روش جدید جایابی بهینه تولیدات پراکنده به منظور کاهش تلفات شبکه

سعید جلیل زاده[۱]، احد کاظمی[۲]، میثم مهدوی[۳] و حسین حدادیان[۳]

۱- دانشگاه زنجان ۲- دانشگاه علم و صنعت ۳- دانشگاه زنجان

sa_jalilzadeh@yahoo.com kazemi@iust.ac.ir meysam@mail.znu.ac.ir haddadian@mail.znu.ac.ir

کلید واژه- تلفات، تولیدات پراکنده، جایابی بهینه

۱- مقدمه

در گذشته و اوایل پیدایش شبکه های برق، تولید انرژی الکتریکی به صورت محلی[۱] انجام می شد به عبارتی مراکز تولید به مراکز مصرف بسیار نزدیک بودند. یکی از علل مهم این نوع تولید انرژی در آن زمان عدم توانایی ساخت تجهیزات فشار قوی و تولید توان در مقیاس بالا بود. اما رشد بار و افزایش مصرف انرژی الکتریکی و در نتیجه نیاز به تولید توان بالا، از یک طرف ومشکلات زیست محیطی از طرف دیگر باعث شد که تولید محلی جای خود را به نیروگاه های متمرکز بدهد[۱]. یکی از بزرگترین مشکلات تولید توان توسط نیروگاه های متمرکز، وجود تلفات سالانه بالا درخطوط انتقال توان می باشد که علت آن را می توان در زیاد بودن فاصله بین تولید و مصرف جستجو نمود، مقدار این تلفات به اندازه ای است که می تواند نقش مهمی در تعیین نوع ترکیب شبکه ایفا نماید[۲و۳].

از مزایای استفاده از تولید پراکنده[۲] (DG) می توان به مواردی همچون کاهش هزینه های تولید، کاهش تلفات، انرژی های نو و اثرات زیست محیطی مثبت اشاره نمود [۱و۴-۶]. جهت دستیابی به اهداف فوق بایستی مکان بهینه DG درشبکه توزیع و ظرفیت مناسب آن تعیین گردد. تاکنون مطالعات زیادی در راستای تعیین مکان و ظرفیت بهینه منابع تولید پراکنده انجام شده است که هدف اصلی این پژوهش ها کاهش تلفات شبکه و در نتیجه کاهش هزینه های بهره برداری در دراز مدت بوده است[۷-۱۰]. با توجه به اینکه الگوریتم های کلاسیک ریاضی بدلیل نیاز به مشتق گیری از پیچیدگی خاصی برخوردار بوده و در الگوریتم های غیر کلاسیک نیز علاوه بر زمانبری در اجرا، رسیدن به جواب بهینه و یکتایی جواب بدست آمده از مسائل و مشکلات قابل تامل می باشد روش جدید بکار رفته در این مقاله می تواند مفید واقع شود.

مزایای این روش نسبت به روش های فوق الذکر، یکتا بودن جواب مورد نظر(رسیدن به جواب بهینه واقعی)، سهولت در برنامه نویسی، سرعت بالادر اجرای برنامه و مهمترازهمه ثبت نتایج حاصل از پخش بار مربوط به تست DG در سایر نقاط

۱-Local Generation

۲- Distributed Generation

شبکه به جز نقطه بهینه می باشد. این امر ممکن است از این جهت حائز اهمیت باشد که نقطه بهینه پیشنهاد شده توسط برنامه برای احداث DG، به لحاظ جغرافیایی و یا سایر ملاحظات دیگر، در عمل امکان پذیر نباشد.

۲- تابع هدف و روش حل مسئله

هدف یافتن محل بهینه نصب DG به منظورکاهش تلفات شبکه می باشد به همین علت تابع هدف به صورت زیر تعریف می شود:

$$F = P_{loss} = \sum_{i=1}^{n} P_{G_i} - \sum_{i=1}^{n} P_{D_i} \qquad (۱)$$

که در آن:

n : تعداد شینهای شبکه توزیع.

P_{loss}: تلفات شبکه.

P_{G_i}: توان تولیدی شین i ام.

P_{D_i}: توان مصرفی شین i ام.

