بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNOP121

نوع پذیرش : ارائه

ارائه طرح بهینه کلیدزنی به منظور کاهش تلفات در شبکه های توزیع

علیرضا قهرمانی

مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی صنعت آب و برق آذربایجان

سیدعلی فاخری

شرکت توزیع برق تبریز

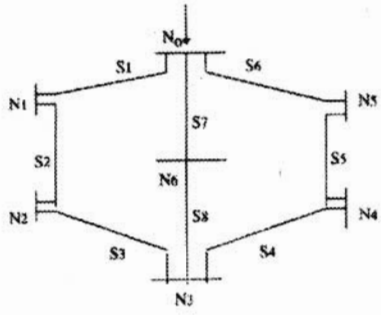
کلمات کلیدی : طرح کلیدزنی، بهینه سازی ، تلفات شبکه ، روش سیمپلکس

چکیده :

یکی از جنبه های مهم طراحی شبکه های توزیع ، طرح بهینه شبکه به منظور کاهش تلفات است. عوامل متعددی ازقبیل عدم توزیع متناسب بار بین فیدرهای مختلف یک پست درشبکه توزیع انرژی الکتریکی، بالا بودن نسبت مقاومت به راکتانس القائی خطوط و تعداد زیاد مدارها و ترانسفورماتورها نسبت به شبکه انتقال، باعث افزایش تلفات در این شبکه ها می گردد. در این خصوص روشهای متعددی جهت کاهش تلفات شبکه های توزیع در مقالات تا به حال مطرح شده است. در این مقاله روش موثر کلیدزنی برای محاسبه تغییرات تلفات بعد از هر مرحله کلیدزنی و تغییر وضعیت کلیدها تحت عنوان روش بهگزینی تک حلقه ای برای دستیابی به حداقل تلفات ارائه گردیده است. همچنین نشان داده شده است که روش بهگزینی تک حلقه ای به عنوان روشی روشن و قابل فهم از اصول تکنیکی روش سیمپلکس منتج شده و در خاتمه یک شبکه نمونه به عنوان مثال ، با استفاده از روش پیشنهادی مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج به دست آمده کاملا" رضایت بخش می باشد.

۱- مقدمه :

بهره برداری از شبکه های توزیع در شرایط عادی به علت هماهنگی های حفاظتی مناسب، محدود نمودن سطح اتصال کوتاه شبکه و مشکلات بهره برداری شبکه های بهم پیوسته، اغلب به صورت شعاعی صورت گرفته و کلیدهای جدا کننده متعدد که در شبکه موجود می باشند نقش به سزایی در مدیریت ساختار شبکه برای دستیابی به شکل بهینه ایفا می کنند. شکل (۱) دیاگرام تک خطی یک شبکه ساده توزیع را نشان می دهد که از یک پست متصل به منبع (N_0) ، شش پست تغذیه بار (N_1 - N_6) و هشت کلید مربوط به خطوط ارتباطی پستها تشکیل یافته و هر کلید در ارتباط با یک خط می باشد. فرض می کنیم کلیدهای S_2 و S_5 در شرایط عادی باز و بقیه کلیدها به حالت وصل باشند در حالی که اگر بخواهیم تمام بار مورد نیاز را تامین کرده و در عین حال شبکه نیز در حالت شعاعی باقی بماند ، آرایش دیگر شبکه می تواند بدین شکل باشد که کلیدهای S_2 و S_5 وصل گردیده و کلیدهای S_3 و S_4 به حالت باز در آیند. آرایش و ساختارشبکه های توزیع در طول مدت بهره برداری ممکن است به طور مکرر با تغییر وضعیت کلیدها به منظور کاهش تلفات خط ، اصلاح پروفیل و افزایش قابلیت اعتماد شبکه ، تغییر یابد. امروزه با توجه به این که امکان استفاده از کلیدهای کنترل از راه دور ممکن شده است مدیریت ساختار در شبکه های مورد بهره برداری به عنوان بخش مهمی از اتوماسیون شبکه های توزیع نیز مطرح می باشد.



