)} - 1 \quad (4)$$

با توجه به توپولوژی شکل (۳) و فرضیاتی که در قسمت مدل‌سازی گفته شد همواره رابطه زیر بین زمان‌های خاموشی محل‌های بار وجود دارد:

$$U_1 < U_2 < \dots < U_x < \dots < U_n \quad (5)$$

با توجه به رابطه (۱۱) مقدار حدی حساسیت زمانی که رشد بار بی کران افزایش می یابد برابر $(\frac{\beta}{\lambda} - 1)$ است که در شکل (۷) نشان داده شده است.



شکل (۷): منحنی حساسیت نسبت به رشد بار

در حالت کلی اگر در یک سیستم توزیع زمان خاموشی برای محل بار آخر (U_n) بیشتر از زمان خاموشی برای بقیه محل های بار باشد، رابطه حساسیت نسبت به رشد بار مطابق رابطه ۹ خواهد بود و برای سیستم های توزیع که به ازای هر دو محل بار دلخواه i و j که $i > j$ ، اگر همواره رابطه $U_j < U_i$ برقرار باشد می توان گفت حساسیت زمانی که واحد تولید پراکنده به انتهای فیدر نزدیک می شود کمتر خواهد شد. همچنین، مقدار حساسیت، حساسیت کمتری نسبت به مقدار رشد بار خواهد داشت (شکل (۶)). با توجه به توضیحات داده شده می توان روش جایابی واحد تولید پراکنده از دید رشد بار را مطابق شکل (۸) به شکل مرحله ای بیان کرد.

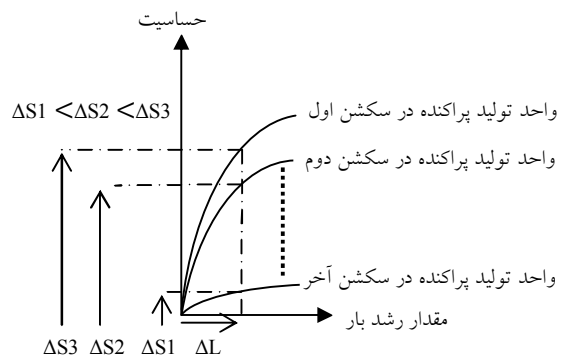


شکل (۸): روش جایابی واحد تولید پراکنده از دید رشد بار

رشد بار مقدار حساسیت افزایش پیدا می کند. ولی همانطور که گفته شد نقطه بهینه سیستم شکل (۳) همواره باسبار آخر است و این اصل هیچ ارتباطی با مقدار رشد بار ندارد. اگر به سیستم توزیع شکل (۳) توجه شود مشاهده می شود زمان خاموشی مشترکین حاضر در محل بار اول (U_1) مستقل از حضور واحد تولید پراکنده است و اگر بقیه متغیرهای سیستم ثابت باشند با تغییر محل واحد تولید پراکنده مقدار آن تغییر نمی کند ولی زمان خاموشی مشترکین حاضر در محل بار آخر (U_n) به محل واحد تولید پراکنده وابسته است و با نزدیک شدن محل واحد تولید پراکنده به انتهای فیدر مقدارش کاهش می یابد. از طرفی رابطه ۵ همواره برقرار است. بنابراین، ثابت می شود با تغییر محل واحد تولید پراکنده از ابتدای فیدر به انتهای فیدر مقدار $U_n - U_1$ کاهش می یابد. بنابراین، مقدار $\frac{\beta}{\lambda}$ کاهش می یابد. با حدگیری از رابطه (۹)، رابطه (۱۱) نتیجه می شود:

$$\lim_{\Delta L \rightarrow \infty} (\text{حساسیت}) = \lim_{\Delta L \rightarrow \infty} \left(\frac{\alpha + \Delta L \beta}{\alpha + \Delta L \lambda} - 1 \right) = \left(\frac{\beta}{\lambda} - 1 \right) \quad (11)$$