از روش جدید پیشنهاد شده، جهت مینیمم سازی هزینه تلفات استفاده می شود. روش پیشنهادی روشی عددی مبتنی بر سعی و خطا و بر پایه روش های جدید پخش بار در شبکه های توزیع می باشد. بنابراین در این مقاله ابتدا روش پیشنهادی پخش بار تشریح شده و بعد روش های جدید جایابیDG بر اساس این پخش بارها بیان می شود. روش پیشنهادی برای شبکه های شعاعی و بهم پیوسته متفاوت می باشد.

۳- معرفی روش پخش بار پیشنهادی برای شبکه شعاعی

در این روش ابتدا پخش بار در شبکه از یک خط به خط دیگر بطور منظم انجام شده وتا زمانی که تمامی خطوط محاسبه شوند ادامه می یابد. برای این منظور ابتدا ولتاژ در تمام پست ها به جز پست مرجع (که اندازه و فاز ولتاژ آن معلوم است) برابر با یک پریونیت فرض می شود. بر اساس این ولتاژها، توان اکتیو و راکتیو بارپستها و جریان خطوط، محاسبه شده و در قسمتی از حافظه ذخیره می گردند. البته این کار نیاز به یک روش منطقی جهت تعقیب پست های شبکه دارد. جریان خطوط محاسبه شده برای محاسبه توان اکتیو و راکتیو تلف شده در هر خط، بکار می رود و نهایتاً تلفات کل شبکه محاسبه می گردد. اما جریان در پست مرجع به صورت زیر محاسبه می شود :

$$I = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n} PD(i) + \sum P_{loss}\right) - j\left(\sum_{i=1}^{n} QD(i) + \sum Q_{loss}\right)}{E_s^*} \qquad (۲)$$

$\sum Q_{loss}$: تلفات راکتیو کل شبکه.

E_s^* : مزدوج ولتاژ پست مرجع.

$\sum P_{loss}$:تلفات اکتیو کل شبکه.

$\sum P_D$: بار اکتیو کل شبکه.

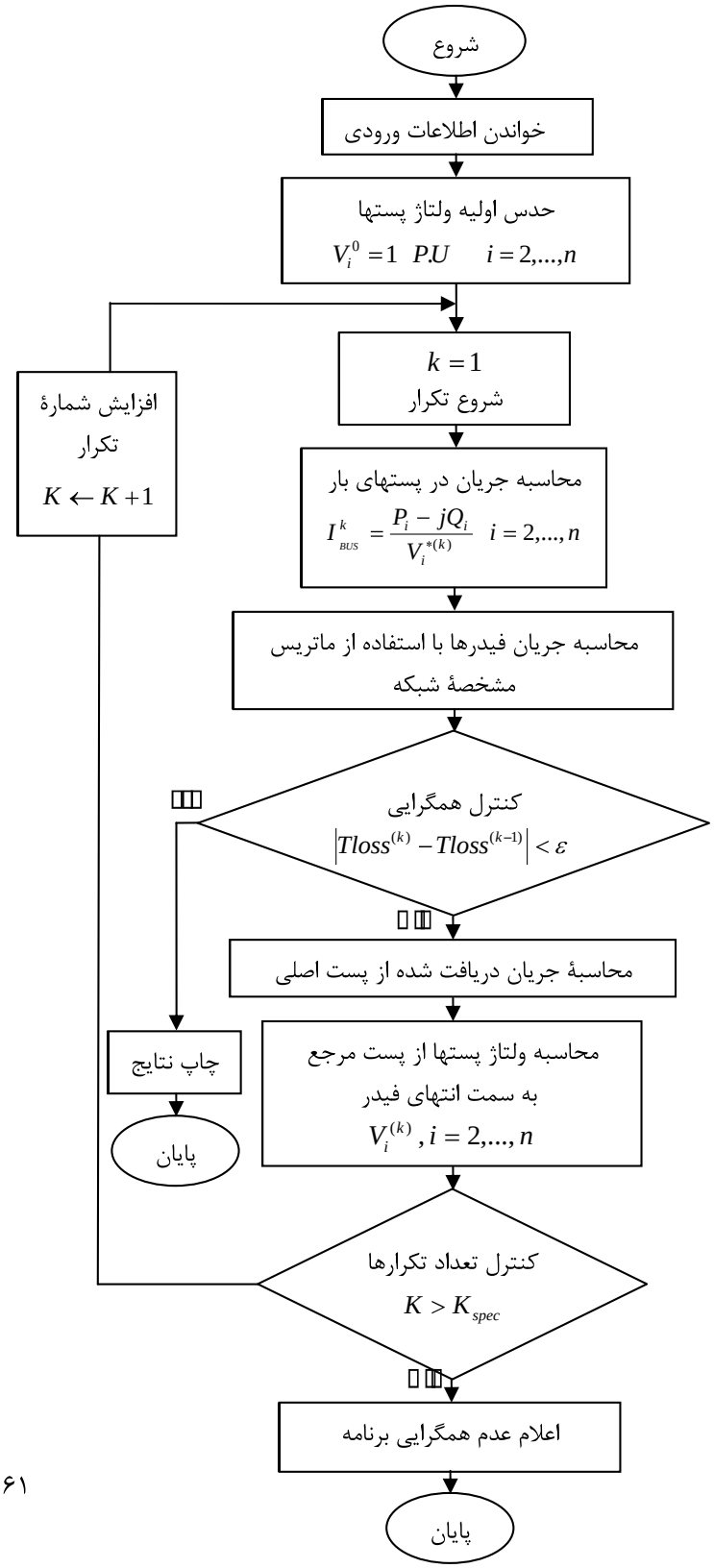
$\sum Q_D$: بار راکتیو کل شبکه.