شکل ۱

حل بهینه و دقیق مسئله تعیین آرایش شبکه برای دستیابی به حداقل تلفات با توجه به تعداد زیاد کلیدهای موجود در یک شبکه توزیع واقعی ، صرفا" با آزمایش تمام انتخابهای ممکن از حالات مختلف کلیدها به دست می آید که مستلزم صرف زمان طولانی برای محاسبات و بسیار مشکل می باشد. لذا تا حال روشهای تقریبی و ابتکاری مختلفی برای حل موثر مسئله پیشنهاد گردیده است.

در این مقاله ، مسئله تعیین آرایش شبکه با حداقل تلفات به صورت یک مسئله بهینه سازی فرموله شده است که تابع هدف آن یک تابع درجه دوم بوده و معادلات محدودیت آن

خطی و به صورت روابط مستقل حالت می باشد که متغییرهای حالت آن از نوع (0) و (1) است. حل چنین مسئله ای با استفاده از الگوریتم های موجود بهینه سازی مشکل بوده و برای حل آن باید معادله درجه دوم تابع هدف را در اطراف نقطه کار با معادله خطی تقریب نمود که مسئله به یک برنامه ریزی خطی که با یکی از روش های تکرار مانند روش سیمپلکس قابل حل بوده ، منجر می شود. ولی این مقاله به جای حل مستقیم مسئله با روش سیمپلکس ، از روش بهینه سازی تک حلقه ای که از اصول تکنیکی سیمپلکس نتیجه گیری شده ، به حل مسئله مبادرت می کند.

ضمنا" این مقاله برای محاسبه تغییرات تلفات بعد از هر مرحله کلیدزنی و تغییر وضعیت کلیدها ، روش موثری را ارائه می دهد که نیاز به محاسبات کلاسیک پخش بار نمی باشد.

همچنین برای رسیدن از حالت اولیه شبکه به آرایش بهینه که از حل مسئله به دست می آید. یک طرح سویچینگ ارائه شده است که تعداد کلید زنی مورد نیاز را به حداقل رسانده و موجب افزایش طول عمر بهره برداری کلیدها می گردد [۲ ، ۱].

۲- طرح کلی و فرموله کردن مسئله :

در شبکه شکل (۱) ، بار الکتریکی در هر پست تغذیه کننده بار را ثابت فرض می کنیم و به هر کلیدی که به حالت وصل بوده ارزش حالت (0) و به کلیدی که به حالت باز باشد حالت (1) را نسبت می دهیم. این شبکه در حالتی که همه کلیدها به حالت وصل باشند دو حلقه مستقل را تشکیل می دهد.

برای مینمم کردن تلفات خط با رعایت شرط شعاعی ماندن شبکه ، مسئله تعیین آرایش بهینه شبکه می تواند به صورت ریاضی و به شکل زیر فرمول بندی شود.

$$MIN \quad j = \sum r_i I_i^2 \qquad (۱)$$

محدودیتهای لازم برای شرط شعاعی ماندن شبکه عبارتند از :

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_7 + x_8 = 1 \\ x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1 \end{cases} \qquad (۲-۱)$$

اگر $x_7 + x_8 = 0$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1 \\ x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 = 1 \end{cases} \qquad (۲-۲)$$

اگر $x_4 + x_5 + x_6 = 0$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 = 1 \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_7 + x_8 = 1 \end{cases} \qquad (۲-۳)$$

اگر $x_1 + x_2 + x_3 = 0$

$$x_i = \begin{cases} \text{کلید وصل است } 0 \\ \\ \text{کلید باز است } 1 \end{cases} \qquad i=1,2,\ldots,8$$

که X_i ارزش حالت کلید i ارانشان می دهد. r_i مقاومت خط بوده و I_i جریان خط iمی باشد.