بر اساس رابطه (۱۱) و توضیحاتی که در بند قبل ارایه شد گفته می شود هر چه محل واحد تولید پراکنده به ابتدای فیدر نزدیک تر باشد مقادیر حساسیت زمانی که مقدار رشد بار افزایش می یابد، افزایش بیشتری خواهند داشت. بنابراین، زمانی که واحد تولید پراکنده در سکشن آخر باشد نه تنها مقدار حساسیت کم ترین است بلکه حساسیت، حساسیت کمتری نسبت به افزایش مقدار رشد بار دارد. این نکته مهم در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل (۶): منحنی حساسیت نسبت به رشد بار برای مکان های

مختلف واحد تولید پراکنده

نشده است. مقادیر عددی مشخصات سیستم مورد مطالعه به شرح زیر است:

- (۱) سیستم ۹ باسبار دارد.
- (۲) نرخ خرابی سکشن‌ها 0.1 f/km-yr و نرخ خرابی مسیره‌های فرعی 0.2 f/km-yr است. طول هر کدام از سکشن‌ها ۵ و طول هر یک از مسیره‌های فرعی ۱۰ کیلومتر است.

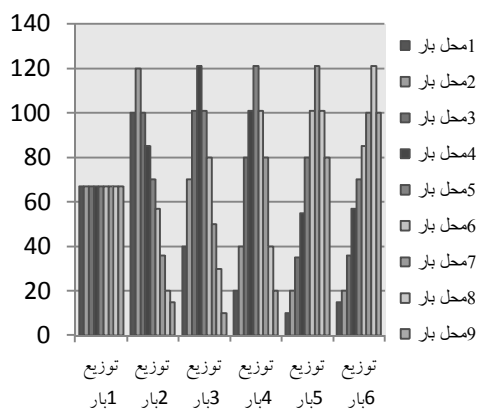
(۳) میانگین زمان تعمیر برای سکشن‌ها ۲ و برای مسیره‌های فرعی ۴ ساعت است.

(۴) میانگین زمان کلیدزنی، زمان خطایابی و زمان راه اندازی واحد تولید پراکنده به ترتیب برابر 0.25 ، 0.5 و 0.333 ساعت است.

(۵) همان‌طور که در قسمت مقدمه گفته شد و در قسمت تحلیل حساسیت نیز اثبات شد نحوه توزیع بار نمی‌تواند نقطه بهینه سیستم برای نصب واحد تولید پراکنده از دید حساسیت را تغییر دهد. به همین منظور ۶ توزیع بار مختلف برای سیستم توزیع شکل (۳) مطابق شکل (۹) در نظر گرفته شده است. در تمام آرایش‌های نشان داده شده در شکل (۹) تعداد کل مشترکین 603 عدد است. جدول (۱) تعداد مشترکین در هر توزیع بار را نشان می‌دهد.

(۶) اگر مقدار رشد بار را 2% کل بار فیدر $2\% * 12 = 0.24 * 603 = 12$ شود مقدار آن برابر:

$$12 = 0.24 * 603 = 12$$



شکل (۹): ۶ توزیع بار مختلف برای سیستم توزیع شکل (۳)

[۳]

