

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL

پروپوزال

مركز آموزش
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



مركز آموزش
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



مركز آموزش
آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترکیه های جستجو

تخصیص تلفات اکتیو شبکه انتقال به کمک ماتریس مجاورت توان

علی انشایی^۱ و مهدی معلم^۲

^۱ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، a.enshaee@ec.iut.ac.ir

^۲ دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه صنعتی اصفهان، moallem@cc.iut.ac.ir

متناسب با سهمی که در تأمین تلفات کل شبکه دارد، هزینه‌ای را پرداخت نماید. در نتیجه، محاسبه دقیق و منصفانه سهم هر کدام از شرکت‌کنندگان بازار از تلفات شبکه انتقال به یک مسأله کلیدی تبدیل می‌شود.

به دلیل ماهیت غیرخطی تابع تلفات و وابستگی شدید آن به عوامل متعدد، یک پاسخ جامع و دقیق برای مسأله تخصیص تلفات وجود ندارد. لیکن نظر به اهمیت فنی و اقتصادی این مسأله، تاکنون روش‌های گوناگونی برای حل آن ارائه شده است. روش‌های ارائه شده را بر اساس فرضیات و تئوری‌هایی که از آن بهره گرفته‌اند، می‌توان در شش گروه اصلی جای داد:

(۱) روش تناسبی: در این روش که معمول‌ترین روش تخصیص تلفات است، ابتدا تلفات کل شبکه به دو بخش کاملاً مساوی بین ژنراتورها و بارهای شبکه تقسیم می‌شود. سپس، تخصیص تلفات هر بخش متناسب با میزان توان اکتیو تولیدی هر ژنراتور و یا مصرفی هر بار انجام می‌گیرد [۱]. با وجود سادگی، نقطه ضعف اصلی این روش، آن است که مستقل از توپولوژی شبکه می‌باشد. در نتیجه، تلفات یکسانی را به دو بار مشابه که در فواصل مختلفی از ژنراتورها واقع شده‌اند، اختصاص می‌دهد که این امر، غیرمنصفانه است [۲].

(۲) روش حاشیه‌ای: این روش از ضرایب تلفات انتقال افزایشی که بیانگر حساسیت تلفات کل شبکه نسبت به تزریق‌های گرهی می‌باشند، برای تخصیص تلفات به ژنراتورها و بارهای شبکه استفاده می‌کند [۳]. اما این ضرایب می‌تواند مثبت یا منفی باشند. کاربرد مستقیم این ضرایب می‌تواند منجر به بازیابی یا برآورد اضافی تلفات شود. مقدار این ضرایب با تغییر شین مرجع می‌تواند تغییر کند. بنابراین، از معایب این روش می‌توان به تخصیص تلفات منفی، نیاز به نرمالیزه کردن، وابستگی به انتخاب شین مرجع و همچنین عدم تخصیص تلفات به این شین اشاره کرد.

(۳) روش‌های مبتنی بر تئوری مدار [۲، ۴-۶]: این روش‌ها به دلیل استفاده از پارامترهای شبکه و معادلات پخش توان، روش‌های بهتر و

چکیده- ردیابی توان یکی از کارآمدترین روش‌ها برای تقسیم عادلانه تلفات شبکه انتقال بین ژنراتورها و بارها در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار یافته می‌باشد. در این مقاله، روش جدیدی برای ردیابی توان اکتیو پیشنهاد می‌گردد. در این روش، بعد از حصول نتایج پخش بار متناوب به ازای یک نقطه کار مشخص، ابتدا شبکه مورد مطالعه به شبکه‌ای بدون تلفات اکتیو تبدیل می‌شود. سپس برای شبکه حاصل، ماتریس جدیدی به نام ماتریس مجاورت توان ایجاد می‌گردد. با استفاده از ویژگی‌های این ماتریس، دو ماتریس دیگر به دست می‌آید که توان اکتیو تولیدی ژنراتورها و توان اکتیو مصرفی بارهای شبکه حاصل را بر حسب یکدیگر بیان می‌کنند. به کمک زیرماتریس‌های این دو ماتریس، علاوه بر آنکه سهم ژنراتورهای شبکه اصلی از توان اکتیو مصرفی بارها و تلفات اکتیو ارتباط‌های آن مشخص می‌شود، ماتریسی به دست می‌آید که با استفاده از آن سهم بارهای شبکه اصلی نیز از تلفات اکتیو ارتباط‌های آن تعیین می‌گردد. پیاده‌سازی این روش بر روی شبکه‌های استاندارد مختلف IEEE نشان می‌دهد که روش پیشنهادی می‌تواند در زمانی اندک، نتایج دقیق و قابل استنادی را برای مسأله تخصیص تلفات در اختیار گذارد.