از شکل (۱) و معادلات (۲) می توان فهمید که محدودیت شعاعی ماندن شبکه با یک سری معادلات نمایش داده می شود که این سری معادلات با تغییر ارزش حالات کلیدهای موجود در شبکه، به فرم های مختلف تغییر پیدا می کند. تعداد معادلات در هر سری از روابط محدودیت برابر با تعداد حلقه های مستقل ممکن در شبکه می باشد.

طرح فرمول بندی معادلات (۱) و (۲) کلی بوده و قابل تعمیم به هر نوع شبکه پیچیده می باشد.

گرچه در این جا از یک شبکه نمونه نشان داده شده در شکل (۱) استنتاج شده اند.

معادلات (۱) و (۲) یک مسئله بهینه سازی غیر خطی را مطرح می نمایند که تابع هدف آن درجه دوم و متغیرهای حالت از نوع (0) و (۱) و معادلات محدودیت آن خطی می باشند. چنانچه در بالا اشاره گردید تابع هدف چنین مسئله ای را اگر بتوان در اطراف نقطه کار با یک معادله خطی تقریب نمود ، مسئله به یک برنامه ریزی خطی تبدیل می شود. مسئله برنامه ریزی خطی را به راحتی می توان با استفاده از روش سیمپلکس حل نمود. روش سیمپلکس عملاً یک روش تکرار و شامل مراحل زیر می باشد :

۱- با یک جواب اولیه قابل قبول (feasible) شروع کنید.

۲- در صورت امکان ، جواب اولیه را با پیدا کردن یک جواب قابل قبول نزدیک به آن (طوری که مقدار تابع هدف را بهتر کند) بهبود بخشید.

۳- به پیدا کردن جوابهای قابل قبول بهتر ، طوری که مقدار تابع هدف را بهبود بخشد ادامه دهید تا جائیکه به یک جواب قابل قبول برسید که دیگر بعد از آن قابل بهبود نباشد. که آن جواب ، جواب بهینه می باشد.

٤- خاتمه مراحل تکرار

برای پیدا کردن یک جواب قابل قبول همسایه در روش سیمپلکس بدین صورت عمل می کنیم که یک متغییر پایه را به متغییر غیر پایه تبدیل کرده و یک متغیر غیر پایه را به جای آن قرار می دهیم.

بر اساس این قانون ، روش سیمپلکس به یک مسئله برنامه ریزی خطی تبدیل می شود که موضوع آن ، انتخاب یک زوج متغیر پایه و غیر پایه در هر مرحله تکرار است به طوری که با جا به جایی محل آن دو متغییر ، مقدار تابع هدف حداکثر بهبود را پیدا می کند.

با اعمال روش سیمپلکس ، حل مسئله تعیین آرایش شبکه را با یک جواب قابل قبول اولیه شروع می نماییم یعنی یک آرایش اولیه برای شبکه در نظر می گیریم که شعاعی باشد (مثلاً کلیدهای S_3 و S_4 به حالت عادی باز باشند.) در شبکه شکل (۱) ، X_3 و X_4

متغییرهای پایه هستند (با ارزش حالت ۱) و بقیه متغییرها همگی متغییر غیر پایه می باشند (با ارزش حالت 0). بر اساس معادله (۲) بازای یک جواب قابل قبول خاص ، فقط و فقط یک سری از مجموعه محدودیت صادق می باشند. به عنوان مثال برای حالت اولیه ای که در نظر گرفتیم فقط معادله (۱ – ۲) صدق میکند چون در حالت فرض شده کلیدهای S7 و S8 وصل بوده و در نتیجه $X7 + X8 = 0$ است.

