سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
۱۱و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۷- گیلان

محاسبه و تخصیص تلفات در شبکه های توزیع شعاعی متعادل در حضور منابع تولید پراکنده

جواد صالحی
j_salehi@modares.ac.ir

محمود رضا حقی‌فام
haghifam@modares.ac.ir

آزمایشگاه پژوهشی شبکه‌های توزیع و انتقال برق- بخش مهندسی برق
دانشگاه تربیت مدرس

چکیده- در سیستم قدرت تجدید ساختار یافته بدلیل استفاده مشترک تولید کننده ها و مصرف کننده ها از شبکه، تخصیص تلفات سیستم قدرت به تولید کننده ها و مصرف کننده ها و اخذ هزینه آن تبدیل به یکی از چالشهای سیستم توزیع تجدید ساختار یافته شده است.لذا وجود یک روش قدرتمند برای تعیین سهم هریک از تولید کننده ها و مصرف کننده ها در شبکه توزیع مجهز به منابع تولید پراکنده ،ضروری به نظر می رسد.ضرایب تخصیص تلفات می بایست بر اساس قدرت و مکان مصرف کننده ها و تولید کننده ها تعیین شود .در این مقاله ابتدا مفهوم تخصیص تلفات در شبکه قدرت و لزوم انجام آن شرح داده شده و مروری کلی به کارهای انجام شده در زمینه تخصیص تلفات انجام شده و سپس با معرفی روشی ساده برای تخصیص تلفات که مختص شبکه های توزیع شعاعی می باشد ،اقدام به محاسبه و تخصیص تلفات در یک شبکه توزیع نمونه شده است.

کلید واژه : تخصیص تلفات،منابع تولید پراکنده(DG)،تراکنش،جاروب رفت و برگشت،سیستم تجدید ساختار یافته

۱- مقدمه

هزینه ناشی از تلفات بخش اعظمی از هزینه های بهره برداری از شبکه را تشکیل می دهد و قدمت بحث تلفات به اندازه قدمت صنعت برق می باشد و از زمانی که اولین سیستمهای قدرت مورد استفاده قرار گرفت،این موضوع مطرح بوده است که میزان تلفات سیستم تا حد امکان کاهش یابد.ولی بحث تخصیص تلفات همزمان با ایجاد تجدید ساختار در صنعت برق مطرح شد.

در سیستم تجدید ساختار یافته تمام هزینه های مربوط به تولید ،انتقال و توزیع می بایست با استفاده از مکانیسم های دقیق بین مصرف کننده ها و تولید کننده ها تخصیص داده شود تا از هر گونه بی عدالتی که لازمه ایجاد محیط رقابتی می باشد جلوگیری شود.

بدلیل استفاده مشترک مصرف کننده ها و ژنراتورها از شبکه ،هردوی آنها ملزم به پرداخت هزینه تلفات شبکه می باشند.از طرفی بدلیل اینکه تلفات رابطه غیر خطی با توان عبوری دارد ،تعیین مقدار آن امکان پذیر نمی باشد.

در حال حاضر اکثر شرکتهای برق سیاست جامعی برای تخصیص تلفات ندارند و معمولا تلفات را بر اساس میزان توان تولیدی یا مصرفی بدون در نظر گرفتن موقعیت آنها به تولید کننده ها و مصرف کننده ها تخصیص می دهند.[۶]

یکی از مثالهای بارز در مبحث تخصیص تلفات ،اختصاص تلفات خط *HVDC* بین نیروگاه آبی *Cabora Basa* در موزامبیک شمالی و مراکز بار موجود در جمهوری آفریقای جنوبی می باشد که در حال حاضر اکثر واحدهای این نیروگاه متعلق به پرتغالی ها بوده و بحث تخصیص تلفات این خط بین واحدهای متعلق به هر کدام از این دو کشور یکی از مثالهای بارز بحث تخصیص تلفات می باشد.[۵]

۲- مساله تخصیص تلفات[۴]