کلمات کلیدی- تخصیص تلفات اکتیو، ردیابی توان، شبکه انتقال، ماتریس مجاورت توان

۱- مقدمه

در سیستم‌های قدرت همواره درصد قابل توجهی از کل توان تولیدی نیروگاه‌ها در شبکه انتقال تلف می‌گردد. از این رو، موضوع کاهش تلفات و به عبارتی بهره‌برداری بهینه از شبکه در سیستم‌های قدرت سنتی با ساختار یکپارچه، همواره مورد توجه بوده است. با مجزا شدن بخش‌های تولید، انتقال و توزیع در سیستم‌های قدرت تجدید ساختار یافته، مشخص نمودن سهم هر یک از شرکت‌های تشکیل‌دهنده بازار برق از کل هزینه تلفات، بسیار بااهمیت خواهد بود. در یک بازار حوضچه توان، مدیریت شبکه می‌تواند هزینه‌ای را متناسب با سهم هر مصرف‌کننده از کل تلفات شبکه، از آن مصرف‌کننده دریافت کند. همچنین، به هر تولیدکننده



می‌کند. تابع هدف هم توزیع منصفانه تلفات و یا هزینه‌های انتقال بین بارهای آن می‌باشد.

گروه سوم: روش‌هایی که بر مبنای عملکرد واقعی سیستم و روابط مداری قابل اثبات به ردیابی عبور توان می‌پردازند [۲۰-۲۴]. در بعضی از این روش‌ها، تعیین سهم بارها از تلفات خطوط مورد توجه قرار نگرفته است [۲۰، ۲۱]. همچنین، در مرجع [۲۲] سهم ژنراتورها از توان اکتیو مصرفی بارها تعیین نشده است. البته مرجع [۲۳] این سهم را برای برخی ژنراتورها عددی منفی به دست آورده است. همچنین، روش ارائه شده در مرجع [۲۴] قادر نیست سهم هر ژنراتور و یا بار را از تلفات اکتیو هر خط تعیین نماید.

البته روش‌های دیگری برای تخصیص تلفات مانند استفاده از تحلیل حساسیت [۲۵، ۲۶] و نیز بیان تلفات انتقال بر حسب توان اکتیو داد و ستد شده و یا تزریق‌های توان گرهی وجود دارند [۲۷]. هر کدام از این روش‌ها دارای مزایا و معایب خاص خود می‌باشند. مقایسه جامع روش‌های مختلف تخصیص تلفات را از نقطه نظرات گوناگون می‌توان در مراجع [۱، ۲۸] یافت.

در این مقاله روش جدیدی برای ردیابی توان اکتیو پیشنهاد می‌شود. این روش قادر است سهم ژنراتورها را از توان اکتیو مصرفی بارهای سیستم مشخص نماید. همچنین روش پیشنهادی می‌تواند سهم ژنراتورها و بارهای سیستم را از تلفات اکتیو خطوط و ترانسفورماتورهای آن تعیین کند. برای به دست آوردن این سهم‌ها (که اعدادی نامنفی می‌باشند) نیز به جای بهره‌گیری از قاعده تسهیم تناسبی از روابط مداری و جبری قابل اثبات استفاده می‌شود. نتایج شبیه‌سازی، توانایی روش پیشنهادی را در تخصیص دقیق تلفات شبکه به خوبی نشان می‌دهد.

۲- مفاهیم پایه روش پیشنهادی

در روش پیشنهادی، آنچه که دو شین سیستم مورد مطالعه را به یکدیگر وصل می‌نماید، ارتباط می‌نامیم. به عبارت بهتر، هر خط انتقال و یا هر ترانسفورماتور، یک ارتباط در نظر گرفته می‌شود. به طور کلی، هر گاه از مقاومت‌های موجود در مدل مداری ارتباط صرف نظر شود، آن ارتباط، فاقد تلفات اکتیو خواهد بود. در غیر این صورت، دارای تلفات اکتیو است. از این رو، اگر تعداد ارتباط‌های هر سیستمی را با N_L و تعداد ارتباط‌های دارای تلفات اکتیو آن را با N_{LL} مشخص نماییم، آنگاه می‌توان نوشت:

$$N_{LL} \leq N_L$$

اما روش پیشنهادی برای ردیابی توان اکتیو نیاز به سیستمی دارد که تمامی ارتباط‌های آن فاقد تلفات اکتیو باشند. از این رو ابتدا در زیربخش ۱-۲، روش مناسب برای تبدیل سیستم مورد مطالعه به سیستمی بدون تلفات اکتیو تشریح می‌شود. سپس در زیربخش ۲-۲، به تعریف ماتریس مجاورت توان اشاره می‌شود. بخش‌های ۳ و ۴ نیز به نحوه محاسبه سهم

منطقی تری می‌باشند. از معایب این روش‌ها آن است که ممکن است کل تلفات سیستم را بین ژنراتورها و بارهای آن به صورت جداگانه تقسیم نکنند [۲، ۵]. همچنین ممکن است سهم هر ژنراتور یا بار شبکه را از تلفات هر خط آن تعیین نمایند [۲، ۴، ۶]. به علاوه ممکن است سهم تلفات منفی را به شین‌های شبکه اختصاص دهند [۲، ۵]. حال آنکه یک روش تخصیص تلفات شفاف و منصفانه باید فاقد این ویژگی‌ها باشد.