به همین ترتیب محاسبات ادامه پیدا می کند و افت ولتاژ، جریان و تلفات در هر خط شبکه به صورت منظم از پست مرجع تا انتهای خطوط شبکه محاسبه می شوند. وقتی که یک مرتبه این سیکل کامل شد، کل تلفات محاسبه می شود و با تلفات محاسبه شده در سیکل قبل مقایسه می گردد. اگر تفاوت تلفات بدست آمده در دو سیکل متوالی کمتر از حد دقت قابل قبول نباشد، جریان خروجی از پست مرجع مجدداً با استفاده از مقادیر جدید تلفات خطوط و رابطه (۲) محاسبه و این روند تکرار می شود. سیکل ادامه پیدا می کند تا وقتی که تفاوت تلفات محاسبه شده در دو سیکل متوالی کمتر از حد دقت قابل قبول شود. فلوچارت این روش در شکل(۱) آمده است.

جهت آشنایی بیشتر با سرعت بالای اجرای الگوریتم فوق، سه شبکه شعاعی توزیع انرژی با استفاده از سه روش مختلف پخش بار مورد مطالعه قرار گرفته اند که اطلاعات این شبکه ها، در[۱۱] آمده است. در مطالعه اول از ماتریس ادمیتانس شبکه و روش گاوس- سایدل استفاده شده است. مطالعه دوم بر مبنای الگوریتم نیوتن- رافسون بوده و مطالعه سوم با استفاده از روش جدید پیشنهادی می باشد. زمان انجام محاسبات برای هر یک از روش های فوق در جدول (۱) ارائه شده است.

ولتاژ پست های محاسبه شده بوسیله هر سه روش دارای دقت یکسان می باشد. همانطورکه ملاحظه می شود، افزایش ابعاد شبکه تاثیر ناچیزی بر روی زمان اجرای روش مورد مطالعه داشته ولذا قابل اعمال به شبکه های بزرگتر خواهد بود.

شکل(۱): فلوچارت پخش بار پیشنهادی برای شبکه شعاعی



نوع شبکه مورد مطالعه	زمان کامپیوتری (ثانیه)		
	روش گاوس- سایدل	روش نیوتن- رافسون	روش جدید
فیدربا ۵ پست	۰/۰۳۸	۰/۱۴۹	۰/۰۰۵
فیدربا۱۱ پست	۱/۰۷	۰/۷۳	۰/۰۲۸
فیدربا۴۷ پست	۷۰/۰۱	۳۵/۲۲	۰/۱۶۷