همان‌طور که آشکار است در این مقاله برای تحلیل و به‌دست آوردن نقطه بهینه سیستم از یک روش ابتکاری استفاده شده است. کاملاً آشکار است که رابطه (۲) و (۳) روابط غیرخطی هستند و برای تحلیل و به‌دست آوردن نقطه بهینه در سیستم باید از روش‌های هوشمند یا ابتکاری استفاده کرد. روش ابتکاری استفاده شده در این مقاله به این شکل است که ابتدا با تحلیل سیستم در قسمت ۳ (همان‌طور که در رابطه ۵ نیز نشان داده شده است) مشخص می‌شود که زمان خاموشی برای محل بار آخر از بقیه محل‌های بار بیشتر است. بنابراین، بیش‌ترین مقدار سایدی زمانی ایجاد می‌شود که رشد بار در محل بار آخر اتفاق بیافتد. با اعمال مقدار رشد بار در محل بار آخر، رابطه (۴) به دست می‌آید. ساده‌سازی و تحلیل رابطه (۴) مطابق آنچه در روابط (۵) تا (۱۱) و تحلیل آنها گفته شد، بر اساس روش‌های کلاسیک است. آنچه هوشمند بودن روش استفاده شده در این مقاله را تأیید می‌کند به‌دست آوردن رابطه (۴) است. در صورتی که از تحلیل سیستم برای به‌دست آوردن رابطه (۴)، تحلیل و به‌دست آوردن نقطه بهینه سیستم، استفاده نشود می‌توان از روش‌های تکاملی بازگشتی و دیگر روش‌های هوشمند استفاده کرد. همان‌طور که در قسمت پژوهش‌های عددی بیان خواهد شد، برای شبیه‌سازی سیستم مورد مطالعه در این مقاله از نرم افزار متلب و از روش جستجوی مستقیم استفاده شده است. در انتها مشاهده می‌شود که نتایج به‌دست آمده از نرم افزار با نتایج حاصل از روشی که در این قسمت بیان شد مطابقت دارد.

۵- پژوهش‌های عددی

در این قسمت سعی می‌شود فضایی اثبات شده در قسمت قبل به صورت عددی مطالعه شود. به همین منظور مقادیر عددی برای سیستم شکل (۳) از [۳] استخراج می‌شود. در [۳] جایابی واحد تولید پراکنده فقط بر مبنای مقادیر مطلق شاخصه‌های قابلیت اطمینان انجام شده و رشد بار در آینده در جایابی واحد تولید پراکنده در نظر گرفته

جدول (۱): تعداد مشترکین در هر محل بار برای توزیع بارهای

شکل (۹) [۳]

محل بار / توزیع بار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	مجموع
توزیع بار ۱	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۷	۶۰۳
توزیع بار ۲	۱۰۰	۱۲۰	۱۰۰	۸۵	۷۰	۵۷	۳۶	۲۰	۱۵	۶۰۳
توزیع بار ۳	۴۰	۷۰	۱۰۱	۱۲۱	۱۰۱	۸۰	۵۰	۳۰	۱۰	۶۰۳
توزیع بار ۴	۲۰	۴۰	۸۰	۱۰۱	۱۲۱	۱۰۱	۴۰	۸۰	۲۰	۶۰۳
توزیع بار ۵	۱۰	۲۰	۳۵	۵۵	۸۰	۱۰۱	۱۲۱	۱۰۱	۸۰	۶۰۳
توزیع بار ۶	۱۵	۲۰	۳۶	۵۷	۷۰	۸۵	۱۰۰	۱۲۰	۱۰۰	۶۰۳

همانطور که مشخص است این رابطه یک رابطه غیر خطی است. برای شبیه‌سازی این رابطه از نرم افزار متلب قسمت m-file استفاده شده است. برای محاسبه مقادیر حساسیت در هر توزیع بار، در هر بار با قرار دادن واحد تولید پراکنده در یکی از محل‌های بار و در نظر گرفتن یک مقدار ثابت برای مقدار رشد بار اقدام به محاسبه حساسیت شده است. به این ترتیب جدول (۲) به دست آمده است. همان طور که مشاهده می‌شود در هر توزیع بار زمانی که محل واحد تولید پراکنده از ابتدای فیدر به انتهای فیدر تغییر می‌کند، مقدار حساسیت کاهش می‌یابد. بنابراین، نقطه بهینه سیستم، سکشن آخر است.

در این قسمت سعی شده است رابطه (۹) شبیه سازی شود. در این رابطه، حساسیت متغیر وابسته و مقدار رشد بار متغیر مستقل بوده و بقیه متغیرها ثابت‌های مسأله هستند.