برای درک بهتر پیچیدگی تخصیص تلفات در ساده ترین حالت ممکن یک شاخه از یک شبکه توزیع را در نظر می گیریم و فرض می کنیم که در اثر ۲ تراکنش i,j (تغییر تولید یا مصرف در یکی از باسهای شبکه)جریانهای I_i,I_j در شاخه مفروض ایجاد گردد.در نتیجه این ۲ تراکنش تلفات ایجاد شده در شاخه مورد مطالعه برابر خواهد بود با:

$$L \cong R(\mathrm{I_i} \pm \mathrm{I_j})^2 = R(I_i^2 + I_j^2 \pm 2I_iI_j) \qquad (۱)$$

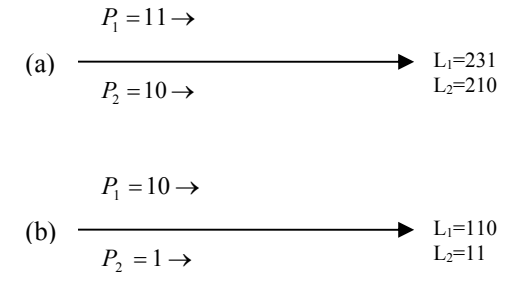
به وضوح مشخص است که عبارت RI_i^2 ناشی از تراکنش I ام و عبارت RI_j^2 ناشی از تراکنش jام می باشد.ولی عبارت $\pm 2RI_iI_j$ که جزء متقابل تلفات نام دارد و ناشی از هر دو تراکنش i,j می باشد ، اصلی ترین مشکل موجود در بحث تخصیص تلفات می باشد.و نحوه تقسیم این عبارت بین ۲ تراکنش نوع روش تخصیص تلفات را مشخص می کند.استراتژیهای مختلفی برای این کار وجود دارد که در ادامه مورد بحث قرار خواهند گرفت.

در ساده ترین حالت(شکل(a-۱)) در صورتی که فرض کنیم $P_i \approx P_j$،آنگاه جزء متقابل تلفات به صورت مساوی بین ۲ تراکنش i,j تقسیم می شود و همانطور که در روابط زیر مشخص است به هر کدام از تراکنشهای مذکور نصف هزینه ناشی از جزء متقابل تلفات اختصاص داده می شود و خطای حاصل قابل چشم پوشی است.

$$L_i = R(P_i^2 \pm P_iP_j) \qquad (۲)$$

$$L_j = R(P_j^2 \pm P_iP_j) \qquad (۳)$$

ولی در حالتی که ۲ تراکنش با هم برابر نباشند ،استفاده از روابط (۳)و(۲) برای تخصیص تلفات بین ۲ تراکنش با توجه به شکل (b-۱) نتایج نادرستی را ارائه می کند.و همانطور که در این شکل مشخص است در صورتی که $R=1, P_1=10, P_2=1$ باشد $L_1=110, L_2=11$ که نتیجه نادرستی می باشد.



شکل(۱) مثالی از تخصیص جزء متقابل تلفات

لذا در صورت نا برابری تراکنشها ،می بایست از روشهایی که در ادامه به توضیح آنها خواهیم پرداخت ،جزء متقابل را بین تراکنشها تقسیم کنیم.

۲-۱ روشهای تخصیص جزء متقابل تلفات[۴]

برای تخصیص تلفات متقابل بین ۲ تراکنش i,j رابطه زیر را تشکیل می دهیم:

$$\beta_i(P_iP_j) + \beta_j(P_iP_j) = 2P_iP_j \qquad (۴)$$

$$\beta_i + \beta_j = 2 \qquad (۵)$$

برای تخصیص جزء متقابل تلفات بین ۲ تراکنش i,j می بایست β_i, β_j را تعیین کنیم که برای این کار ۳ روش وجود دارد که عبارتند از:

a) روش تناسبی

در این حالت ضرایب تخصیص تلفات β_i, β_j متناسب با توان تراکنش متناسب با آن ضریب تعیین می شوند به عبارت دیگر داریم:

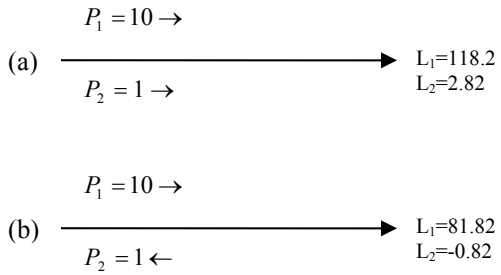
$$\frac{\beta_i}{P_i} = \frac{\beta_j}{P_j} \qquad (۶)$$

حال با استفاده از ۲ رابطه (۶)و(۵) ضرایب تخصیص تلفات به صورت زیر بدست می آیند:

$$\beta_i = \frac{P_i}{(P_i + P_j)/2} \qquad (۷)$$

$$\beta_j = \frac{P_j}{(P_i + P_j)/2} \qquad (۸)$$

در شکل(a-۲) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات با روش تناسبی بین ۲ تراکنش i,j هم جهت و در شکل (b-۲) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات این ۲ تراکنش با فرض غیر هم جهت بودن آنها قابل مشاهده می باشد.



شکل(۲) تخصیص جزء متقابل تلفات به روش تناسبی

b) روش درجه ۲

از آنجا که تلفات با توان عبوری از هر شاخه رابطه درجه ۲ دارد لذا منطقی به نظر می رسد که رابطه بین ضرایب تلفات β_i, β_j و توانهای عبوری از شاخه به صورت زیر در نظر گرفته شود:

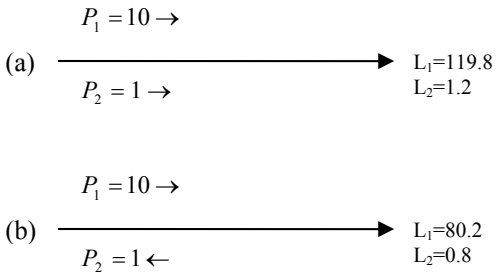
$$\frac{\beta_i}{P_i^2} = \frac{\beta_j}{P_j^2} \qquad (۹)$$

با استفاده از رابطه(۹)و(۵) ضرایب تلفات به صورت زیر بدست می آیند:

$$\beta_i = \frac{P_i^2}{\frac{1}{2}(P_i^2 + P_j^2)} \qquad (۱۰)$$

$$\beta_j = \frac{P_j^2}{\frac{1}{2}(P_i^2 + P_j^2)} \qquad (۱۱)$$

در شکل(a-۳) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات با روش تخصیص درجه ۲ بین دو تراکنش i,j هم جهت و در شکل (b-۳) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات این ۲ تراکنش با فرض غیر هم جهت بودن آنها قابل مشاهده می باشد.



شکل(۳) تخصیص جزء متقابل تلفات به روش درجه ۲

c) روش هندسی

در این روش با رابطه زیر بین ضرایب تخصیص تلفات و توانهای عبوری از شاخه ها تعریف می شود:

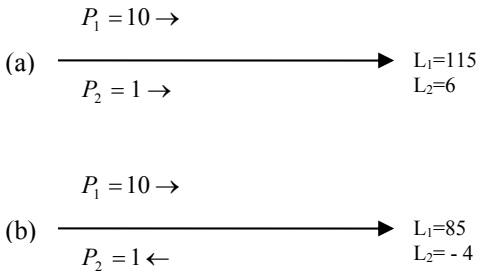
$$\beta_i - \log P_i = \beta_j - \log P_j \qquad (۱۲)$$

سپس با استفاده از روابط(۱۲)و(۵) ضرایب تلفات به صورت زیر بدست می آیند:

$$\beta_i = 1 + \frac{1}{2}\log\frac{P_i}{P_j} \qquad (۱۳)$$

$$\beta_j = 1 + \frac{1}{2}\log\frac{P_j}{P_i} \qquad (۱۴)$$

در شکل(a-۴) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات با روش تخصیص هندسی بین دو تراکنش i,j هم جهت و در شکل (b-۴) نتیجه حاصل از تخصیص جزء متقابل تلفات این ۲ تراکنش با فرض غیر هم جهت بودن آنها قابل مشاهده می باشد.