جدول(۱): زمان اجرای پخش بار برای سه شبکه مختلف

۴- معرفی روش جدید جایابی DG در شبکه های شعاعی بر اساس روش پخش بارپیشنهادی

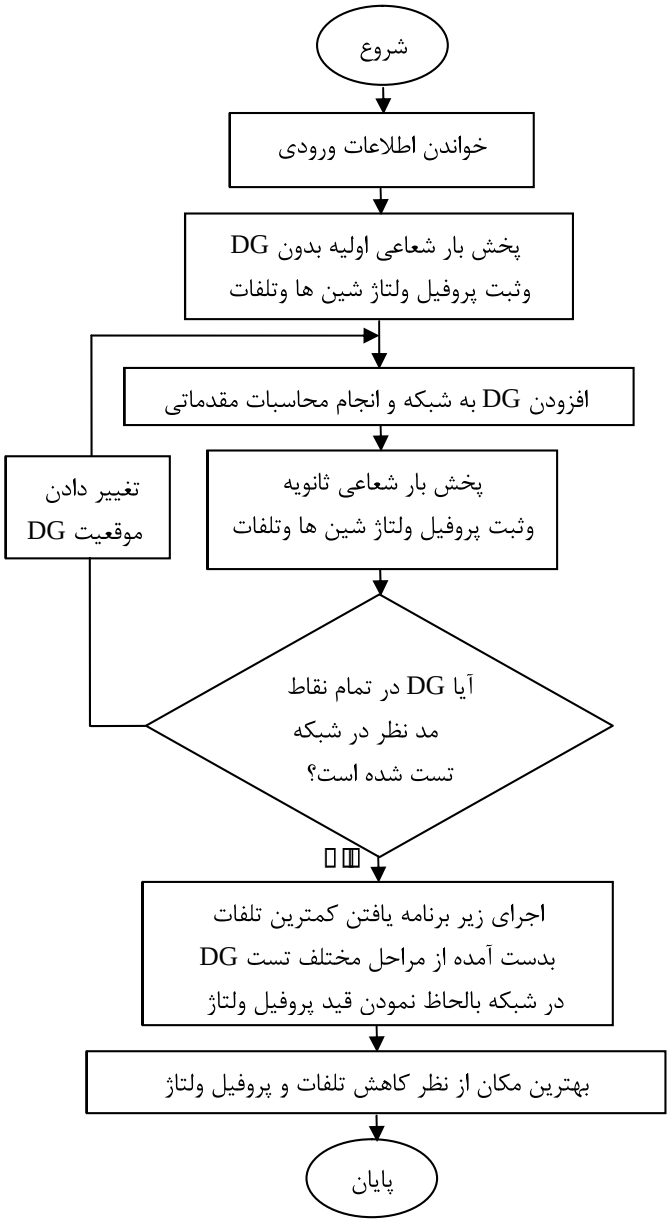
همانطور که بیان شد روشی که در این برنامه جهت یافتن مکان بهینه DG استفاده می شود، روشی عددی مبتنی بر سعی و خطا با استفاده از پخش بار ویژه شبکه های شعاعی می باشد. بدین ترتیب که DG در تک تک نقاط شبکه شعاعی آزمون، اعم از شین های موجود و یا به صورت T-Off، بکار برده شده و در هر مرحله پخش بار شعاعی انجام می شود. اطلاعات مربوط به نتیجه پخش بار شامل تلفات (اکتیو و راکتیو)، دامنه و زاویه ولتاژ شین ها و همچنین موقعیتی ازDG در شبکه که پخش بار در آن وضعیت انجام شده است، در هر مرحله ثبت شده و در نهایت مکان بهینه DG براساس کمترین تلفات با در نظر گرفتن قید پروفیل ولتاژ تعیین می شود .در مورد قید پروفیل ولتاژ باید گفت که متناظر با هر وضعیت قرارگیری DG در شبکه، دامنه ولتاژ شین ها نیز ثبت می شوند تا پروفیل ولتاژ شبکه، در محدوده قابل قبول باشد[1]. به این ترتیب علاوه بر مینیمم تلفات، پروفیل ولتاژ تا حد امکان رضایت بخش می باشد. فلوچارت مربوط به این روش در شکل (۲) آمده است.

۵- معرفی روش پیشنهادی جایابی DG درشبکه های به هم پیوسته

این برنامه نیز بر اساس سعی و خطا و بـر پایـه یکـی از روش های پخش بار اسـت، امـا حیطـه تحلیلـی آن گـسترده تـر از قسمت قبل می باشد. به این نحو که در شبکه شعاعی قسمت قبل، قراربود یک واحد DG با توان خروجی مـشخص C، وارد

مدار شود، در اینجا از مجموعه ای از DG ها، با توان کوچکتر، طوری استفاده می شود که مجموع آنها برابر همان ظرفیت C باشد. حال ممکن است دو DG با ظرفیت C/۲ وارد مدار شوند، یا سه DG با ظرفیت C/۳ ،یا چهار DG که ظرفیت DG های اول و سوم C/۲ و ظرفیت DG های دوم و چهارم C/۴ است و الی آخر. تفاوت دیگر این برنامه با برنامه قبل این است که این برنامه از یکی از روش های کلاسیک پخش بار یعنی گاوس- سایدل بهره می گیرد.