۴) روش مبتنی بر استفاده اقتصادی ذاتی از سیستم انتقال: این روش با استفاده از تئوری بازی، سهم هر کدام از مشترکین شبکه را از تلفات انتقال تعیین می‌کند [۷]. اما استفاده از این روش نیازمند ذخیره‌سازی حجم زیاد اطلاعات و به تبع آن بار محاسباتی قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. این موضوع، استفاده از این روش را در کاربردهای بلادرنگ دشوار می‌سازد. برای غلبه بر این محدودیت، مراجع [۸-۱۰] استفاده از شبکه‌های عصبی را پیشنهاد داده‌اند. در این روش، مقادیر تلفاتی که به کاربران سیستم با استفاده از تئوری بازی اختصاص داده شده است را جهت آموزش شبکه عصبی مورد نظر به کار می‌برند. البته عملکرد صحیح این روش‌ها وابستگی زیادی به فرآیند آموزش و تنظیم دقیق پارامترهای متعدد شبکه عصبی دارد.

۵) روش‌هایی که تخصیص تلفات به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را با به دست آوردن شبکه معادل شعاعی انجام می‌دهند [۱۱، ۱۲]. البته با بزرگ‌تر شدن ابعاد شبکه، به دست آوردن شبکه معادل شعاعی آن، کار دشواری می‌باشد.

۶) روش‌های ردیابی پخش توان: در این روش‌ها با استفاده از جواب موجود پخش بار سیستم، میزان مشارکت ژنراتورها و بارها در توان عبوری و تلفات خطوط تعیین می‌شود. از این نتایج می‌توان برای تخصیص تلفات و همچنین تخصیص هزینه انتقال به آنها بهره برد. لازم به ذکر است که جواب پخش بار می‌تواند از یک برنامه پخش بار AC یا DC و یا یک برنامه تخمین حالت به دست آید. اما یکی از چالش‌های موجود در زمینه انجام ردیابی عبور توان در سیستم‌های قدرت، عدم وجود یک پاسخ واحد و معین برای این امر می‌باشد [۱۳]. از این رو، تاکنون روش‌های زیادی برای دنبال کردن تولیدی هر ژنراتور و توان مصرفی هر بار در سراسر شبکه پیشنهاد شده است. به طور کلی، این روش‌ها را می‌توان در سه گروه تقسیم‌بندی نمود:

گروه اول: روش‌هایی که از قاعده تسهیم تناسبی برای حل مسأله ردیابی عبور توان استفاده می‌نمایند [۱۴-۱۹]. نقطه ضعف این روش‌ها آن است که درستی یا نادرستی قاعده تسهیم تناسبی، قابل اثبات نمی‌باشد.

گروه دوم: روش‌هایی که در آنها مسأله ردیابی عبور توان به صورت یک مسأله بهینه‌سازی تعریف می‌شود [۱۳]. این مسأله بهینه‌سازی از قیود برابری و نابرابری خطی برای سهم‌های ژنراتورها و بارهای سیستم استفاده



سمت ارسال یکی از ارتباط‌های دارای تلفات اکتیو سیستم اصلی است، لذا ساختار ماتریس A به صورت زیر است:

$$A = \begin{bmatrix} A_1 & A_2 \\ A_3 & P_{SS}' \end{bmatrix} \quad (2)$$

که در آن، P_{SS}' ماتریس قطری N_{LL} بُعدی می‌باشد که توان اکتیو سمت ارسال ارتباط‌های دارای تلفات اکتیو سیستم اصلی، عناصر واقع در درایه‌های روی قطر اصلی آن را تشکیل می‌دهند. از این رو، این ماتریس، معکوس پذیر خواهد بود. ماتریس‌های A_1 ، A_2 و A_3 نیز به ترتیب $N_B \times N_B$ ، $N_B \times N_{LL}$ و $N_{LL} \times N_B$ هستند.

لازم به ذکر است با توجه به تعریف ماتریس A می‌توان ثابت کرد که که این ماتریس، معکوس پذیر می‌باشد. لذا می‌توان نوشت:

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} (A')^{-1} & -A_1^{-1}A_2(A'')^{-1} \\ -(A'')^{-1}A_3A_1^{-1} & (A'')^{-1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

که در آن،

$$\begin{cases} A' = A_1 - A_2(P_{SS}')^{-1}A_3 \\ A'' = P_{SS}' - A_3A_1^{-1}A_2 \end{cases} \quad (4)$$

۳- تخصیص تلفات اکتیو به ژنراتورها

برای این منظور، ابتدا فرض کنید توان اکتیو تولیدی شین k ام، در سطر k ام بردار (N_B+N_{LL}) بُعدی P_G ، واقع شود، آنگاه با توجه به اینکه ژنراتوری بر روی هیچ یک از شین‌های فرضی وجود ندارد، P_G ساختاری به شکل زیر خواهد داشت:

$$P_G = \begin{bmatrix} P_G' \\ 0_{N_{LL} \times 1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

که در آن، مقدار توان اکتیو تولیدی ژنراتورهای سیستم اصلی، عناصر N_B سطر بردار P_G' را تشکیل داده‌اند و $0_{N_{LL} \times 1}$ ، بردار صفر N_{LL} بُعدی می‌باشد.