طبق روش سیمپلکس ، برای پیدا کردن یک جواب قابل قبول همسایه در هر مرحله تکرار ، در یکی از حلقه های شبکه که معادله (۲) تعیین می نماید. یک کلید را که به حالت عادی باز بوده وصل می کنیم (به متغیر غیر پایه تبدیل می نماییم). و کلید دیگری را که به حالت عادی وصل بوده باز می کنیم (به متغییر پایه تبدیل می نمائیم). در حل یک مسئله برنامه ریزی خطی ،انتخاب یک زوج از متغیرهای پایه و غیر پایه مطرح است که با ارزیابی تابع هدف خطی (یا خطی شده ، اگر تابع هدف غیر خطی باشد) تعیین می شوند اما برای مسئله تعیین آرایش شبکه ، انتخاب یک متغیر پایه (پیدا نمودن یک کلید به حالت باز ، که باید وصل شود) می تواند با استفاده از بعضی قواعد عینی و قابل فهم صورت گیرد مثل مقایسه اختلاف ولتاژ دو سر کلیدهایی که به حالت عادی باز هستند. [۳] چون اختلاف ولتاژ بزرگترین دو سر کلید می تواند بدین معنی باشد که وصل شدن آن کلید منجر به کاهش تلفات می گردد.

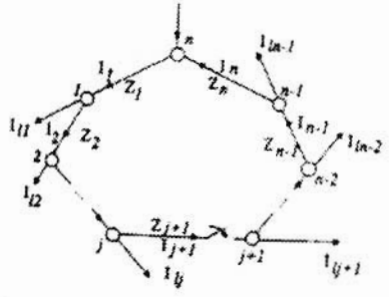
وقتی یک کلید که به حالت عادی باز بوده ، انتخاب و وصل گردید یک حلقه (single loop) در شبکه تشکیل می گردد. برای انتخاب یک متغیر غیر پایه در جهت بهینه نمودن تابع هدف (یعنی پیدا کردن بهترین کلید در حلقه که باید باز گردد) می توانیم مستقیما" تغییرات خط در حلقه را بررسی نماییم (که در بخش ۳ مورد بحث قرار گرفته است). بنابراین خطی نمودن تابع هدف که در عمل بسیار مشکل خواهد بود برای تعیین زوج متغیرهای پایه و غیر پایه خیلی ضروری نمی باشد. این روند بهینه سازی (single loop optimization) همانند روش سیمپلکس می تواند تا زمانی که به یک آرایش خاصی از شبکه برسیم که بهینه سازی بیشتر دیگر ممکن نباشد ، ادامه پیدا کند.

همان طوری که در بالا نشان داده شد روش بهینه سازی تک حلقه ای از به کار بردن اصول روش سیمپلکس در مسئله تعیین آرایش شبکه نتیجه گیری می شود که در بخش بعد با ارائه مثالی توضیح داده شده است. [۳ ، ۲]

۳- بهینه سازی تک حلقه ای

چنان که اشاره گردید مسئله تعیین آرایش شبکه می تواند به صورت یک مسئله بهینه سازی تک حلقه ای مطرح شود. در هر مرحله تکرار ، بعد از انتخاب و وصل نمودن کلیدی که در حال عادی باز بوده است مسئله به پیدا کردن یک کلید وصل در حلقه تبدیل می شود که با باز نمودن آن تلفات خط بتواند مینیمم گردد. چون عمل نمودن یک کلید الگوی پخش بار در شبکه را تغییر می دهد زمان محاسبه برای حل پخش بار در شبکه های پیچیده اغلب پر هزینه می باشد اما توسط محققان نشان داده شده است [۲، ۱] که در تعیین آرایش شبکه ، جهت ساده نمودن محاسبات پیچیده می توان بارهای شبکه را با جریانهای ثابتی مدل سازی نمود.

شکل (۲) یک حلقه نمونه از یک شبکه معمولی را نشان می دهد فرض میکنیم کلید بین گره j و گره j + 1 که به حالت عادی باز بوده ، وصل گردد و جریانهای بار (I_{li} (I = 1 2 ...) در گره ها ثابت باشد.



