بهینه سازی آرایش شبکه های توزیع جهت کاهش تلفات

فخرالدین ییلاقی اشرفی حسن صادقپور دکتر عبدالرضا شیخ الاسلامی

شرکت برق منطقه ای خراسان دانشکده مهندسی، دانشگاه مازندران

ایران

کلید واژه ها: شبکه های توزیع، بازآرایی شبکه، کاهش تلفات

چکیده:

بهینه سازی شبکه های توزیع به منظور کاهش تلفات، عبارتست از جستجوی آرایشی از شبکه، بگونه‌ای که تلفات آن حداقل باشد ضمن اینکه شعاعی بودن شبکه توزیع حفظ گردد. با تغییر مناسب در وضعیت کلیدهای شبکه و درنتیجه تغییر در مسیر عبور جریان می توان به چنین هدفی دست یافت. در این مقاله روشی برای حل مسئله کاهش تلفات، با تغییر آرایش شبکه ارائه شده است. در این روش بر روی نقاط مانور متمرکز شده و با تشکیل ترکیبات مختلفی از این نقاط، حالت های گوناگونی ایجاد نموده و آنها را مورد بررسی قرار میدهیم. این روش به یک شبکه ۳۳ باس اعمال شد. نتایج بدست آمده نشان می دهد که علاوه بر کاهش تلفات، ولتاژ باس ها نیز بهبود یافته است.

۱ـ مقدمه

بر اساس آمار اعلام شده حدود ۳۰٪ از کل سرمایه‌گذاری صنعت برق به سیستم توزیع اختصاص می‌یابد[۱۳]، روند رشد شبکه‌های توزیع نیز ـ بخصوص در کشورهای در حال توسعه ـ بالا می باشد. با این حال تکنولوژی فنی این بخش نسبت به تولید و انتقال بسیار پایین است. بنا به نظر اکثر صاحبنظران، سیستم توزیع از رشد کیفی پایینی برخوردار است و وجود عواملی نظیر طرحهای غیرمهندسی، بالا بودن تلفات، نبود آمار و اطلاعات دقیق، عدم استفاده از ابزارهای مدیریتی نوین و ... از جمله دلایل اصلی عقب ماندگی آن است [۲].

امروزه با توجه به تمایل به بهبود وضعیت سیستم توزیع تلاشهای زیادی در جهت بهینه سازی آن در ابعاد مختلف صورت می گیرد. پیشرفت علم ارتباطات و نیز کامپیوتر و بکارگیری آن در صنعت برق به عنوان ابزاری مؤثر در بهبود سیستم موجب شده تا شرکت های توزیع برق تلاش همه جانبه‌ای در جهت اتوماسیون توزیع انجام دهند.

همواره تلفات بالاتر از حد استاندارد، از امتیازهای منفی شبکه های توزیع بوده و روشهای زیادی نیز در جهت کاهش آن ارائه و اجرا شده است. از جمله تغییر آرایش سیستم به کمک نقاط مانور، که از روشهایی است که در طی چند سال اخیر به آن توجه شده است. تغییر در آرایش سیستم از روشهای مؤثر در بهبود شبکه است و با انتقال بار از روی فیدرهای با بار سنگین به فیدرهای با بار سبک حاصل می شود. در شرایط بهره‌برداری عادی از آن جهت کاهش تلفات و یا تعدیل بار بین فیدرها، و در شرایط بروز یک خطای دائمی جهت کاهش نواحی بی برق تا زمان رفع عیب می توان سود جست [۷].

این روش به لحاظ اجرایی بسیار ساده و تقریباً بدون هزینه است و اجرای آن با اهداف متفاوتی صورت می گیرد. طراحی شبکه های توزیع، بهبود پروفیل ولتاژ، سرویس و نگهداری تجهیزات، بازیابی بار، متعادل کردن بار فیدرها، پیک سایی و کاهش تلفات سیستم از جمله این اهداف است که با تغییر آرایش شبکه حاصل می‌گردد. چنانچه هنگام مانور ترکیبی از این موارد موردنظر باشد، به آن مانور چند منظوره اطلاق می‌شود [۴].