همچنین، اگر عنصر واقع در سطر k ام بردار (N_B+N_{LL}) بُعدی P_L ، برابر مقدار توان اکتیو مصرفی بار متصل به شین k ام باشد، آنگاه با توجه به تعریف ماتریس A می‌توان نوشت:

$$A^T E = P_L \quad (6)$$

که بالانویس T بیانگر ترانزپوز یک ماتریس و E یک بردار واحد (N_B+N_{LL}) بُعدی می‌باشد. رابطه (۶) در حقیقت بیان می‌دارد که مجموع عناصر واقع در ستون k ام ماتریس A برابر مقدار توان اکتیو مصرفی بار متصل به شین k ام می‌باشد. باید خاطر نشان کرد اگر مقدار توان اکتیو مصرفی بارهای سیستم اصلی، عناصر N_B سطر بردار P_L' و مقدار تلفات

ژنراتورها از توان اکتیو مصرفی بارها و سهم ژنراتورها و بارها از تلفات اکتیو ارتباط‌های سیستم با استفاده از ویژگی‌های ماتریس مجاورت توان آن اختصاص دارند.

۲-۱- تبدیل سیستم مورد مطالعه به سیستم بدون تلفات اکتیو

روشی که برای بی‌تلف کردن سیستم مورد مطالعه در این مقاله استفاده شده است، روش ارائه شده در مرجع [۱۵] می‌باشد. در این روش، تلفات اکتیو هر ارتباط دارای تلفات اکتیو به صورت یک بار بر روی یک شین فرضی مستقل مدل می‌شود. این شین از طریق دو ارتباط فرضی به شین‌های طرفین آن ارتباط متصل می‌گردد. واضح است که جهت عبور توان اکتیو در ارتباط فرضی منشعب از شین سمت ارسال آن ارتباط، از طرف این شین به طرف شین فرضی است که مقدار آن برابر توان اکتیو سمت ارسال آن ارتباط می‌باشد. همچنین، جهت عبور توان اکتیو در ارتباط فرضی منتهی به شین سمت دریافت آن ارتباط، از طرف شین فرضی به طرف این شین است که مقدار آن برابر مقدار توان اکتیو سمت دریافت آن ارتباط در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر، هر ارتباط دارای تلفات اکتیو با دو ارتباط فاقد تلفات اکتیو جایگزین می‌شود. یکی ارتباطی که حامل توان اکتیو سمت ارسال آن است و شین این سمت را به یک شین فرضی وصل می‌کند. دیگری ارتباطی که توان اکتیو سمت دریافت آن را از خود عبور می‌دهد و آن شین فرضی را به شین این سمت متصل می‌کند. با این عمل، سیستمی به دست می‌آید که N_L+N_{LL} ارتباط دارد و هیچ یک از این ارتباط‌ها نیز تلفات اکتیو ندارند. همچنین، اگر سیستم اصلی N_B شین داشته باشد، سیستم حاصل N_B+N_{LL} شین خواهد داشت.

۲-۲- تعریف پیشنهادی ماتریس مجاورت توان

قدم بعدی در روش پیشنهادی، تشکیل ماتریس مجاورت توان برای سیستم بدون تلفات اکتیو حاصل با توجه به جهت توان اکتیو عبوری از ارتباط‌های آن می‌باشد. این ماتریس به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$[A]_{ij} = \begin{cases} 0 & \text{for } i \neq j \text{ and } P_{ij} > 0 \\ P_{ij} & \text{for } i \neq j \text{ and } P_{ij} < 0 \\ \sum_{\substack{k=1, k \neq i \\ P_{ik} > 0}}^{N_B+N_{LL}} P_{ik} + P_{Li} & \text{for } i = j \end{cases} \quad (1)$$

این رابطه نشان می‌دهد که اگر جهت توان اکتیو عبوری از ارتباط مابین دو شین i و j ، از سمت شین j ام به سمت شین i ام باشد، آنگاه عنصر واقع در سطر i ام و ستون j ام ماتریس A برابر منفی این توان اکتیو می‌باشد. همچنین، عنصر واقع در قطر اصلی این ماتریس برابر مجموع توان‌های اکتیو کشیده شده از شین مربوطه می‌باشد. حال، با توجه به اینکه مجموع توان‌های اکتیو کشیده شده از هر شین فرضی برابر توان اکتیو



حال با توجه به رابطه فوق می‌توان به دست آورد:

$$P_L = \text{diag}(P_L)E = \text{diag}(P_L)A^{-1}P_G \quad (15)$$

سپس چنانچه ماتریس‌های D_1, D_2, D_3 و D_4 به شکل زیر تعریف شوند:

$$\begin{cases} D_1 = \text{diag}(P'_L)(A')^{-1} \\ D_2 = -\text{diag}(P'_L)A_1^{-1}A_2(A^*)^{-1} \\ D_3 = -\text{diag}(P'_L)(A^*)^{-1}A_3A_1^{-1} \\ D_4 = \text{diag}(P'_L)(A^*)^{-1} \end{cases} \quad (16)$$

رابطه (۱۵) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\begin{bmatrix} P'_L \\ P''_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 & D_2 \\ D_3 & D_4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P'_G \\ 0_{N_{LL} \times 1} \end{bmatrix} \quad (17)$$