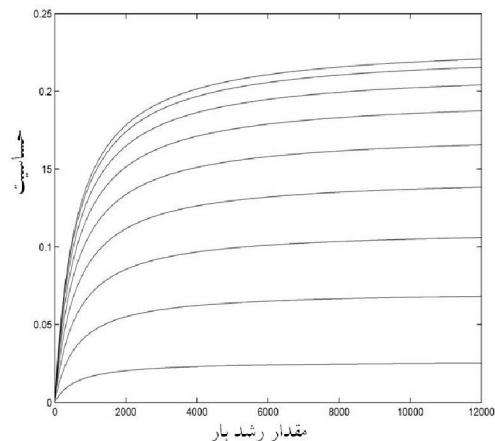
جدول (۲): مقادیر حساسیت برای سیستم توزیع شکل (۳) در توزیع بارهای مختلف برای محل‌های مختلف واحد تولید پراکنده

توزیع بار / محل تولید پراکنده	توزیع بار ۱	توزیع بار ۲	توزیع بار ۳	توزیع بار ۴	توزیع بار ۵	توزیع بار ۶
باسبار ۱	-۳ e ۴/۵۲۴۶	-۳ e ۶/۵۱۶۴	-۳ e ۵/۴۳۳۵	-۳ e ۴/۵۲۴۶	-۳ e ۲/۹۲۶۱	-۳ e ۲/۸۱۵۹
باسبار ۲	-۳ e ۴/۴۱۶۷	-۳ e ۶/۳۴۲۱	-۳ e ۵/۳۷۶۶	-۳ e ۴/۴۹۲۴	-۳ e ۲/۹۱۱۱	-۳ e ۲/۷۹۳۵
باسبار ۳	-۳ e ۳/۸۴۱۷	-۳ e ۵/۹۲۰۴	-۳ e ۵/۱۷۳۴	-۳ e ۴/۳۸۵۱	-۳ e ۲/۸۶۱۰	-۳ e ۲/۷۳۶۲
باسبار ۴	-۳ e ۳/۳۹۲۴	-۳ e ۵/۳۳۷۲	-۳ e ۴/۷۹۲۸	-۳ e ۴/۱۳۸۴	-۳ e ۲/۷۵۴۶	-۳ e ۲/۶۲۱۱
باسبار ۵	-۳ e ۳/۸۳۵۲	-۳ e ۴/۶۰۶۶	-۳ e ۴/۲۰۴۴	-۳ e ۳/۷۲۳۶	-۳ e ۲/۵۶۰۶	-۳ e ۲/۴۱۵۶
باسبار ۶	-۳ e ۲/۱۷۰۱	-۳ e ۳/۷۵۸۳	-۳ e ۳/۴۵۲۷	-۳ e ۳/۱۰۸۵	-۳ e ۲/۲۴۰۲	-۳ e ۲/۱۰۲۲
باسبار ۷	-۳ e ۲/۵۲۴۶	-۳ e ۲/۸۱۴۳	-۳ e ۲/۵۷۳۱	-۳ e ۲/۳۳۶۲	-۳ e ۱/۷۶۲۷	-۳ e ۱/۶۵۷۹
باسبار ۸	-۳ e ۱/۳۹۷۱	-۳ e ۱/۸۱۳۶	-۳ e ۱/۶۱۸۱	-۳ e ۱/۴۴۰۶	-۳ e ۱/۰۹۸۴	-۳ e ۱/۰۶۰۴
باسبار ۹	-۴ e ۵/۱۶۲۸	-۴ e ۷/۸۲۶۴	-۴ e ۶/۱۸۵۱	-۴ e ۴/۹۱۳۱	-۴ e ۲/۸۷۲۴	-۴ e ۲/۷۸۴۲

همانطور که مشاهده می‌شود و پیش از این هم اثبات شد هر چه محل واحد تولید پراکنده به انتهای فیدر نزدیک‌تر باشد، افزایش حساسیت به ازای افزایش مقدار معینی از رشد بار، کمتر خواهد بود.