شکل(۴) تخصیص جزء متقابل تلفات به روش هندسی

۲-۲ مقایسه بین روشهای تخصیص جزء متقابل تلفات

همانطور که در شکلهای (۴)و(۳)و(۲) قابل مشاهده است نتایج حاصل از روش تناسبی با روش درجه ۲ تفاوت آنچنانی ندارد ولی نتیجه حاصل از روش هندسی تفاوت چشمگیری با دو روش دیگر دارد و میزان دقت آن نامطلوب می باشد و لذا در انتخاب استراتژی تخصیص جزء متقابل تلفات کمتر مورد استفاده قرار می گیرد.

از بین روشهای درجه ۲ و تناسبی ،روش درجه ۲ از دقت بیشتری برخوردار می باشد و نتایج حاصل از آن با نتایج حاصل از پخش بار سازگاری بیشتری دارد زیرا تلفات با توان رابطه درجه ۲ دارد.ولی پیچیدگی و حجم محاسبات روش تناسبی کمتر می باشد.لذا متناسب با دقت و سرعت مورد نظر در هر پروسه تخصیص تلفات ،انتخاب یکی از این ۲ روش مطلوب می باشد.

لازم به ذکر است که در شبکه های بزرگ که تعداد تراکنشها زیاد می باشد تعداد جزءهای متقابل تلفات نیز به همان تعداد افزایش می یابد و اصول کلی تخصیص جزءهای متقابل در شبکه های بزرگ نیز مشابه همین روشی است که شرح داده شد.

در صورتی که تعداد تراکنشها n تا باشد،تلفات ایجاد شده در هر شاخه این شبکه با استفاده از رابطه (۱۵) بدست می آید.

$$L \cong R(\sum_{i=1}^{n} P_i)^2 = \sum_{i=1}^{n} R.P_i^2 + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{n} 2RP_iP_j \qquad (۱۵)$$

۳- مروری بر دستورالعملهای تخصیص تلفات

روشهای زیادی برای تخصیص تلفات در شبکه های قدرت وجود دارد که اکثر این روشها برای سطح انتقال طراحی شده اندو کارهای انجام شده در زمینه تخصیص تلفات در شبکه های توزیع محدود بوده و هنوز روش جامعی برای این منظور ارائه نشده است.

ویژگیهای طرح ایده‌آل برای تخمین تلفات به صورت زیر جمع بندی می شود:[۲]

- کارایی اقتصادی:تلفات تخصیص داده شده به هر مصرف کننده باید متناسب با میزان توان تولیدی یا مصرفی باشد تا از تبعیض بین استفاده کنندگان از شبکه جلوگیری شود.
- یکی از مهم ترین ویژگیهای تخصیص تلفات این است که موقعیت مصرف کننده ها و تولید کننده ها در شبکه را در نظر بگیرد.این موضوع بدین معنی است که بین بارها یا ژنراتورهای با توان مشابه که در فاصله های متفاوتی از گره مبنا قرار دارند ،در پروسه تخصیص تلفات تفاوت قائل شود.
- با نتایج حاصل از پخش بار تناقض نداشته باشد.
- از اطلاعات اندازه‌گیری شده واقعی از شبکه استفاده نماید زیرا از دیدگاه عملی مطلوب است که تخمین تلفات بر اساس اطلاعات اندازه گیری شده واقعی باشد.
- قابل فهم باشد و بکارگیری آن از لحاظ عملی آسان باشد.

یک روش تخصیص تلفات ایده آل باید از دقت کافی برخوردار بوده و پایدار باشد .یعنی در موقعیت های مختلف شبکه قابل استفاده باشد.

روشهای تخصیص تلفات در حالت کلی به سه دسته طبقه بندی می شوند که عبارتند از:[۳]،[۱]

a) دستورالعملهای بر حسب نسبت معین

دستورالعملهای بر حسب نسبت معین ساده ترین روشهای موجود برای تخصیص تلفات می باشند و تلفات کل شبکه را بر اساس سطح توان تولیدی یا مصرفی هر تولید کننده یا مصرف کننده بدون در نظر گرفتن موقعیت شبکه بین آنها تقسیم می کند بنابر این در شبکه هایی که تخصیص تلفات در آنها با این روش انجام می شود بارها و ژنراتورهایی که در فاصله دورتری نسبت به باس مبنا قرار داشته باشند سود بیشتری می کنند.زیرا میزان تلفات اختصاص داده شده به ۲ بار با توان مشابه که در فاصله متفاوتی نسبت به باس مبنا قرار دارند با این روش یکسان می باشد در حالی که به وضوح مشخص است که تلفات ایجاد شده توسط باری که در فاصله دورتری نسبت به باس مبنا قرار دارد ،بیشتر است.