سرانجام با جایگذاری رابطه (۱۰) در رابطه (۱۷) می‌توان دریافت که:

$$F = (I_{N_{LL}} - D_3G_2)^{-1}D_3G_1 \quad (18)$$

که در آن، $I_{N_{LL}}$ ماتریس همانی N_{LL} بُعدی است. بدین ترتیب سهم بارهای سیستم اصلی از تلفات اکتیو ارتباط‌های آن، با استفاده از رابطه زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$P_{Load_i \leftarrow Loss_j} = [F]_{ji} [P'_L]_i \quad \text{for } \begin{cases} i = 1, 2, \dots, N_B \\ j = 1, 2, \dots, N_{LL} \end{cases} \quad (19)$$

۵- روندنمای روش پیشنهادی

شکل ۱ روند انجام تخصیص تلفات اکتیو با استفاده از روش پیشنهادی را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل می‌توان مشاهده کرد که برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی بر روی هر شبکه‌ای، ابتدا باید پخش بار متناوب برای آن شبکه اجرا شود. آنچه که در میان نتایج حاصل از اجرای پخش بار جهت ردیابی توان اکتیو در هر شبکه‌ای از اهمیت خاصی برخوردار است، میزان توان‌های اکتیو تولیدی و مصرفی در هر یک از شین‌ها و مقدار توان‌های اکتیو سمت ارسال، سمت دریافت و تلفات هر یک از ارتباط‌های آن شبکه می‌باشد. پس از دستیابی به دو مجموعه اطلاعات مذکور، با دنبال کردن ادامه این روندنما، می‌توان سهم ژنراتورهای شبکه مورد مطالعه از توان اکتیو مصرفی بارهای آن را محاسبه کرد. همچنین، می‌توان سهم ژنراتورها و بارهای این شبکه از تلفات اکتیو ارتباط‌های آن را به دست آورد.

۶- پیاده‌سازی روش پیشنهادی

در این بخش، به منظور آزمایش روش پیشنهادی، این روش بر روی شبکه نمونه ۶ شینه اعمال و نتایج حاصل از آن ارائه خواهد شد.

اکتیو ارتباط‌های آن، عناصر N_{LL} سطر بردار P'_L را تشکیل دهند، آنگاه بردار P_L ساختاری به صورت زیر خواهد داشت:

$$P_L = \begin{bmatrix} P'_L \\ P''_L \end{bmatrix} \quad (7)$$

حال اگر ماتریسی قطری را که عناصر واقع در درایه‌های روی قطری اصلی آن را مؤلفه‌های بردار P_G تشکیل داده‌اند با $\text{diag}(P_G)$ نمایش دهیم، آنگاه با توجه به رابطه (۶) می‌توان به دست آورد:

$$P_G = \text{diag}(P_G)E = \text{diag}(P_G)(A^T)^{-1}P_L \quad (8)$$

سرانجام اگر ماتریس‌های G_1 و G_2 به شکل زیر تعریف شوند:

$$\begin{cases} G_1 = \text{diag}(P'_G)(A^T)^{-1} \\ G_2 = -\text{diag}(P'_G)(A_1^T)^{-1}A_3^T(A^*)^{-1} \end{cases} \quad (9)$$

آنگاه رابطه (۸) را می‌توان به صورت زیر بازنویسی کرد:

$$\begin{bmatrix} P'_G \\ 0_{N_{LL} \times 1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G_1 & G_2 \\ 0_{N_{LL} \times N_B} & 0_{N_{LL} \times N_{LL}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P'_L \\ P''_L \end{bmatrix} \quad (10)$$

بدین ترتیب رابطه‌ای را که مشخص می‌سازد چه میزانی از توان اکتیو مصرفی بار واقع در شین i ام سیستم اصلی توسط ژنراتور واقع در شین i ام آن تأمین می‌شود می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$P_{G_i \rightarrow Load_j} = [G_1]_{ij} [P'_L]_j \quad \text{for } i, j = 1, 2, \dots, N_B \quad (11)$$

همچنین، سهم هر ژنراتور سیستم اصلی از تلفات اکتیو هر ارتباط آن را که برابر سهم آن ژنراتور از توان اکتیو مصرفی بار فرضی متناظر با آن ارتباط در سیستم جدید می‌باشد می‌توان با استفاده از رابطه زیر تعیین کرد:

$$P_{G_i \rightarrow Loss_j} = [G_2]_{ij} [P''_L]_j \quad \text{for } \begin{cases} i = 1, 2, \dots, N_B \\ j = 1, 2, \dots, N_{LL} \end{cases} \quad (12)$$