امروزه تحقیقات زیادی در زمینه نحوه اجرای این روش انجام می گیرد. برخی با استفاده از روشهای ابتکاری و قوانین آن به جستجوی آرایش بهینه پرداختند، و برخی نیز روشهای تحلیل ارائه کردند. آقایان M. Baran و F. Wu در روش پیشنهادی خود تعویض شاخه[1] را برای آرایش بهینه مطرح کردند [۸]. در این روش ابتدا کلیه کلیدهای باز بسته شده، سپس جستجو جهت یافتن حلقه ای که بیشترین تلفات را ایجاد می کند انجام می گیرد. در حلقه منتخب شاخه ای که بیشترین تلفات را ایجاد کند باز می شود، به همین ترتیب تا آخرین حلقه برنامه اجرا می شود. آقایان Shirmohammadi و Hong نیز الگوریتمی بر اساس قوانین ابتکاری ارائه کردند [۹]. در این روش نیز کلیه کلیدها بسته شده، سپس در حلقه های تشکیل شده بر این اساس که با باز کردن کدام شاخه ها کاهش تلفات را خواهیم داشت، کلیدهای مربوطه باز می گردند. در [۱] و [۵] و [۱۴] نیز از روش الگوریتم ژنتیک برای مسئله استفاده شده است. این الگوریتم از نوع تحلیلی و ریاضی بوده و جواب آن آرایش نهایی را به سمت مینیمم سازی جامع سوق می دهد.

روشی که در اینجا مطرح می کنیم وضعیت کلیدهای سیستم را همزمان درنظر می گیرد. در این روش بر اساس نقاط مانور و کلیدهای مجاور آن در دو طرف راست و چپ، ترکیبات مشخصی شکل گرفته و مورد بررسی قرار می گیرند و آرایش با حداقل تلفات بدست می آید. نرم افزار تهیه شده بر مبنای این روش، بر روی یک شبکه استاندارد IEEE ، اعمال نموده و آنگاه نتایج آن را مورد بررسی و با روشهای دیگر مقایسه خواهیم کرد.

۲ـ بهینه سازی آرایش شبکه های توزیع

بر اساس آمارهای ارائه شده بین ۵ تا ۱۳٪ از کل انرژی تولیدی، در سرتاسر شبکه برق بصورت تلفات از دست می رود [۳]. در این میان سهم شبکه توزیع بیش از بخش های دیگر است. آمار منتشر شده نشان می دهد حدود ۷۵٪ تلفات مربوط به بخش توزیع است، و از بین سه بخش شبکه توزیع (شبکه فشار ضعیف، پست های توزیع و شبکه فشار متوسط) عمده این تلفات به شبکه فشار ضعیف و خطوط طولانی و پربار آن بر می گردد[۶] و این امر بر اهمیت توجه به مسئله تلفات در شبکه توزیع تاکید می کند.

ساختار سیستم های توزیع بر خلاف شبکه های انتقال که ـ به دلیل افزایش قابلیت اطمینان سیستم ـ به صورت غربالی بهره برداری میشوند، بصورت حلقوی ضعیف، طراحی و ساخته می شوند و به شکل کاملاً شعاعی بهره برداری می شوند و این از جهت برقراری هماهنگی مناسب بین سیستم های حفاظتی و تجهیزات می باشد.

فیدرهای منشعب از پستهای اصلی، بارهای متفاوتی را تغذیه می کنند این بارها عموماً شامل مسکونی، تجاری، صنعتی، کشاورزی و روشنایی بوده که هر یک دارای منحنی تغییرات روزانه و فصلی متفاوتی هستند. این تنوع مکانی و زمانی بار موجب می شود پروفیل بار از فیدری به فیدر دیگر تغییر کند و در نتیجه بارگذاری روی فیدرها نامتعادل باشد [۱۱]. چنانچه بتوان با تغییر در بخشهایی از سیستم توزیع برخی از بارها را از فیدری به فیدر دیگر انتقال داد به گونه ای که ساختار شعاعی شبکه حفظ گردد، می توان شرایط بهره برداری را بهبود بخشید. این امر ضمن تعدیل بار بین پستها، تلفات سیستم را کاهش داده و بهبودی پروفیل ولتاژ را در پی خواهد داشت، انجام این تغییرات با تغییر در وضعیت کلیدها ممکن می باشد که به بازآرایی شبکه موسوم است.