شکل (۲)

طبق قانون KVL و KCL جریان عبوری از هر شاخه خط در حلقه می تواند به صورت زیر محاسبه شود :

$$I_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} Z_j \Big/ \sum_{i=1}^{n} Zi \cdot I_{li} \qquad (۳)$$

$$I_i = I_{i-1} - I_{li-1} \quad \text{و} \quad i=2,3,...,n$$

مجموع تلفات خطوط حلقه توسط رابطه زیر داده می شود :

$$Loss = \sum_{i=1}^{n} r_i . |I_i|^2 \qquad (٤)$$

حال وقتی یک کلید در حلقه باز می شود (مثلا" کلید بین گره j و گره j + 1) جریان هر شاخه خط به اندازه $\Delta I = -I_{j+1}$ تغییر کرده و افزایش تلفات زیر را باعث می شود :

$$\Delta Loss = \sum_{i=1}^{n} r_i . |\Delta I|^2 + 2.\mathrm{Re}(\sum_{i=1}^{n} r_i . I_i . \Delta I^*)$$

(۵)

از دو جمله رابطه بالا مشاهده می شود که تعیین افزایش تلفات ، محاسبه بسیار کمی را لازم دارد زیرا مقادیر r_1 و I_1 با تعیین کلیدی که در حلقه باید باز شود تغییر نمی کنند. با استفاده از رابطه (۵) بهترین کلیدی که باید باز شود با پیدا کردن مینیمم افزایش تلفات در رابطه با کلید خاص در حلقه تعیین می شود.

روند جستجو می تواند از کلیدی که در ابتدا باز بوده شروع شده و در یک جهت حلقه با انتخاب تک تک کلیدها (به عنوان کلید بسته ای که باید باز شود) به طرف گره منبع حرکت نماییم تا به افزایش تلفاتی که مینیمم می باشد برسیم. اگر در اولین کلید از یک جهت ، بهبودی در تلفات صورت نگیرد نتیجه می گیریم که هیچ تصحیحی در این جهت صورت نخواهد گرفت و باید جهت دیگر را انتخاب کنیم. اگر در جهت دیگر نیز بهبودی نسبت به کلید اصلی که در ابتدا باز بوده مشاهده نشود نیاز به تعویض کلیدهای باز و بسته نبوده و کلید اصلی به حالت باز باقی می ماند. این روند با انتخاب تک تک کلیدهایی که به حالت عادی باز می باشند ادامه پیدا کند تا این که به آرایش ویژه ای از شبکه برسیم که هیچ بهبودی در هیچ یک از حلقه های شبکه امکان پذیر نباشد که آن حالت ، آرایش بهینه شبکه می باشد [۲] .

٤- کاربرد روش با ارائه یک مثال نمونه :

شکل (۳) یک شبکه ۲۰ کیلوولت را که از بخشی از شبکه توزیع برق تبریز انتخاب شده است نشان می دهد. این شبکه توسط فیدر (۵) پست ۱۳۲/۲۰ کیلوولت روشنایی تغذیه شده و از ۲٤ پست توزیع و ۲۹ خط ارتباطی بین آنها تشکیل شده است.

هر شاخه خط با یک کلید در ارتباط است بارهای شبکه در جدول (۱) و امپدانس های خط در جدول (۲) آمده است. همان طوری که در شکل (۳) نشان داده شده آرایش شبکه در ابتدا شعاعی بوده و همه کلیدهای ارتباطی باز می باشند که اگر همه آنها به حالت وصل در آیند پنج حلقه مستقل تشکیل می شود. برای رسیدن به آرایشی از شبکه که تلفات در آن مینیمم باشد و در ضمن شرط شعاعی بودن رعایت شده و هیچ گونه باری را حذف نکنیم باید پنج و فقط پنج کلید انتخاب شوند که به حالت عادی باز باشند.