حال سعی می‌شود منحنی حساسیت نسبت به رشد بار برای توزیع بار ۱ به ازای مکان‌های مختلف واحد تولید پراکنده رسم شود. در شکل (۱۰) منحنی‌ها مشاهده می‌شود که به ترتیب از بالا به پایین مربوط به حضور واحد تولید پراکنده در سکشن اول، سکشن دوم، ... و سکشن آخر است.

آخر قرار دارد. البته برای بهینه بودن سکشن آخر کافی است در سیستمی زمان خاموشی محل بار آخر از زمان خاموشی برای بقیه محل‌های بار بیشتر باشد. منحنی حساسیت نسبت به رشد بار همواره مثبت، صعودی و تقعر رو به پایین دارد. این منحنی یک مجانب افقی با مقدار $(\frac{\beta}{\lambda} - 1)$ دارد (شکل (۷)). هر چه واحد تولید پراکنده به انتهای فیدر نزدیک‌تر باشد، افزایش حساسیت به ازای افزایش مقدار معینی رشد بار کمتر خواهد بود (شکل (۶)). نقطه بهینه سیستم برای نصب واحد تولید پراکنده همواره سکشن آخر است و این اصل مستقل از مقدار رشد بار و نحوه توزیع بار است.



شکل (۱۰): منحنی‌های حساسیت نسبت به رشد بار به ازای مکان‌های مختلف واحد تولید پراکنده برای توزیع بار ۱

۶- نتیجه گیری

شرکت توزیع همواره به دنبال بیشینه کردن سود خود است. به همین منظور باید سرمایه‌گذاری خود را بهینه کند. برای بهینه‌سازی نیاز است ساختاری مشابه فلوچارت مدیریت دارایی (که در شکل (۱) نمایش داده شده است) را رعایت کند. جایابی واحد تولید پراکنده از دید حساسیت شاخصه‌های قابلیت اطمینان نسبت به رشد بار باعث می‌شود تأثیر رشد بار بر روی فلوچارت مدیریت دارایی به حداقل برسد و فرایند بهینه‌سازی با پیچیدگی کمتری انجام شود. همچنین، بعد از اجرای پروژه بهینه اگر سیستم توزیع با رشد بار روبه‌رو شد پروژه اجرا شده از معیارهای بهینه بودن کم‌ترین انحراف را پیدا خواهد کرد. برای سیستم‌های توزیعی که به ازای هر دو محل بار دلخواه i و j که $i > j$ ، اگر رابطه $U_j < U_i$ برقرار باشد بیش‌ترین مقدار سایدی و بیش‌ترین مقدار حساسیت همزمان رخ می‌دهد. این اصل برای کم‌ترین مقدار سایدی و کم‌ترین مقدار حساسیت نیز برقرار است. برای این نوع سیستم‌ها بیش‌ترین مقدار حساسیت در هر توزیع بار مربوط به حالتی است که واحد تولید پراکنده در سکشن اول قرار دارد؛ و کم‌ترین مقدار حساسیت در هر توزیع بار مربوط به حالتی است که واحد تولید پراکنده در سکشن