۳ـ انواع روشهای بازآرایی:

با توجه به تعدد نقاط مانور، می توان توپولوژی های مختلفی از شبکه توزیع در نظر گرفت. اینکه این توپولوژی ها را چگونه بیابیم موضوع با اهمیتی در این بحث است و تاکنون روشهای گوناگونی ارائه شده است. تفاوت عمده روشهای بازآرایی در نحوه جستجوی حالتهای مختلف است. از دیدگاه کلی این روش ها را میتوان به دو دسته تقسیم کرد:

الف ـ روشهای ابتکاری[2]

ب ـ روشهای ریاضی و آماری

۱. Branch exchange

۲. Heuristics

در میان روشهای ارائه شده، به روش اول توجه بیشتری شده و عموما محققین الگوریتم های خود را بر این اساس ارائه نموده اند [۱۲].

الف ـ روشهای ابتکاری

دراین نوع روشها، کلیه حالات و توپولوژی های سیستم درنظر گرفته نمی شود بلکه بر اساس یکسری قوانین ابتکاری حالت هایی انتخاب شده و محاسبات در آنها برای یافتن مسیر و آرایش مناسب انجام می گیرد. در اینگونه روشها، بر اساس این قوانین شاخه هایی جایگزین شاخه های مانوری می شود و با تغییر مسیر، بهبود شرایط شبکه را به دنبال خواهد داشت. ازجمله ویژگی این نوع روشها اینست که انتخاب کلید(ها) بر اساس میزان بار عبوری، هنگام اجرای محاسبات و تحلیل انجام می گیرد. نتایج حاصل از اجرای این نوع روشها عموماً به مینیمم محلی[۱] منتهی خواهد شد [۱۰]. در این روشها تمامی آرایشهای شبکه در نظر گرفته نمی شود، لذا در حل مسائل بزرگ به لحاظ سرعت عمل آنها، کارایی بیشتری از خود نشان می دهند، ولی هیچ تضمینی برای دستیابی به جواب بهینه وجود ندارد.

ب ـ روشهای ریاضی و آماری

این روش ها تمامی حالت های ممکن برای شبکه را در وضعیت های باز و بسته کلیدها لحاظ می کنند بنابراین نسبت به روش های دسته اول از پیچیدگی بیشتری برخوردارانند و زمان اجرای آن طولانی تر است. برای یک شبکه با n کلید، 2^n حالت مختلف داریم [۱۵]، در حالیکه اغلب این حالت ها به دلیل نداشتن ویژگی شبکه توزیع غیرقابل قبول[۲] است. به عنوان مثال برای یک شبکه با ۲۰ کلید قابل بازکردن و بستن، $2^{20}=1048576$ حالت وجود دارد که از این میان برحسب توپولوژی شبکه بطور متوسط تنها ۱۰۰۰۰ حالت معتبر وجود دارد. لذا بخشی از زمان اجرای این الگوریتم ها صرف شناسایی و جداسازی حالات قابل اجرا می شود. البته پروژه هایی ارائه شده که با استفاده از تکنیک های خاصی الگوریتم را کمتر به حالات غیر ممکن می برد.

تفاوت این نوع روشها با روشهای ابتکاری در اینست که انتخاب کلیدها –جهت تغییروضعیت- مستقل از بار شبکه است در حالیکه در دسته اول دیدیم که انتخاب کلید براساس جریان عبوری از کلید صورت میگیرد. اما مزیت عمده این نوع روشها اینست که عموما نتایج حاصل از حل شبکه به آرایش بهینه منتهی می گردد [۱۰].

۴ـ ارائه روش

بطور کلی به منظور ایجاد حالت های مختلفی از آرایش شبکه، می توان هر یک از کلیدها را باز کرد و یا بست؛ به شرط اینکه هیچ حلقه ای تشکیل نشود و یا هیچ باری(Load) بی برق نگردد. حالاتی که منجر به ایجاد حلقه و یا خروج شاخه ها گردد، جزء حالات غیرقابل قبول قرار می گیرد.اگر یک کلید مانور بسته شود یک حلقه بسته در شبکه ایجاد می شود، همچنین اگر یک کلید باز گردد بخشی از سیستم بی برق می شود. لذا پس از تشکیل هر حالت ابتدا بایستی کلیه اتصالات گره ها به منبع را چک کرد .