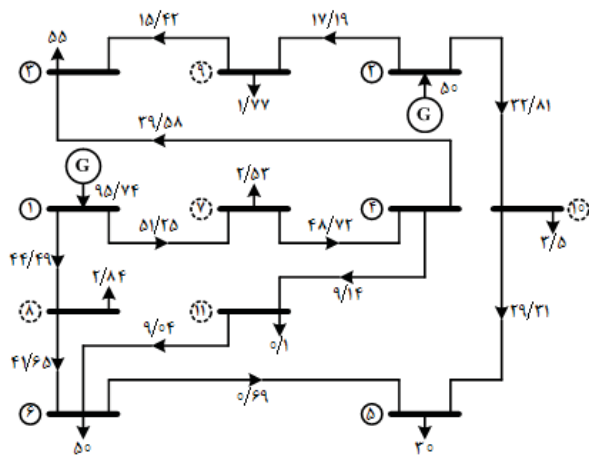
۴- تخصیص تلفات اکتیو به بارها

برای این منظور، باید رابطه‌ای میان توان اکتیو مصرفی بارهای فرضی سیستم (P'_L) با توان اکتیو مصرفی بارهای واقعی آن (P'_L) پیدا کرد. از این رو، اگر فرض شود که این رابطه به صورت زیر باشد:

$$P''_L = FP'_L \quad (13)$$

سؤال این خواهد بود که ماتریس F چگونه به دست می‌آید؟ به منظور پاسخ به این پرسش، ابتدا باید توجه داشت که مجموع عناصر واقع در سطر k ام ماتریس A برابر مقدار توان اکتیو تولیدی ژنراتور متصل به شین k ام می‌باشد. این ویژگی ماتریس A را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

$$AE = P_G \quad (14)$$



شکل ۳: نمای تک خطی شبکه ۶ شینه بی تلف شده

جای داده‌اند.

در جدول ۱ می‌توان مشاهده کرد که با استفاده از روش پیشنهادی، مجموع سهم‌های بدست آمده برای ژنراتورهای این شبکه از توان اکتیو مصرفی هر بار آن با مقدار توان اکتیو مصرفی آن بار دقیقاً برابر است. همچنین با توجه به جداول ۲ و ۳، مجموع سهم‌های بدست آمده برای ژنراتورها و بارهای این شبکه از تلفات اکتیو هر ارتباط آن دقیقاً مساوی مقدار تلفات اکتیو آن ارتباط می‌باشد. برقراری این برابری‌ها خود صحت روش پیشنهادی جهت تخصیص تلفات اکتیو را نشان می‌دهد.

جدول ۱: سهم ژنراتورها از توان اکتیو مصرفی بارها (MW)

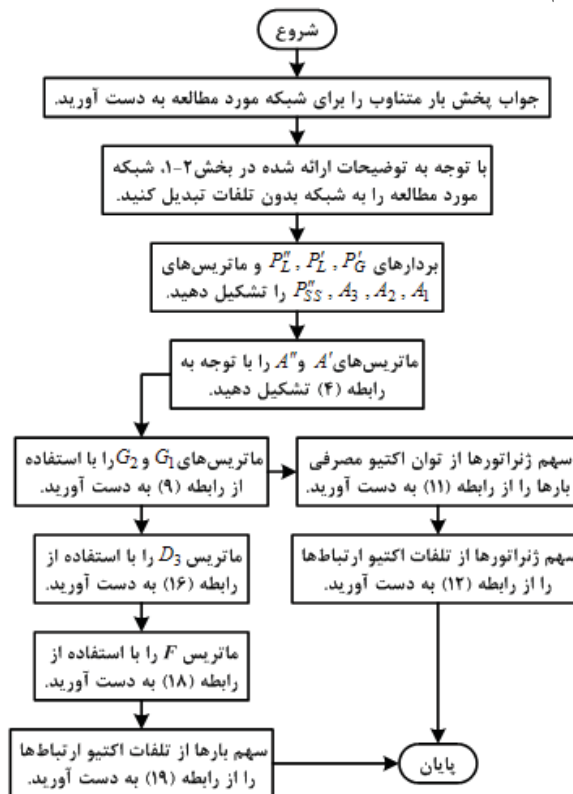
شماره شین بار	سهم ژنراتور شین ۱	سهم ژنراتور شین ۲	مجموع
۳	۳۹/۵۸	۱۵/۴۲	۵۵
۵	۰/۶۹	۲۹/۳۱	۳۰
۶	۵۰	۰	۵۰
مجموع	۹۰/۲۷	۴۴/۷۳	۱۳۵

جدول ۲: سهم ژنراتورها از تلفات اکتیو ارتباطها (MW)

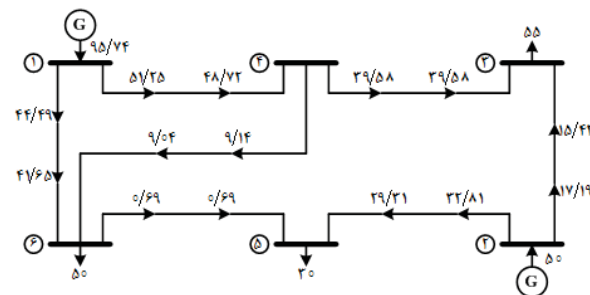
شین ابتدا	شین انتها	سهم ژنراتور شین ۱	سهم ژنراتور شین ۲	مجموع
۴	۱	۲/۵۳	۰	۲/۵۳
۶	۱	۲/۸۴	۰	۲/۸۴
۳	۲	۰	۱/۷۷	۱/۷۷
۵	۲	۰	۳/۵	۳/۵
۶	۴	۰/۱	۰	۰/۱
مجموع		۵/۴۷	۵/۲۷	۱۰/۷۴

اطلاعات مورد نیاز برای تخصیص تلفات اکتیو در شبکه نمونه ۶ شینه به همراه نمای تک خطی این شبکه در شکل ۲ ارائه شده است [۶]. در این شبکه، $N_B=6$ ، $N_L=7$ و $N_{LL}=5$ می‌باشند. لذا شبکه بی تلف شده آن با توجه به توضیحات ارائه شده در بخش ۲-۱، دارای ۱۱ شین و ۱۲ ارتباط خواهد بود. در نمای تک خطی این شبکه بدون تلفات که در شکل ۳ قابل مشاهده می‌باشد، شماره شین‌های فرضی با دایره خط‌چین مشخص شده‌اند.