علتش این است که شبکه ای مورد بررسی از نوع به هم پیوسته بوده و شعاعی نیست. لذا روش پخش بار شعاعی در اینجا کارآمد نخواهد بود. ضمن اینکه با توجه به هدفی که مقاله در این برنامه دنبال می کند (یعنی بررسی امکان بدست آوردن تلفات کمتر با تقسیم توان تزریقی به شبکه به چند

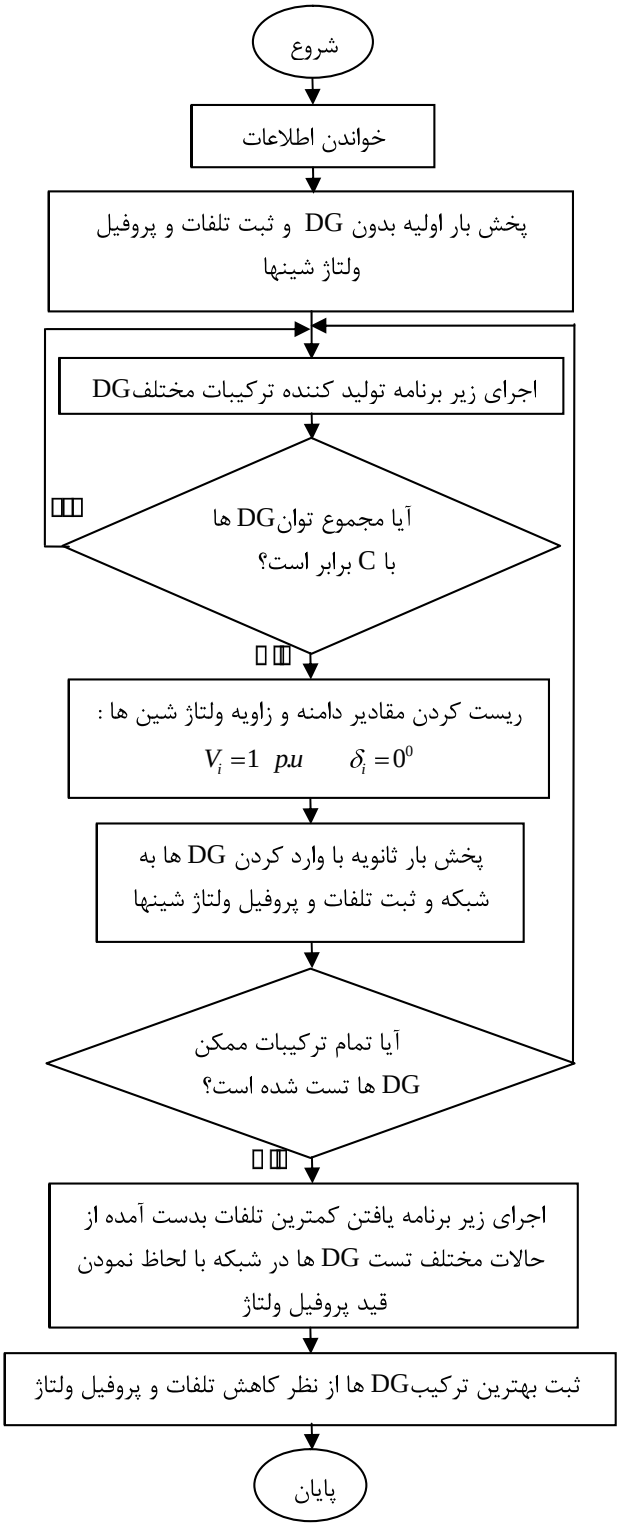


واحد مجزا)، برخلاف برنامه قبلی، DG فقط در روی شین ها تست می شود. فلوچارت این روش نیز در شکل (۳) آمده است.