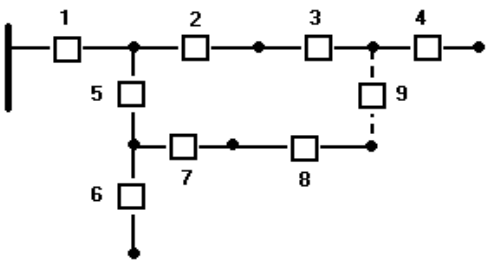
روشی که در این مقاله ارائه می شود از نوع ریاضی و ابتکاری بوده اما جهت کاهش زمان اجرای الگوریتم ، بجای جستجو برروی کلیه ترکیبات کلیدها(که ویژگی روشهای ریاضی و آماری می باشد)،روی نقاط قابل تغییر (خطوط مانور) متمرکز شده و آرایش های جدید بر این اساس جستجو می شود. بدین وسیله زمان اجرای برنامه کاهش میابد، ضمن اینکه نتیجه حاصل بهینه خواهد بود.

در این بحث ابتدا الگوریتم جستجو را ارائه خواهیم کرد و در ادامه به نحوه انجام محاسبات تلفات می پردازیم.

٤-١- الگوریتم جستجو

در نقاط مانور، هر کلیدی که جهت باز یا بسته شدن انتخاب می شود با دو کلید مجاور بلافصل خود درنظر گرفته می شود. با توجه به چنین دیدگاهی می توان این سه کلید (کلید مانور و دو کلید مجاور آن) را یک گروه کلید[۳] دانست.

به عنوان مثال در شکل زیر کلید ۹ بهمراه کلیدهای ۳ و ۸ تشکیل یک گروه کلید می‌دهند



شکل (۱)

۱. Local optimum

۲. Infeasible

۳. Switch-group

بر این اساس که کدام کلید باز باشد سه آرایش برای شبکه فوق خواهیم داشت. حال اگر یک سیستم n کلید مانور داشته باشد، n گروه کلید تشکیل می یابد و بر این اساس ۳n حالت مختلف کلید زنی خواهیم داشت. با داشتن چنین الگویی می توان رابطه زیر را برای تعیین وضعیت یک گروه کلید تعریف کرد:

$$Sp_{ij} = [\frac{(i-1)}{3^{(j-1)}}] \bmod 3 \qquad (۱)$$

که در آن:

j شماره کلید (از n عدد)

iشماره ترکیب از میان ۳n حالت

Spij وضعیت کلید j ام از حالت i ام است.

نتیجه فرمول (۱) شامل ۳ رقم ۰، ۱ و ۲ می باشد، که می توانیم هر یک را نماینده یک حالت قرار دهیم، بگونه ای که عدد ۰ نشان دهنده این باشد که کلید مانور باز باشد، و دو کلید مجاور آن بسته. عدد ۱ نشانه بسته بودن کلید مانور و باز بودن کلید (براساس قرارداد) سمت راست آن و بسته ماندن کلید سمت چپ باشد، و به همین ترتیب عدد ۲ بسته بودن کلید مانور و بسته بودن کلید سمت راست آن، و باز بودن کلید سمت چپ آن را نشان دهد.

بر این اساس می توان ماتریس تمامی حالات را به صورت رابطه (۲) نمایش داد.

$$Sc = \begin{bmatrix} Sp_{1j} & \dots & Sp_{12} & Sp_{11} \\ Sp_{2j} & \dots & Sp_{22} & Sp_{21} \\ \dots & & \dots & \dots \\ Sp_{ij} & \dots & Sp_{i2} & Sp_{i1} \end{bmatrix}_{i \times j} \qquad (۲)$$

پس از تشکیل هر حالت و بررسی اعتبار آن ، پخش بار برروی شبکه اجرا شده وتلفات آن به روشی که در بخش بعد خواهد آمد، محاسبه می شود. پس از پایان محاسبات حالتی که حداقل تلفات را داراست انتخاب می شود. نتیجه حاصل نشان می دهد که در هر گروه کلید ، کدام کلید باز و کدامیک بسته باشد.

۴-۲- محاسبه تلفات شبکه به روش Simplified Distflow :

برای انجام محاسبات لازم است روشی انتخاب شود که از دقت مناسبی برخوردار باشد و در حداقل زمان به جواب برسد. شکل (۲) را در نظر بگیریم، $\mathbf{z_i = r_i + x_i}$ امپدانس خطوط $\mathbf{S_{Li} = P_{Li} + jQ_{Li}}$ بار منشعب از باس i ام است.