جدول ۱ تا ۳، نتایج حاصل از بکارگیری روندنمای روش پیشنهادی برای این شبکه را نشان می‌دهند. جدول ۱ دربرگیرنده سهم ژنراتورهای این شبکه از توان اکتیو مصرفی بارهای آن می‌باشد. جداول ۲ و ۳ نیز به ترتیب سهم ژنراتورها و بارهای این شبکه از تلفات اکتیو ارتباطهای آن را در خود



شکل ۱: روندنمای روش پیشنهادی برای تخصیص تلفات اکتیو



شکل ۲: نمای تک خطی شبکه ۶ شینه



- [3] A.M.L. da Silva and J.G. de Carvalho Costa, "Transmission loss allocation: part I – single energy market" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 4, pp. 1389-1394, 2003.
- [4] J.S. Daniel, R.S. Salgado and M.R. Irving, "Transmission loss allocation through a modified Y-bus" IEE Proceedings - Generation Transmission and Distribution, Vol. 152, No. 2, pp. 208-214, 2005.
- [5] C. Unsihuay and O.R. Saavedra, "Transmission loss unbundling and allocation under pool electricity markets" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 1, pp. 77-84, 2006.
- [6] A. Parastar, B. Mozafari, A. Pirayesh and H. Omid, "Transmission loss allocation through modified Z-bus" Energy Conversion and Management, Vol. 52, No. 1, pp. 752-756, 2011.
- [7] D.A. Lima, J. Contreras and A. Padilha-Feltrin, "A cooperative game theory analysis for transmission loss allocation" Electric Power Systems Research, Vol. 78, No. 2, pp. 264-275, 2008.
- [8] N.B. Dev Choudhury and S.K. Goswami, "Artificial intelligence solution to transmission loss allocation problem" Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 4, pp. 3757-3764, 2011.
- [9] N.B. Dev Choudhury, A. Chatterjee and S.K. Goswami, "A fuzzy membership filtering aided neural network based transmission loss allocation scheme using game theory" Expert Systems with Applications, Vol. 39, No. 3, pp. 3162-3168, 2012.
- [10] N.B. Dev Choudhury and S.K. Goswami, "Transmission loss allocation using combined game theory and artificial neural network" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 43, No. 1, pp. 554-561, 2012.
- [11] A.J. Conejo, N. Alguacil and G. Fernandez-Ruiz, "Allocation of the cost of transmission losses using a radial equivalent network" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 4, pp. 1353-1358, 2003.
- [12] V.S.C. Lim, J.D.F. McDonald and T.K. Saha, "Development of a new loss allocation method for a hybrid electricity market using graph theory" Electric Power Systems Research, Vol. 79, No. 2, pp. 301-310, 2009.
- [13] A. R. Abhyankar, S. A. Soman and S. A. Khaparde, "Optimization approach to real power tracing: an application to transmission fixed cost allocation" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 21, No. 3, pp. 1350-1361, 2006.
- [14] J. Bialek, "Tracing the flow of electricity" IEE Proceedings - Generation Transmission Distribution, Vol. 143, No. 4, pp. 313-320, 1996.
- [15] M. Pantos, G. Verbic and F. Gubina, "Modified topological generation and load distribution factors" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 20, No. 4, pp. 1998-2005, 2005.
- [16] S. Abdelkader, "Efficient computation algorithm for calculating load contributions to line flows and losses" IEE Proceedings - Generation Transmission Distribution, Vol. 153, No. 4, pp. 391-398, 2006.
- [17] S. Abdelkader, "Transmission loss allocation in a deregulated electrical energy market" Electric Power Systems Research, Vol. 76, No. 11, pp. 962-967, 2006.
- [18] S. Abdelkader, "Determining generators' contribution to loads and line flows & losses considering loop flows" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 30, No. 6-7, pp. 368-375, 2008.
- [19] M. De and S.K. Goswami, "A direct and simplified approach to power-flow tracing and loss allocation using graph theory" Electric Power Components and Systems, Vol. 38, No. 3, pp. 241-259, 2010.
- [20] Y.C. Chang and C.N. Lu, "An electricity tracing method with application to power loss allocation" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 23, No. 1, pp. 13-17, 2001.
- [21] J.H. Teng, "Power flow and loss allocation for deregulated transmission systems" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 27, No. 4, pp. 327-333, 2005.
- [22] H.X. Wang, R. Liu and W.D. Li, "Transmission loss allocation based on circuit theories and orthogonal projection" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 24, No. 2, pp. 868-877, 2009.
- [23] S.N. Khalid, H. Shareef, M.W. Mustafa, A. Khairuddin and A.M. Oo, "Evaluation of real power and loss contributions for deregulated environment" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 38, No. 1, pp. 63-71, 2012.
- [24] K. Xie, J. Zhou and W. Li, "Analytical model and algorithm for tracing active power flow based on extended incidence matrix" Electric Power Systems Research, Vol. 79, No. 2, pp. 399-405, 2009.
- [25] E.A. Belati and G.R.M. da Costa, "Transmission loss allocation based on optimal power flow and sensitivity analysis" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 30, No. 4, pp. 291-295, 2008.
- [26] K.I. Min, S.H. Ha, S.W. Lee and Y.H. Moon, "Transmission loss allocation algorithm using path-integral based on transaction strategy" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 25, No. 1, pp. 195-205, 2010.
- [27] Q. Ding and A. Abur, "A unified transmission loss allocation method" International Journal of Electrical Power and Energy Systems, Vol. 29, No. 5, pp. 380-386, 2007.
- [28] Z. Ghofrani-Jahromi, M. Ehsan, M. Fotuhi-Firuzabad and M. Parvania, "From loss allocation to loss cost allocation: a comparative study of different loss cost allocation methods" International Transactions on Electrical Energy Systems, Vol. 23, No. 4, pp. 586-600, 2013.