شکل(۲): فلوچارت مکان یابی بهینه DG در شبکه شعاعی

شکل(۳): فلوچارت مکان یابی بهینه DG در شبکه بهم پیوسته

جدول(۲): نتایج اجرای برنامه بروی شبکه شعاعی IEEE



جدول(۲): نتایج اجرای برنامه بروی شبکه شعاعی IEEE

سایز DG kw	بهترین مکان DG *DGLocation*	تلفات اکتیو شبکه قبل از افزودن DG kw	تلفات راکتیو شبکه قبل از افزودن DG kvar	تلفات اکتیو شبکه بعد از افزودن DG kw	تلفات راکتیو شبکه بعد از افزودن DG kvar
۱۰۰	[۲۸ ۳۱ ۳/۸]	۷۹	۳۹/۴	۷۱/۴	۳۷/۳
۲۰۰	[۲۸ ۳۱ ۳/۸]	۷۹	۳۹/۴	۶۰/۸۶	۳۳/۵۱
۳۰۰	[۲۸ ۳۱ ۳/۸]	۷۹	۳۹/۴	۵۱/۲۳	۲۹/۹۳
۴۰۰	[۲۸ ۳۱ ۳/۸]	۷۹	۳۹/۴	۴۲/۴۹	۲۶/۴۸
۵۰۰	[۲۸ ۳۱ ۳/۸]	۷۹	۳۹/۴	۳۴/۶۴	۲۳/۱۲

با توجه به این جدول ملاحظه می شود که روند کاهش تلفات با روند افزایش سایز DG مغایر است. بنابراین اگر نسبت درصد کاهش تلفات را به سایز ، با معیاری به نام«شاخص عملکرد DG » نشان دهیم، با نگاهی به منحنی تغییرات این شاخص با سایز DG در شکل (۵) ، متوجه می شویم که تزریق توان ۳۰۰ کیلووات بهترین شرایط را (یعنی کاهش تلفات بیشتر با تولید توان کمتر و در نتیجه صرفه اقتصادی)، پیش روی ما قرار می دهد.

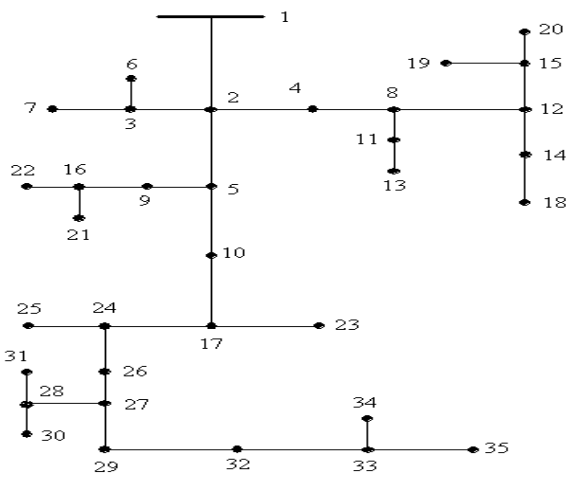
لازم به ذکر است که در این جدول مکان بهینه DG که توسط متغیر DGlocation بیان می شود، شامل سه آرگومان می باشد. آرگومان اول و دوم به ترتیب شماره دو باسی هستند که فیدر بهینه ای که نقطه ای از آن به عنوان بهترین مکان برای نصب DG ، توسط برنامه پیشنهاد شده است، بین آنها قرار دارد. همچنین آرگومان سوم، فاصله مکان بهینه را، بر حسب کیلومتر، از آرگومان اول می دهد.

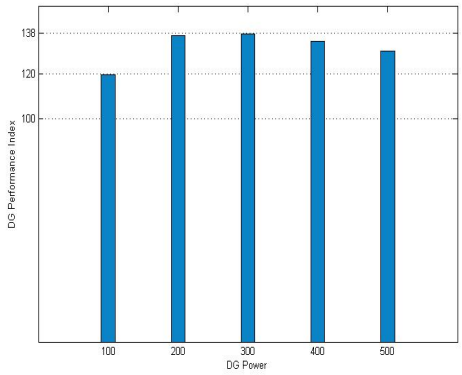
مثلاً DG_locationP= [۵ ۴ ۳] یعنی مکان بهینه DG بین باس شماره ۳ و باس شماره ۴ بوده ودر ۵ کیلومتری باس شماره ۳ می باشد. حال اگر طول فیدری که بین این دو باس واقع است، ۵ کیلومتر باشد، مکان بهینهDG دقیقاً در روی باس شماره ۴ خواهد بود. همانطورکه پیش بینی می شد، از جدول فوق نیز مشخص می شود که اولاً مکان بهینه DG ، نزدیک به انتهای فیدر اصلی *P* و همچنین فیدر فرعی گذرنده از شین های ۲۷، ۲۸ و ۳۱ می باشد؛ ثانیاً این مکان از موقعیتی برخوردار است که که حتی با تغییر سایز DG جابجا نمی شود.