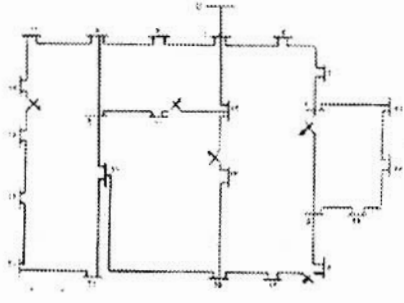
با به کارگیری روش بهینه سازی تک حلقه ای و شروع از حالت اولیه نشان داده شده در شکل (۳) آرایش بهینه شبکه بعد از شش مرحله تکرار به دست می آید. (شکل ٤)

نتایج به دست آمده که شامل جوابهای میانی در هر مرحله تکرار می باشد در جدول (۳) نشان داده شده است.

جدول (۳) همچنین تلفات کل واقعی در رابطه با هر یک از آرایش های میانی را نشان می دهد. در هر مرحله تکرار ، اختلاف ولتاژ دو سر کلیدهایی را که به حالت عادی باز می باشند مقایسه کرده و کلیدی را که اختلاف

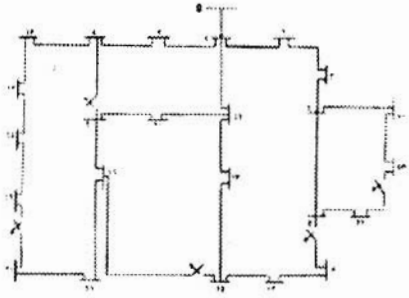
ولتاژ دو سر آن ماکزیمم باشد برای وصل انتخاب می کنیم.

طبق نتایج به دست آمده ، تلفات مینیمم شبکه برای آرایش بهینه آن ۵۰/۲۷۹ است که در حدود ۲۷٪ نسبت به تلفات کل شبکه آرایش اولیه (٦٩/٣١٤) بهبود پیدا کرده است. و کمتر از ۱٪ با تلفات مینیمم تئوریکی (٤٩/٩٣٨) (حالتی که شبکه حلقوی و همه کلیدها به حالت وصل باشند) اختلاف دارد. می توان نشان داد که آرایش به دست آمده از حل مسئله ، مستقل از ساختار اولیه شبکه بوده و با شروع از شرایط اولیه مختلف تنها می توان به یک جواب بهینه رسید. در شرایطی که در بعضی از شبکه ها ممکن است به دلیل بعضی محدودیتها از قبیل محدودیت ولتاژ باس یا ظرفیت خط ، تعدادی از کلیدزنی های غیر موثر حذف نشده و تعداد واقعی مورد نیاز برای سوئیچینگ بیشتر از این هم باشد.



شکل ۳ : آرایش اولیه شبکه

بنابر این بر حسب آرایش و گستردگی یک شبکه با تعداد زیاد کلید در بسیاری موارد جهت رسیدن به حالت بهینه شبکه با حداقل تلفات عمل کرده پیش بینی شده برای بعضی کلیدها در طی مراحل بهینه سازی غیر ضروری بوده و هیچ تاثیری در رسیدن به آرایش نهایی نخواهند داشت. لذا برای انتقال از آرایش اولیه شبکه به حالت بهینه آن با حداقل تعداد کلید زنی نیاز به ارائه یک طرح جامع سویچینگ می باشد تا از تعداد کلید زنی های غیر ضروری اجتناب به عمل آید.[٤ ، ٢]