به عنوان مثال در برخی کشورها مثل برزیل ۵۰٪ از کل تلفات L را به مصرف کننده ها و ۵۰٪ بقیه را به تولید کننده ها اختصاص داده و سپس در میان هر دسته تخصیص تلفات به صورت تناسبی و بر اساس میزان توان تولیدی یا مصرفی انجام می شود.

$$L_{Gi} = \tfrac{1}{2} \frac{P_{Gi}}{P_G} \qquad (۱۶)$$

$$L_{Gi} = \tfrac{1}{2} \frac{P_{Di}}{P_D} \qquad (۱۷)$$

b) دستورالعملهای مرزی

در این روش با استفاده از پخش بار، ضرایب مرزی تلفات با افزایش جزئی در توان تزریق شده به هر باس و محاسبه میزان تغییرات تلفات آن باس با استفاده از رابطه (۱۸) محاسبه می شود.

$$k_i = \frac{\partial L}{\partial (P_{Gi} - P_{Di})} \qquad (۱۸)$$

سپس با استفاده از این ضرایب تلفات بین مصرف کننده ها تخصیص داده می شود.که این مطلب در روابط (۱۹)و(۲۰) نشان داده شده است.

$$L_{Gi} = P_{Gi} \frac{\partial L}{\partial P_{Gi}} = P_{Gi} K_i \qquad (۱۹)$$

$$L_{Di} = P_{Di} \frac{\partial L}{\partial P_{Di}} = P_{Di} K_i \qquad (۲۰)$$

ولی بدلیل اینکه مقدار تلفات کل محاسبه شده با این روش حدود ۲ برابر مقدار واقعی محاسبه شده با پخش بار می باشد ،لذا باید این ضرایب را تصحیح کنیم که به ضرایب حاصل ضرایب تلفات مرزی تصحیح شده می گویند.

c) دستورالعملهای تناسبی

در این روشها با استفاده از نتایج پخش بار و اصول تقسیم بندی تناسبی تلفات را به تولید کننده ها و مصرف کننده ها تخصیص می دهند.

این روش بر این اصل کلی بنا نهاده شده است که:
توانی که از طریق یک خط به یک باس می رسد متناسب با توانی که هرکدام از خطهای متصل به این باس حمل می-کنند،بین آنها تقسیم می شود.

از ویژگیهای بارز دستورالعملهای تناسبی ساده و قابل فهم بودن آنها و سادگی استفاده از آنها می‌باشد ولی موقعیت شبکه را در نظر نمی گیرند .

۴- تفاوت روشهای تخصیص تلفات در شبکه انتقال و توزیع

تفاوت اصلی در روشهای تخصیص تلفات شبکه انتقال با روشهای تخصیص تلفات شبکه توزیع، در نقش باس مبنا می باشد.

در سیستم انتقال ژنراتور موجود در باس مبنا کل تلفات را جبران می کندو به صورت واضح در مکانیسم تخصیص تلفات در نظر گرفته می شود ولی در شبکه توزیع سنتی گره مبنا مکان اتصال شبکه به ولتاژ بالا دستی (پست فوق توزیع)در نظر گرفته می شود و باس مبنا در شبکه توزیع سنتی یکتا و منحصر به فرد می باشد.ولی با حضور DG در شبکه های توزیع، این احتمال مطرح می شود که می توان از روشهایی که برای تخصیص تلفات در شبکه انتقال مطرح شده است،برای تخصیص تلفات در شبکه توزیع مجهز به منابع تولید پراکنده استفاده کرد.به عبارت دیگر این سئوال مطرح می شود که آیا می توان باس مبنا را مکان قرارگیری یکی از DG ها در نظر گرفت یا خیر؟

می دانیم که اضافه شدن DG در مکان مناسب به شبکه می تواند مقدار تلفات را کاهش دهد ولی اختصاص سود حاصل از کاهش تلفات به DG مذکور از دید بازاری استراتژی مناسبی نمی باشدزیرا تلفات وابسته به ساختار سیستم و مکان و توان هر ژنراتور و بار می باشد و در کل تمام مصرف کننده ها و DG ها بدلیل استفاده مشترک از شبکه ملزم به پرداخت هزینه ناشی از تلفات می باشند.