توان جاری در این شبکه شعاعی را می توان با معادلات شاخه Distflow بدست آورد. توان حقیقی و مجازی،ولتاژهای ابتدا و انتهای شاخه‌ها عبارتند از:

$$P_{i+1} = P_i - r_i (P_i^2 + Q_i^2)/V_i^2 - P_{Li+1} \qquad (۳)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - x_i (P_i^2 + Q_i^2)/V_i^2 - Q_{Li+1} \qquad (۴)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_i P_i + x_i Q_i) + (r_i^2 + x_i^2)(P_i^2 + Q_i^2)/V_i^2 \qquad (۵)$$

معادلات فوق، معادلات Distflow نامیده می‌شوند که Pi ، Qi و Vi توان حقیقی، توان راکتیو و ولتاژ در طرف فرستنده و P_{i+1} ، Q_{i+1} و V_{i+1} در طرف گیرنده هستند. اگر .P، .Q و .V مربوط به اولین گره شبکه باشند، بقیه گره ها را هم به ترتیب می توان بدست آورد. این روش به معادلات شاخه پیشرو[۱] موسومند

در محاسبات از معادلات پیشرو استفاده شده است. در این معادلات عبارت $r_i \frac{(P_i^2 + Q_i^2)}{V_i^2}$ به تلفات روی شاخه ها اشاره دارد و با توجه به اینکه مقادیر آن بسیار کوچکتر از Pi و Qi هستند، می توان با حذف عبارات درجه دوم، این معادلات را بدین شکل نوشت:

$$P_{i+1} = P_i - P_{Li+1} \qquad (۶)$$

$$Q_{i+1} = Q_i - Q_{Li+1} \qquad (۷)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_i P_i + x_i Q_i) \qquad (۸)$$

بنابراین برای یک شبکه شعاعی می توان نوشت:

$$P_{i+1} = \sum_{k+i+2}^{n} P_{Lk} \qquad (۹)$$

$$Q_{i+1} = \sum_{k+i+2}^{n} Q_{Lk} \qquad (۱۰)$$

$$V_{i+1}^2 = V_i^2 - 2(r_i P_i + x_i Q_i) \qquad (۱۱)$$

این معادلات را Simplified Distflow نامند. تلفات توان روی هر شاخه بدین شکل محاسبه می گردد:

$$Loss_i = \frac{r_i \left(P_i^2 + Q_i^2 \right)}{V_i} \qquad (۱۲)$$

بنابراین کل تلفات سیستم برابر است با:

۱. Forward branch equations

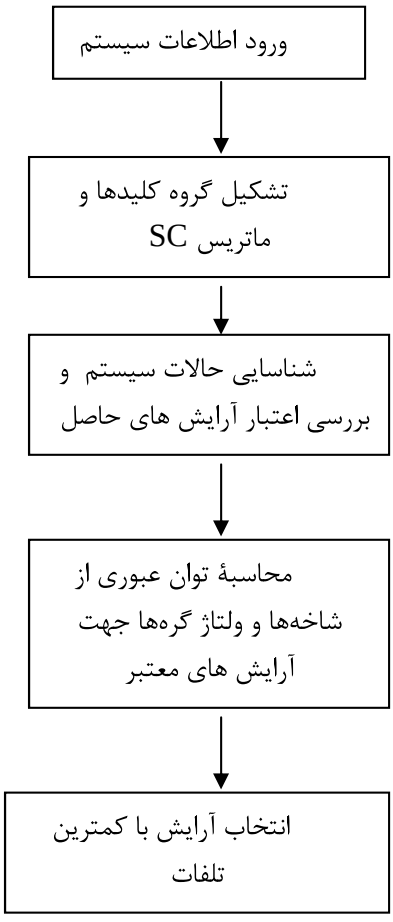
$$Total_Loss = \sum_{i=0}^{n-1} Loss_i = \sum_{i=0}^{n-1} \left[\frac{r_i \left(P_i^2 + Q_i^2 \right)}{V_i} \right] \quad (۱۳)$$

۵ـ نتایج شبیه سازی

الگوریتم این روش بر اساس نقاط مانور طرح ریزی شده است. هر نقطه مانور به همراه بازوهای راست و چپ خود یک گروه تشکیل می دهند که مبنای جستجوی حالت های مختلف سیستم اند. مراحل اجرای برنامه به ترتیب زیر می باشد:

- یافتن کلیه ترکیبات سیستم براساس شاخه‌های مانور و دو شاخهٔ مجاور آن
- یافتن حالات معتبر از میان ترکیبات فوق
- برآورد تلفات برای حالات معتبر به روش Simplified Distflow
- شناسایی آرایش با تلفات می نیمم.

جهت اجرای روش، برنامه نرم افزاری تحت MATLAB تهیه شده است که فلوچارت کلی این برنامه در شکل ذیل ارائه شده است.