شکل ٤ : آرایش بهینه شبکه

جدول (۱)- مقادیر توان اکتیو و راکتیو پستهای شبکه

شماره پست	نام پست	$P_{L(kw)}$	$Q_{L(kvar)}$	شماره پست	نام پست	$P_{L(kw)}$	$Q_{L(kvar)}$
۱	یکتا	۳۹۰	۲۹۲	۱۳	بهداری لشکر	۳۶۰	۲۷۰
۲	مسجد رفیع	۵٤۰	٤۰۵	۱٤	چهار راه حافظ	۳۵۰	۲۶۲
۳	میدان چوپور	۳۶۰	۲۷۰	۱۵	نامور	٤۸۰	۳۶۰
٤	غباث	٤۶۰	۳٤۵	۱۶	کوچه صدر	۵۲۰	۳۹۰
۵	مریم ننه	۱۷٤۰	۱۳۰۵	۱۷	شهرداری	٤۲۰	۳۱۵
۶	مارالان	٤۵۰	۳۳۷	۱۸	مقصودیه	۷۰۰	۵۲۵
۷	استادیوم	۱۶۰	۱۲۰	۱۹	حاج اسماعیل	۳۰۰	۲۲۵
۸	بیمارستان زنان	۶۰۰	٤۵۰	۲۰	حاج جبار نایب	۳۰۰	۲۲۵
۹	بی سیم قدیم	۲۸۸	۲۱۶	۲۱	مقابل پادگان	۶۰۰	٤۵۰
۱۰	صفاری	۱۰۰	۷۵	۲۲	باغ صفری	۳٤۰	۲۵۵
۱۱	مخابرات جدد	۳٤۰	۲۵۵	۲۳	فاسوبندچی	٤۵۰	۳۳۷
۱۲	ژاندارمری	۳۹۰	۲۹۲	۲٤	شهید جدیری	۵۲۰	۳۹۰

جدول (۲)- اطلاعات خطوط شبکه

شماره خطوط	R (اهم)	X (اهم)	شماره خطوط	R (اهم)	X (اهم)
۱ — ۰	۰/۰۷۶٤	۰/۰٤۸۹	۱۰ — ۹	۰/۰۷۱۳	۰/۰۲۵۶
۲ — ۱	۰/۰۷۵۰	۰/۰٤۸۰	۱۱ — ۹	۰/۰۷۳۵	۰/۰٤۷۰
۳ — ۲	۰/۰۷۷۲	۰/۰٤۹٤	۱۵ — ۱۱	۰/۰۷۵۰	۰/۰٤۸۰
٤ — ۳	۰/۰۷۱۳	۰/۰٤۵۶	۱۵ — ۱۳	۰/۰۸۲۳	۰/۰۵۲۶
۵ — ٤	۰/۰۶۷۶	۰/۰٤۳۲	۱۳ — ۱۲	۰/۰۸۰۱	۰/۰۵۱۲
۶ — ۵	۰/۰۷۵۷	۰/۰٤۸٤	۱۶ — ۸	۰/۰۷۰۶	۰/۰٤۵۱
٤ — ۲۲	۰/۰۶۹۸	۰/۰٤٤۷	۱۷ — ۱۶	۰/۰۷۵۷	۰/۰٤۸٤
۲۲ — ۲۳	۰/۰۷۷۹	۰/۰٤۹۸	۱۸ — ۱۷	۰/۰۸۹۶	۰/۰٤۸۰
۲۳ — ۲٤	۰/۰۷٤۲	۰/۰٤۷۵	۱۹ — ۱۸	۰/۰۸۸۷	۰/۰٤۷۵
۵ — ۲٤	۰/۰۷۰۶	۰/۰٤۵۱	۲۰ — ۱۹	۰/۰۹۲۳	۰/۰٤۹٤
۱ — ۷	۰/۰۷۲۰	۰/۰٤۶۰	۲۱ — ۲۰	۰/۰۹۶۸	۰/۰۵۱۹
۷ — ۸	۰/۰۶۸٤	۰/۰٤۳۷	۲۱ — ۱۱	۰/۰۸۰۶	۰/۰۵۱۷
۱ — ۱۲	۰/۰۷۷۲	۰/۰٤۹٤	۱٤ — ۶	۰/۰۷۲۸	۰/۰٤۶۵
۱۰ — ۱۲	۰/۰۷٤۲	۰/۰٤۷۵	۱۵ — ۱٤	۰/۰۷۰۶	۰/۰٤۵۱
۸ — ۹	۰/۰۸۰۶	۰/۰۵۱۷			