۵- روشی ساده برای تخصیص تلفات در شبکه توزیع شعاعی

در این روش با استفاده از نتایج حاصل از پخش بار جاروب رفت و برگشت که مختص شبکه های توزیع شعاعی می باشد.تلفات بین DG ها و مصرف کننده ها تخصیص داده می شود.

مکانیسم کار بعد از انجام پخش بار بدین گونه می باشد که اگر فرض کنیم که جریان شاخه iام از شبکه مورد مطالعه برابر با $I_i = a_i + jb_i$ باشد و جریان K ام از شبکه مفروض برابر با $I_k = c_k + jd_k$ باشد آنگاه می توان تلفات ایجاد شده در شاخه i ام با مقاومت R_iرا می توان به صورت زیر نوشت:

$$L_i = R_i (I_i)^2 = R_i[(a_i)^2 + (b_i)^2] = (R_i a_i) a_i + (R_i b_i) b_i \qquad (۲۱)$$

رابطه فوق را به صورت زیر نیز می توان نوشت:

$$L_i = R_i a_i \sum_{k \in k_i} c_k + R_i b_i \sum_{k \in k_i} d_k \qquad (۲۲)$$

k_i: مجموعه گرههای پایین دست شاخه i ام

در نتیجه به سادگی می توان گفت که میزان تلفات ناشی از گره k ام در شاخه iام برابر است با:

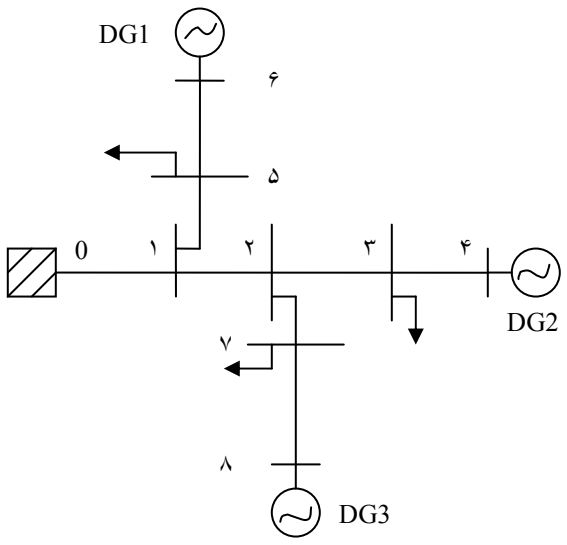
$$L_k^i = R_i a_i c_k + R_i b_i d_k \qquad (۲۳)$$

حال با تعمیم این استراتژی به تمام شاخه های شبکه توزیع شعاعی کل تلفات اختصاص داده شده به گره k ام برابر خواهد بود با:

$$L_k = \sum_{i=1}^{z} L_k^i = c_k \sum_{i=1}^{z} (R_i a_i) + d_k \sum_{i=1}^{z} (R_i b_i) = \qquad (۲۴)$$
$$= c_k e_k + d_k f_k$$

۶- پیاده سازی روش ارئه شده روی شبکه توزیع نمونه

در این بخش روش ارئه شده برای تخصیص تلفات روی یک شبکه توزیع نمونه که در شکل (۵) قابل مشاهده است پیاده خواهد شد.



شکل(۵) شبکه تست برای پیاده سازی الگوریتم تخصیص تلفات

اطلاعات بار شبکه تست در جدول (۱)قابل مشاهده است.

جدول(۱) اطلاعات بار شبکه مورد مطالعه

شماره باس	$P(pu)$	$Q(pu)$
۳	0.4	0.09
۵	0.45	0.1
۷	0.44	0.08

اطلاعات امپدانس شبکه مورد مطالعه شکل(۵)در جدول (۲) نشان داده شده است.