این برنامه بر روی یک شبکه توزیع شعاعی، که یک شبکه استاندارد IEEE می باشد و در بسیاری از مقالات مورد استفاده قرار گرفته اجرا شده است. این شبکه دارای ۳۳ باس، ۳۲ شاخه و ۱۰ کلید مانور (۵ خط مانور) بوده و سطح ولتاژی آن ۱۲,۶۶ Kv است [۷].

جدول (۱)

تعداد شاخه‌ها	**۳۲**
تعداد خطوط مانور	**۵**
توان اکتیو سیستم (kw)	**۳۷۱۵**
توان راکتیو سیستم (kvar)	**۲۳۰۰**
تلفات آرایش اولیه شبکه(kw)	**۱۹۸,٦٦**

در جدول (۲) نتایج نهایی برنامه درج شده است. چنانکه مشاهده می شود تلفات شبکه نسبت به آرایش اولیه ٪۳۱/۱۷۸ کاهش یافته است. در شکل (۳) تلفات شاخه ها در دو حالت ابتدایی و نهایی ترسیم شده ، همچنین مقایسه ولتاژ باس ها در این دو وضعیت، نشان دهنده اینست که پروفیل ولتاژ نیز بهبود می یابد (شکل (۴)).

جدول (۲) ـ نتایج نهایی اجرای برنامه روی شبکه ۳۳ باس

	آرایش اولیه	**آرایش نهایی**
خطوط باز	**۳۳-۳٤-۳۵-۳٦-۳۷**	**۳۳-۳٤-۱۱-۳۲-۲۷**
تلفات شبکه (kw)	**۱۹۸,٦٦**	**۱۳۷,۵۷**
حداقل ولتاژ (pu)	**۰,۸۸٦۸**	**۰,۹۳۱۳**
درصد کاهش تلفات	***	**۳۱,۱۷۸**

شبکه بکار گرفته شده در این مقاله در روشهای ارائه شده در [۸] نیز مورد استفاده قرار گرفته شده است. در جدول (۳) مقایسه ای بین این روشها انجام گرفته است. روش ارائه شده بوسیله Baran، به سه شکل محاسبه شده است و روش GA نیز در [۱۴] از الگوریتم ژنتیک استفاده کرده است.

جدول (۳) ـ مقایسه روش ارائه شده با دیگر روشها

نوع روش	شاخه‌های باز آرایش نهایی	درصد کاهش تلفات
Baran۱	۶،۱۱،۲۸،۳۱،۳۳	۲۷،۸۳
Baran۲	۶،۱۱،۳۱،۳۴،۳۷	۲۳،۸۲۶
Baran۳	۶،۱۱،۳۱،۳۴،۳۷	۲۳،۸۲۶
GA	۷،۹،۱۴،۳۲،۳۷	۳۱،۱۴۸
روش ارائه شده	۱۱،۲۷،۳۲،۳۳،۳۴	۳۱،۱۷۸

مقایسه نتایج فوق نشان دهنده این نکته است که میزان کاهش تلفات در روش ارائه شده بیشتر است.

۶ـ نتیجه و بحث

در این مقاله روشی جهت بازآرایی شبکه های توزیع ارائه شده است که اجرای آن منجر به کاهش تلفات در سیستم می گردد.

چنانکه ذکر شد در روشهای ابتکاری سرعت پاسخگویی الگوریتم بالا است اما جواب بدست آمده لزوما بهینه نمی باشد. در روشهای آماری، سرعت اجرا پایین است ولی جواب نهایی بهینه است

در این روش بجای در نظر گرفتن تمامی حالتهای سیستم، بر روی نقاط مانور متمرکز شده و بر این اساس آرایش های متفاوتی از سیستم را مورد بررسی قرار می دهیم. این امر باعث می شود زمان اجرای برنامه روی حالات غیرعملی صرف نگردد، ضمن اینکه به جواب بهینه دست پیدا خواهیم کرد. بنابر این در این روش هم به سرعت بالای روشهای ابتکاری دست یافته ایم و هم به جواب بهینه روشهای آماری.

همچنین از مزایای این روش می توان به این مسئله اشاره کرد که انتخاب و تغییر وضعیت کلیدها به بارعبوری از کلیدوابسته نیست، لذا استفاده از این روش در طراحی و توسعه شبکه توزیع نیز فراهم می شود.