۶- اجرای برنامه مکان یابی بر روی شبکه شعاعی اصلاح شده IEEE و تحلیل نتایج

شبکه اصلاح شده IEEE درشکل (۴) ملاحظه می شود که اطلاعات مربوط به آن در[۱۲] آمده است. الگوریتم جایابی DG بر روی این شبکه با استفاده از یک پردازنده ۲۴۰۰MHZ اعمال شد که برای سایز های مختلف DG زمان اجرا برابر و در حدود۳ ثانیه بود که نتایج حاصله در جدول (۲) آورده شده است.

شکل(۴): شبکه شعاعی اصلاح شده IEEE

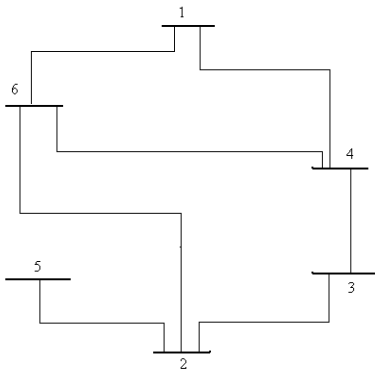




شکل(۵): نحوه تغییرات شاخص عملکردDG با سایز آن

۷- اجرای برنامه مکان یابی بر روی شبکه به هم پیوسته فرضی و تحلیل نتایج

برای اجرای برنامه در این قسمت، مشابه قسمت قبل، توان تزریقی به شبکه را در پله های تعیین شده تا ۱۰۰ درصد کل بار شبکه (که ۱۶/۵ مگاوات می باشد) تغییر داده و هر بار نتایج بدست آمده را در جدول (۳) ثبت می کنیم. همانطور که مشاهده می شود، با افزایش توان تزریقی به شبکه، ضریب توزیع توان افزایش می یابد، به عبارت بهتر، جهت حصول بیشترین کاهش تلفات، توان تزریقی به قطعات بیشتری تقسیم شده و DG های بیشتری با توان کوچکتر، وارد مدار می شوند که مفهوم تولیدات پراکنده را در ذهن تداعی می کنند. اما نکته قابل تامل در این جدول نیز، مغایرت نسبی روند کاهش تلفات با افزایش توان تزریقی می باشد. همچنین شبکه بهم پیوسته مورد مطالعه در شکل(۶) نشان داده شده است.



شکل (۶): شبکه به هم پیوسته فرضی

جدول(۳): نتایج اجرای برنامه بروی شبکه بهم پیوسته فرضی

سایز DG MW	بهترین ترکیب DG ها						درصد کاهش تلفات نسبت به حالت بدون DG
	شین ۶	شین ۵	شین ۴	شین ۳	شین ۲	شین ۱	
۰/۵	۰	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۷/۸۷
۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۱۵
۲	۰	۱/۵	۰	۰	۰/۵	۰	۲۷/۱۴
۳	۰	۱/۵	۰	۰	۱/۵	۰	۳۷/۳۳
۴	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۴۶/۱۱
۶	۰	۲/۵	۰	۰	۲/۵	۰	۵۹/۸۱
۸	۰	۲	۲	۰	۴	۰	۶۹/۳۷
۱۰	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۰	۲/۵	۰	۷۵/۸۷
۱۲	۳	۳	۳	۰	۳	۰	۸۰/۵۸
۱۶/۵	۴/۱۲۵	۴/۱۲۵	۴/۱۲۵	۰	۴/۱۲۵	۰	۷۹/۹

۸- نتایج

علاوه بر صحت عملکرد و سرعت بالای برنامه نوشته شده (به دلیل استفاده از یکی ارز روش های نوین پخش بار در قسمت اول برنامه)، با اجرای این برنامه بر روی شبکه شعاعی آزمون، به این نتیجه رسیدیم که در شبکه های توزیع با توجه به مقادیر معمول ظرفیت تولیدات پراکنده، که در عمل ظرفیت بسیار کوچکی نسبت به بارهای شبکه می باشد، اغلب انتهای فیدرها، مکان مناسبی برای نصب این ادوات می باشد؛ مخصوصاً اگر فیدرها طولانی بوده و نسبتاً پر تلفات باشند.