جدول(۲) اطلاعات امپدانس شبکه مورد مطالعه

شاخه	$R(pu)$	$X(pu)$
Z_{01}	0.06	0.01
Z_{12}	0.04	0.008
Z_{23}	0.03	0.008
Z_{34}	0.05	0.007
Z_{15}	0.06	0.008
Z_{56}	0.05	0.006
Z_{27}	0.06	0.009
Z_{78}	0.03	0.007

در شبکه مورد مطالعه DG ها به صورت PQ مدل شده اند واطلاعات مربوط به آنها در جدول (۳) آورده شده است.

جدول(۳) اطلاعات DG ها

	$P(pu)$	$\tan\varphi$
DG1	0.12	0.4
DG2	0.12	0.4
DG3	0.12	0.4

همانطور که در شکل (۵) قابل مشاهده است، سیستم شبیه سازی شده یک سیستم توزیع شعاعی ۸ باسه است که شامل ۳ DG می باشد. در این شبیه سازی DG ها از نوع PQ و گره شماره 0 که همان پست فوق توزیع می باشد، به عنوان گره مبنا یا شین کنترل ولتاژ در نظر گرفته شده است.

برای انجام تخصیص تلفات در این سیستم ابتدا با انجام پخش بار جاروب رفت و برگشت ،ولتاژ و جریان تمام گرهها محاسبه شده و سپس توسط الگوریتم تخصیص تلفات توضیح داده شده در بخش ۶ این مقاله ،که توسط نرم افزار $MATLAB$ پیاده سازی

شده است،سهم هر یک از باسهای دارای بـار یـا DG در تلفـات کل شبکه تعین شده است و نتـایج حاصـل در جـدول (۴) قابـل مشاهده می باشد.

جدول(۴) نتایج حاصل از تخصیص تلفات

شماره باس	میزان تلفات(pu)
۳	*-0.0014*
۴	*0.0059*
۵	*0.0106*
۶	*-0.0019*
۷	*0.0103*
۸	*-0.0023*

با توجه به نتایج جدول (۴) مشاهده می شود که میزان تلفات برخی از گرهها منفی می باشد.این بدین معنی است که بار یا DG موجود در آن باس موجب کاهش تلفات در شبکه شده است و لذا متناسب با سیاستهای تشویقی هر شرکت برق به این بارها یا DG ها پاداش تعلق گیرد.

۷- نتیجه گیری

در این مقاله با معرفی تخصیص تلفات ، روشـهای موجـود بـرای تخصیص تلفات در شـبکه هـای انتقـال و توزیـع مـورد بحـث و بررسی قرار گرفت و این روشها با یکدیگر مقایسه شد.در نهایت با معرفی روش ساده ای مبتنی بر پخش بار جاروب رفت و برگشت ،تلفات یک شبکه شعاعی نمونـه بـه بارهـا و DG هـای موجـود تخصیص داده شد.

مراجع

[۱]J.Mutale ,G.Strbac ,S.Curcic and N.Jenkins"Allocation of losses in distribution systems with embedded generation"IEEE January2000

[۲]Paulo Moises Costa and Manuel A.Matos"Loss allocation in distribution networks with embedded generation" IEEE transaction on power systems,FEBRUARY 2004

[۳]A.J.Conejo,J.M.Arroyo,N.Alguacil and A.L.Guijarro"Transmission loss allocationb :A comparison of different practical algorithms" IEEE transaction on power systems august 2002

[۴]Antonio Gomez Exposito,Jesus Manuel Riquelme Santos,Tomas Gonzalez Garcia and Enrique A.Ruiz Velasco"Fair allocation of transmission power losses"IEEE transaction on power systems,february2000

[۵]Zuwei Yu"The proposed CLP method for allocating real power losses of multiple flows"IEEE2001

[۶]L.F.Ochoa,M.E.Oliveira and A.Padilha-Feltrin"Minimal cross-subsidies Approach for loss allocation in distribution networks with open access"IEEE2007