۷ـ منابع و ماخذ:

۱- رحمن دشتی ، محسن کلانتر و رضا دشتی، "ارائه یک روش ترکیبی نوین به منظور کاهش تلفات شبکه های توزیع بیست و یکمین کنفرانس بین المللی برق،۱۳۸۵.

۲- سعید مهذاب ترابی،" ضرورت طرح جامع در بخش توزیع صنعت برق"، شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق.

۳- محمد طلوع بالا خیابانی، "بهینه سازی پروفیل ولتاژ سیستم توزیع با استفاده از شبکه عصبی"، شانزدهمین کنفرانس بین المللی برق، ۱۳۸۰.

۴- محمد ملا نوروزی، "تجدید آرایش شبکه های توزیع به منظور کاهش تلفات"، ۱۳۷۷، مقطع کارشناسی ارشد، دانشگاه مازندران.

۵- کاوه مقدم تبریزی، "آرایش مجدد شبکه های توزیع بوسیله الگوریتم ژنتیک"، ششمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، جلد ۱، ۱۳۷۵، ۱۲۳ ـ ۱۱۳.

۶- حسین محمدیان، "تحلیل عوامل تلفات و تعیین اولویت کاهش آنها در شبکه فشار ضعیف مازندران"، ششمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق، جلد۱ ، ۱۳۷۵، ۳۴۵ ـ ۳۳۳.

۷- M.Akashem, “A novel method for loss reduction in distribution networks”, IEEE, April ۲۰۰۰

۸- M.E.Baran and F.Fwu, “Network reconfiguration in Distribution and Load Balancing”, IEEE Trans. On power Delivery, Vol.٤, No. ۲, pp.١٤٠١- ١٤٠٧; April ١٩٨٩

۹- D.Shirmohammadi, H.Hong, Reconfiguration of Electric Distribution Networks for Resistive Line Reduction”, IEEE, Trans. On power Delivery, Vol.٤, No. ۲, pp.١٤٩٢-١٤٩٨, April ١٩٨٩

۱۰- E.Romero Ramos, optimal reconfiguration of distribution networks for power loss reduction, Sept.۲۰۰۱, IEEE Porto power conference.

۱۱- V.Borozan, “Minimization Loss Distribution Network Configuration: Analyses and Management”, IEE, conference publication, No .٤٣٨, June ١٩٩٧

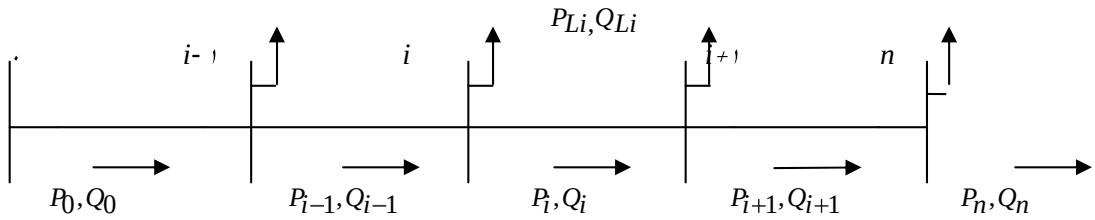
۱۲- G.J.Peponis, “Distribution Network Reconfiguration to minimization resistive line losses”, IEEE Trans. On power Delivery, Vol.٤, No. ۳, pp.٦٠١- ٦٠٥; Sept ١٩٩٣

۱۳- Hugh Rudnick, “Reconfiguration of Electric Distribution Systems,Revista facultad