جدول ۳: سهم بارها از تلفات اکتیو ارتباطها (MW)

شین ابتدا	شین انتها	سهم بار شین ۳	سهم بار شین ۵	سهم بار شین ۶	مجموع
۱	۴	۱/۱۰۹۳	۰/۰۱۹۳	۱/۴۰۱۴	۲/۵۳
۱	۶	۱/۲۴۵۲	۰/۰۲۱۷	۱/۵۷۳۱	۲/۸۴
۲	۳	۰/۶۱۰۲	۱/۱۵۹۸	۰	۱/۷۷
۲	۵	۱/۲۰۶۶	۲/۲۹۳۴	۰	۳/۵
۴	۶	۰/۰۴۳۸	۰/۰۰۰۸	۰/۰۵۵۴	۰/۱
مجموع		۴/۲۱۵۱	۳/۴۹۵	۳/۰۲۹۹	۱۰/۷۴

همچنین باید خاطر نشان کرد، به منظور پاسخ به این پرسش که آیا روش پیشنهادی بر روی هر شبکه‌ای قابل پیاده‌سازی است یا خیر، برای شبکه‌های استاندارد ۹، ۱۴، ۲۴، ۳۰، ۳۹، ۵۷ و ۱۱۸ شینه IEEE نیز تخصیص تلفات اکتیو با استفاده از این روش صورت گرفت. گرچه ارائه نتایج به دست آمده برای تمامی شبکه‌های مذکور به دلیل حجم زیاد آن و محدودیت تعداد صفحات این مقاله، امکان‌پذیر نمی‌باشد؛ اما دستیابی سریع و آسان به نتایج حاصل از این امر و تأیید صحت این نتایج با بررسی همان تساوی‌هایی که در بند قبلی بدان‌ها اشاره شد، نشان می‌دهد که پاسخ پرسش مذکور، مثبت است.

۷- نتیجه‌گیری

در این مقاله، روش جدیدی برای تخصیص تلفات بر پایه ردیابی توان اکتیو ارائه گردید. در این روش، بعد از حصول نتایج پخش بار متناوب، ابتدا شبکه مورد مطالعه به شبکه‌ای بدون تلفات اکتیو تبدیل شد. سپس برای شبکه حاصل، ماتریس جدیدی به نام ماتریس مجاورت توان ایجاد شد و نحوه استفاده از ویژگی‌های این ماتریس در تعیین سهم ژنراتورها و بارهای شبکه اصلی در تلفات اکتیو ارتباط‌های آن بیان گردید. همچنین سهم ژنراتورهای شبکه در توان اکتیو مصرفی بارهای آن مشخص شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد که روش پیشنهادی تنها مبتنی بر شرایط عملکرد واقعی شبکه می‌باشد و از هیچ فرضی بهره نمی‌گیرد؛ تخصیص تلفات منفی در آن به چشم نمی‌خورد؛ می‌تواند تلفات اکتیو کل شبکه را بین ژنراتورها و بارهای آن به طور جداگانه تقسیم کند؛ پیاده‌سازی آن ساده است؛ لذا از آن می‌توان در کاربردهای عملی استفاده کرد.

مراجع

- [1] A.J. Conejo, J.M. Arroyo, N. Alguacil and A.L. Guijarro, "Transmission loss allocation: a comparison of different practical algorithms" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17, No. 3, pp. 571-576, 2002.
- [2] A.J. Conejo, F.D. Galiana and I. Kochar, "Z-bus loss allocation" IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 16, No. 1, pp. 105-110, 2001.

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



PROPOSAL
پروپوزال

پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
پروپوزال نویسی و پایان نامه نویسی



روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین
روش تحقیق و مقاله نویسی علوم انسانی



ISI
Scopus

آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو

دکتره تهرانی

کارگاه آنلاین آشنایی با پایگاه های اطلاعات علمی بین المللی و ترند های جستجو