گفتنی است با افزایش ظرفیت این تولیدات نیز، مکان بهینه هیچگاه به ابتدای فیدر نزدیک نمی شود چرا که با توجه به پدیده افت ولتاژ قابل توجه در انتهای فیدر، منطق برنامه سعی در یافتن یک مکان مناسب برای DG ، جهت بهبود پروفیل ولتاژ در تمام نقاط فیدر دارد که این امر در راستای نیل به بیشترین کاهش تلفات می باشد.

همچنین نتایج به دست آمده از اجرای قسمت دوم برنامه گواه این مدعاست که در شبکه های به هم پیوسته نیز مکان مناسب، شین هایی از شبکه است که بدترین پروفیل ولتاژ را دارند و بهترین حالت این است که توان تزریقی به جای تزریق به شین دارای بیشترین افت ولتاژ، بین ۲ یا ۳ شینی که وضعیت مشابهی دارند، تقسیم کنیم تا بیشترین کاهش تلفات را شاهد باشیم. ناگفته نماند که با افزایش ظرفیت توان تزریقی توزیع و تقسیم بیشتر آن بین شین ها نتایج بهتری در پی دارد.

۹- مراجع

[۱] Salvaderi, L. “Aninternational prespective on the future of power generation and transmission world wide: the Italian case”, IEEE Transaction on Energy Conversion, March ۱۹۹۲.

[۲] Abdelaziz A. R.; “Genetic Algorithm Based Power Transmission Expansion Planning”, The ۷th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, vol. ۲, ۱۷-۲۰ Dec.۲۰۰۰, pp.٦٤٢–٦٤٥.

[۳] Silvestre A., Braga D., and Saraiva J. T. “A Multiyear Dynamic Approach for Transmission Expansion Planning and Long-Term Marginal Costs Computation”, *I*EEE Trans. on Power System, vol. ۲۰, No. ۳ August ۲۰۰۵, pp. ۱۶۳۱

[۴]

mans, J.Driesen, D.Haeseldonckx, and haeseleer R. Belmans “Distributed on: definition, benefits and issues”. Policy, In Press, Corrected Proof, e online ۲۰ November ۲۰۰۳

yantha D.C. Wijayatunga, W.J.L.S. o “independent power generation on greenhouse gas emission: Sri Lanka”, Energy Conversion and Management, In Press, Corrected Proof, Available online ۱۷ March ۲۰۰۴.

[۶] Brown, R.E; Jiuping Pan; Xiaorning Feng; Koutlev, K. “Siting Distributed Generation to Defer T&D Expansion”. Transmission and Distribution Conference and Exposition, ۲۰۰۱ IEEE/PES.

[۷] Celi, G; Pilo, F.; “Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks”. Power Industry Computer Application, ۲۰۰۱ PICA ۲۰۰۱ Innovative Computing for Power Electric Energy Meets the Market. ۲۲nd IEEE Power Engineering Society International Conference on. ۲۰-۲۴ May ۲۰۰۱.

[۸] Carpinelli, G.; Celli, G.; Pilo, F.; Russo, A.; “Distibuted Generation sitting and sizing under uncertainty”. Power Tech Proceedings, ۲۰۰۱ IEEE Porto, Volume: ۴, ۱۰-۱۳ September ۲۰۰۱. Pages: ۷ pp. Vol.۴.

[۹] Silvestri, A. ;Brizzi, A.; Buonanno, S.; “Distributed Generation Planning using Genetic Algorithms”, International Conference on Electric Power Engineering, ۱۹۹۹. Power Tech Budapest ۹۹, ۲۹ Auguest -۲ September, ۱۹۹۹

[۱۰] M.E. Hamedan, S.A. Arefifar “ Simultaneus Location & Sizing of Distributed Generation and Reactive Power Source in a distributed system”, Iranian Conference on Electrical Engineering, ICEE ۲۰۰۴, Mashhad, Iran, ۱۱-۱۳ May ۲۰۰۴.

[۱۱] M. A. Golkar,“A new Method for Load Flow Study of Radial Distribution Systems”, International Symposiom of Electric Power Engineering, Stockholm Power Tech (IEEE), pp. ۷۳۳-۷۳۷, Stockholm Sweden, June ۱۹۹۵.

[۱۲] Distributed System Analysis Subcommitte Report, “Radial Distribution Test Feeder”, ۲۰۰۰ PES Summer Meeting

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.