جدول (۳)- نتایج افت ولتاژ روی کلیدها و تغییرات تلفات توان در هر مرحله تکرار

مراحل تکرار	۱		۲		۳		٤		٥		٦	
کلیدهایی که در حالت عادی به حالت باز میباشند و اختلاف ولتاژ دو سر آنها بر حسب ولت می باشد	شماره کلید	ΔV	شماره کلید	ΔV	شماره کلید	ΔV	شماره کلید	ΔV	شماره کلید	ΔV	شماره کلید	ΔV
	۱۷ - ۱۸	٦٦	۱۷ - ۱۸	٥۳	۱۷ - ۱۸	٥۳	۱۹ - ۲۰	۲	۱۹ - ۲۰	۲	۱۹ - ۲۰	۲
	۱۰ - ۱۲	۷۸	۱۰ - ۱۲	٥۱	۱۰ - ۱۲	٥۱	۱۰ - ۱۲	٤٤	۸ - ۹	۱۱	۸ - ۹	۱۱
	۱۲ - ۱۳	۱۰٦	۱۱ - ۱٥	٥۱	۱۱ - ۱٥	٤٦	۱۱ - ۱٥	۳۳	۱۱ - ۱٥	۹	۱۱ - ۱٥	۹
	٤ - ٥	۳٥	٤ - ٥	۳٦	٤ - ٥	۲۹	٤ - ٥	۲۹	٤ - ٥	۲۹	۲۳ - ۲٤	۲
	٦ - ۱٤	۲۹	٦ - ۱٤	٦٥	٥ - ٦	۳۷	٥ - ٦	۳۷	٥ - ٦	۲۷	٥ - ٦	۳
کلید انتخاب شده برای وصل	۱۲ - ۱۳		٦ - ۱٤		۱۷ - ۱۸		۱۰ - ۱۲		٤ - ٥			
کلید انتخاب شده برای قطع	۱۱ - ۱٥		٥ - ٦		۱۹ - ۲۰		۸ - ۹		۲۳ - ۲٤			
تلفات کل (kw)	٦۹/۳۱٤		٥۹/۱۸۳		٥۷/ ۷٤۸		٥٤/۹۹۹		٥۲/۰۳۲		٥۰/۲۷۹	

(جدول ۳)

۵- نتیجه گیری :

در این مقاله شرحی سیستماتیک درباره روش بهگزینی تک حلقه ای برای تعیین ساختار بهینه شبکه های توزیع با کمترین میزان تلفات ارائه گردید و نشان داده شد که روش بهگزینی تک حلقه ای در حقیقت از اصول تکنیکی روش سیمپلکس منتج شده است.

همچنین روش ساده و موثری برای تعیین وضعیت کلیدها در یک حلقه جهت مینیمم کردن تلفات خط پیشنهاد گردید. در خاتمه یک طرح سویچینگ برای رسیدن به آرایش بهینه با حداقل تعداد کلیدزنی ارائه شده و مثالی از یک شبکه نمونه مورد مطالعه قرار گرفت که نتایج به دست آمده رضایت بخش بود.

فهرست منابع :

[1]- M . E . Baron , F . F . Wu , " Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and load Balancing ", IEEE Trans . on power Delivery , vol . 4 , No . 2 , PP 1401 – 1407 , April , 1989 .

[2]- Ji . Y . F , L . Zhang , J . D . Mc Donald , " Distribution Net work Reconfiguration : Single loop optimization" IEEE Trans . on power Delivery vol . 11 , No . 3 , August 1996 . PP 1643 – 1647

[3]- S . K Goswami , S . K . Basu , " A New Alogoritm for the Recnfiguration of Distribution feeders for loss Minimization" , IEEE Trans on power Delivery , vol . 7 , No – 3 , pp 1482 – 1491 , July , 1992 .

٤- اطلاعات شبکه توزیع ۲۰ کیلوولت موجود در امور (۱) برق تبریز