مراجع

- [1] Yuan, Y., Qian, K., Zhou, C., "The effect of Distributed Generation on distribution system reliability", 42nd International of Universities Power Engineering Conference, pp. 911-916, Brighton, 4-6 Sept 2007.
- [2] Chiradeja, P., "Benefit of Distributed Generation: A Line Loss Reduction Analysis", Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, pp. 1-5, Dalian, 2005.
- [3] Chaiyabut, N., Damrongkulkamjorn, P., "Impact of customer scattering on distribution system reliability with distributed generation", 2010 IEEE Region 10 Conference, pp. 568-573, Fukuoka, 21-24 Nov. 2010.
- [4] Dashti, R., Yousefi, S., "Reliability based asset assessment in electrical distribution systems", Reliability Engineering & System Safety, Vol. 112, pp. 129-136, Elsevier, April 2013.
- [5] dashti, R., Afsharnia, S., Bayat, B., "Asset Management Infrastructure in Electrical Distribution System", Australian Journal of Basic and Applied Sciences, Vol. 1, No.3, pp. 27-36, Jordan, January 2010.
- [6] Dashti, R., Afsharnia, S., Ghaderi, F., "AGA (Asset Governance Assessment) for analyzing affect of subsidy on MC(Marginal Cost) in electricity distribution sector", Energy, Vol. 35, No.12, pp. 4996-5007, Elsevier, December 2010.
- [7] Dashti, R., Afsharnia, S., "Demand response regulation modeling based on distribution system asset efficiency", Electric Power Systems Research, Vol. 81, No.2, pp. 667-676, Elsevier, February 2011.
- [8] Talaat, H.E.A., Al-Ammar, E., "Optimal allocation and sizing of Distributed Generation in distribution networks using Genetic Algorithms", 11th International Conference of Electrical Power

- [12] Abu-Mouti, F.S., El-Hawary, M.E., "Optimal Distributed Generation Allocation and Sizing in Distribution Systems via Artificial Bee Colony Algorithm", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 26, No.4, pp. 2090-2101, Oct 2011.
- [13] Cui, H., "Optimal Allocation of Distributed Generation in Distributed Network", Power and Energy Engineering Conference, pp. 1-4, Shanghai, 27-29 March 2012.
- [14] Hussain, I., Roy, A.K., "Optimal distributed generation allocation in distribution systems employing modified artificial bee colony algorithm to reduce losses and improve voltage profile", International Conference on Advances in Engineering, Science and Management, pp. 565-570, Nagapattinam, 30-31 March 2012.
- [15] Hedayati, H., Nabaviniaki, S.A., Akbarimajid, A., " A Method for Placement of DG Units in Distribution Networks", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 23, No. 3, pp. 1620-1628, June 2008.
- Quality and Utilisation, pp. 1-6, Lisbon, 17-19 Oct 2011.
- [9] Saraisuwan, P., Jirapong, P., Kalankul, A., Premrudeepreechacharn, S., "Allocation planning tool for determining the optimal location and sizing of distributed generations in provincial electricity authority of Thailand", International Conference of Utility Exhibition on Power and Energy Systems: Issues & Prospects for Asia, pp. 1-8, Pattaya, 28-30 Sept 2011.
- [10] Sheidaei, F., Shadkam, M., Zarei, M., "Optimal Distributed Generation allocation in distribution systems employing ant colony to reduce losses", 43rd International Conference of Universities Power Engineering, pp. 1-5, Padova, 1-4 Sept 2008.
- [11] Hung, D., Mithulananthan, N., "Multiple Distributed Generator Placement in Primary Distribution Networks for Loss Reduction", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 60, No. 4, pp. 1700-1708, November 2012.

-
- ¹ System Average Interruption Frequency Index (SAIFI)
² System Average Interruption Duration Index (SAIDI)
³ Customer Average Interruption Frequency Index (CAIFI)
⁴ Customer Average Interruption Duration Index (CAIDI)
⁵ Energy not Supplied Index (ENS)
⁶ Average Energy not Supplied Index (AENS)
⁷ Reconfiguration
⁸ Asset Management
⁹ Digsilent
¹⁰ Asset Development (ADP)
¹¹ Asset Regulation (ARG)
¹² Asset Maintenance (AMT)
¹³ Asset Protection (APR)
¹⁴ Asset Wastage (AW)
¹⁵ Load Restoration (LR)
¹⁶ Asset Repair (ARP)
¹⁷ External Factors
¹⁸ Lateral Assets
¹⁹ Load of Assets
²⁰ Assets Operation (AOP)
²¹ Availability of Assets (AOA)