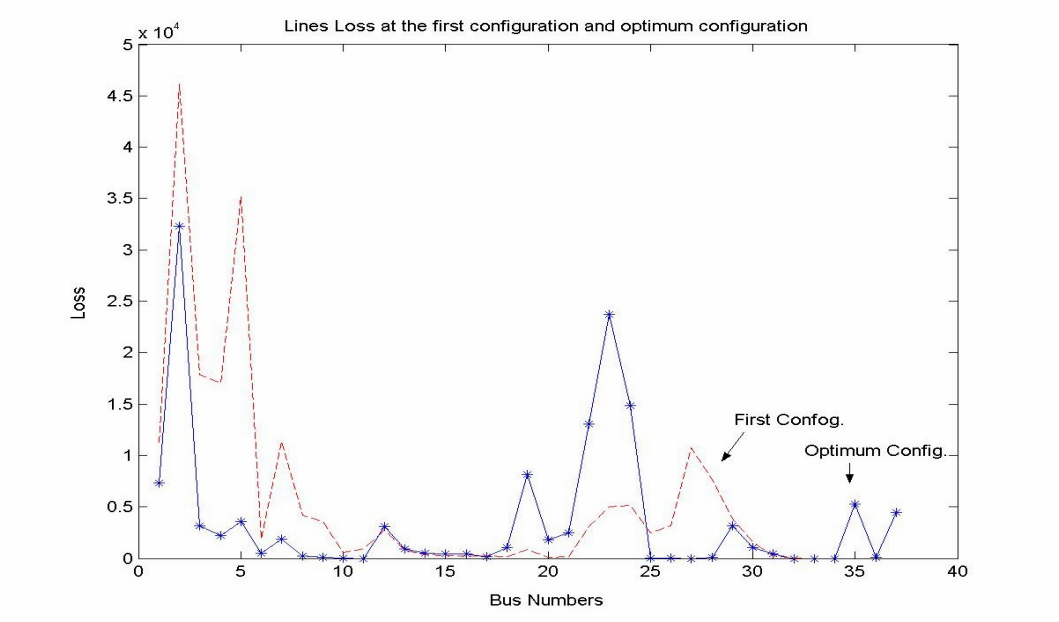
۱۵- A.C.B.Delbem, “A fast algorithm for generation of forests: Application to distribution system reconfiguration”, Sept ۲۰۰۱

de ingenieria”, U.T.A (Chile), Vol.٤, ۱۹۹۷,pp ٤١-٤٨

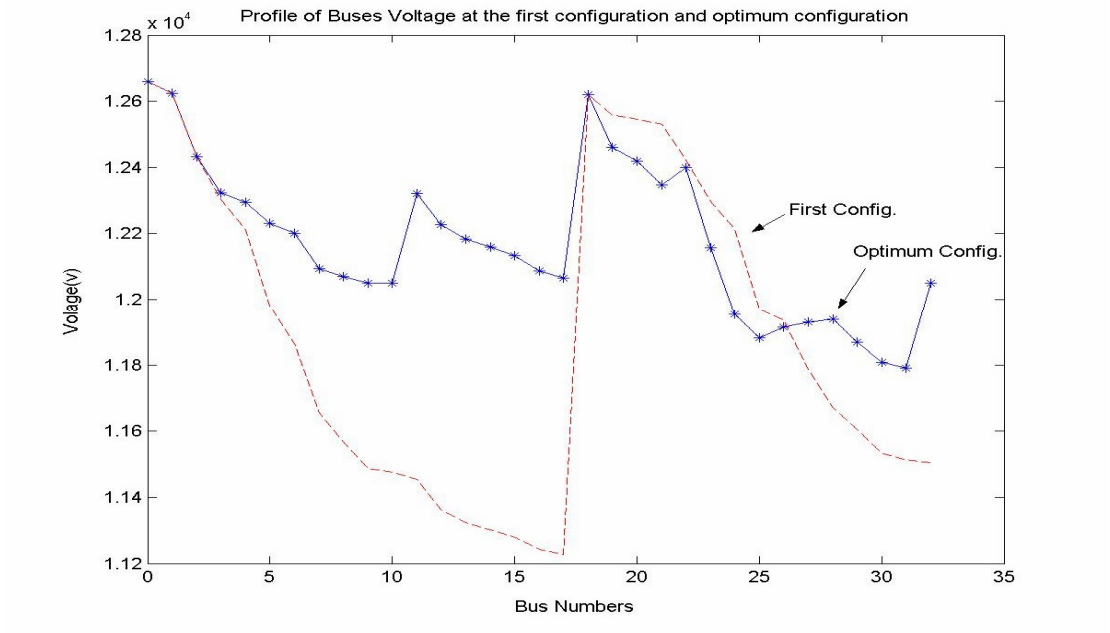
١٤- W.M.Lin, Distribution feeder reconfiguration with refined genetic algorithm, IEE Proc-Gener. Transms. Distrib. Vol.١٤٧, No.٦, November ٢٠٠٠



شکل(۲)



شکل(۳)


Profile of Buses Voltage at the first configuration and optimum configuration
x 10^4
1.28
1.26
1.24
1.22
1.2
1.18
1.16
1.14
1.12
Volage(v)
0
5
10
15
20
25
30
35
Bus Numbers
First Config.
Optimum Config.

شکل(۴)

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.