بسمه تعالی

هفتمین کنفرانس شبکه‌های توزیع نیروی برق

انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران

کد مقاله: DNAU117

نوع پذیرش: ارائه

بکارگیری اتوماسیون جهت کاهش تلفات قسمتی از شبکه توزیع شهرستان بهبهان

الهه مشهور
کارشناس ارشد برق-قدرت
شرکت توزیع نیروی برق خوزستان

رحمت اله هوشمند
دکتری برق-قدرت
دانشگاه شهید چمران اهواز

چکیده :

در این مقاله ضمن بررسی کلی اجزاء تلفات الکتریکی و امکان کاهش آنها به بیان روشی ابتکاری جهت کاهش تلفات ژول در شبکه پرداخته می شود. این روش که بر اساس تحقیقات محققین تقریبا سریع بوده و با احتمال بالایی جواب نزدیک به بهینه را ارائه می دهد بر روی قسمتی از شبکه ۳۳ کیلوولت شهرستان بهبهان واقع در شرق استان خوزستان پیاده سازی و نتایج ارائه می شوند.

۱-مقدمه

میزان سرمایه گذاری برای سیستم توزیع در هر کشور تقریبا معادل سرمایه گذاری در تولید و انتقال می باشد[۱] و لذا توزیع نقش اساسی را در اقتصاد هر کشور بازی می کند. از این رو سیستم توزیع باید از نظر اقتصادی در بهینه ترین حالت ممکن باشد و در ضمن کلیه محدودیت های موجود در شبکه مانند افت ولتاژ مجاز در خطوط، حدودظرفیت مجازنقاط تغذیه و ظرفیت تحمل جریان در خطوط را تأمین نماید [۲] . یکی از مسائل بسیارحائزاهمیت در طراحی وبهره برداری از سیستم های توزیع ، مسأله تلفات می باشد . اگر چه انرژی الکتریکی به انحاء مختلف در سیستم های برق رسانی تلف می شود ولی بطور کلی تلفات را می توان در سه دسته اساسی : ۱- تلفات ناشی از مسائل فنی ۲- تلفات ناشی از عوامل مدیریتی ۳- تلفات ناشی از عوامل فنی- مدیریتی تقسیم بندی نمود [۳] . بخش فنی تلفات شامل تلفات ژول در خطوط، تلفات بی باری ترانسفورماتورها، تلفات در راکتورها و کاپاسیتورها و ... با طراحی اصولی شبکه توزیع قابل تقلیل می باشد، اگرچه هیچگاه نمی توان این بخش از تلفات را به صفر رساند. بخشی ازتلفات مانند اتلاف انرژی ناشی از استفاده غیر مجاز از برق ، اتلاف انرژی ناشی از اشتباهات محاسباتی یا از قلم افتادن نام برخی از مشترکین و موارد دیگر را که تحت تاثیر عوامل مدیریتی حادث می شوند، توسط راهکارهای مدیریتی می توان کنترل کرد . در این میان بخشی از تلفات انرژی در شبکه ضمن اینکه ماهیت فنی دارند در اثر بهره برداری ناصحیح افزایش می یابند. از جمله این موارد می توان به گردش بی مورد توان اکتیو و راکتیو در شبکه ، پائین بودن

[1]. Heuristic

ضریب قدرت ، عدم تقارن فازها ، عدم تناسب بانکهای خازنی با نیاز مصرف و ... اشاره کرد.بر این اساس باید گفت اگر چه یکی از مسائلی که در طراحی بهینه سیستم توزیع مد نظر قرار می گیرد ، امکان بهره برداری مطلوب از شبکه می باشد ، لیکن سیستم های توزیع با توجه به ماهیت خود نیازمند نظارتی مداوم جهت تغییر یا بهبود بهره برداری هستند. یکی از مسائل با اهمیت در سیستم های توزیع تنوع بارها و تغییرات منحنی[2] بارها در ساعات مختلف روز یا فصول مختلف سال می باشد [٥-٤]. تغییر منحنی بارها باعث می شود که در بعضی از ساعات روز یا بعضی از فصول سال ، تعدادی از فیدرها کم بار تر وتعدادی پربارتر شوند . پربار شدن فیدرها از یکسو به علت افزایش جریان فیدر ، باعث افزایش تلفات اهمی سیستم و افزایش افت ولتاژ فیدر شده وکیفیت سرویس دهی را تضعیف می کند . از سوی دیگر با کاهش بار بعضی از فیدرها ، ترانسفورماتورهای فشار ضعیف و احیانا فشار متوسط توزیع کم بار می شوند . از آنجا که راندمان ماکزیمم ترانس در نقطه ای قابل حصول است که تلفات مسی و آهنی با هم مساوی باشند ، کم بار شدن ترانسفورماتورها اگر چه تلفات مسی را نسبت به حالت پربارتر کاهش می دهد، لیکن باعث پائین آمدن راندمان ترانس می شود. بعبارت دیگر در مقام مقایسه ، نسبت توان تلف شده به توان ورودی افزایش می یابد [٦]. با توجه به مسائل مطرح شده ، یک سیستم توزیع حتی با طراحی بهینه ممکن است تحت شرایطی قرار بگیرد که عملکردش بهینه نباشد. از اینجا ایده بهینه سازی در بهره برداری از شبکه های توزیع بطور اساسی به ظهور می رسد. بهینه سازی می تواند شامل اهداف مختلفی از قبیل کنترل توان راکتیو با نصب خازن اتوماتیک ، کاهش تلفات ، متعادل سازی بار فیدرها ، متقارن سازی فیدرها در سطح فشار ضعیف و ..... باشد . بهینه سازی شبکه های توزیع به منظور کاهش تلفات از طریق اتوماسیون از مسائل قابل توجه محققین سیستم های توزیع می باشد [١٠-٤] . از آنجاکه که در طول این فرآیند هیچ عنصر خارجی به شبکه توزیع وارد نمی شود ، این کار تقریبا بی هزینه بوده و همین مسأله اهمیت آن را دو چندان کرده است.

٢- اتوماسیون شبکه‌های توزیع

درخطوط فشارمتوسط شبکه توزیع دو نوع کلید وجود دارد . کلیدهای حالت عادی وصل که بخش‌های یک فیدر را بهم وصل می کنند و کلیدهای حالت عادی قطع که دو فیدر فشار متوسط ، دو پست فشار متوسط یا شاخه‌های انشعابی را بهم وصل می کنند . کلیدهای نوع اول به تقسیم کننده و کلیدهای نوع دوم به ارتباط دهنده موسوم هستند . این کلیدها به دو منظور حفاظت و اعمال مدیریت در اتوماسیون شبکه استفاده می شوند. الگوریتم‌های بهینه‌سازی اتوماسیون شبکه‌های توزیع به دنبال کلیدهائی هستند که با بازکردن بعضی و بستن بعضی دیگری تلفات سیستم کاهش یابد . در اتوماسیون سیستم‌های توزیع پس از انجام اتوماسیون باید :

١- کلیه بارهای سیستم تغذیه شوند.
٢- ترکیب شعاعی سیستم حفظ شود.
٣- حدود جریانها ، ولتاژها و توانهای انتقالی رعایت شوند.
٤- تاحد امکان کمترین کلیدزنی در سیستم صورت گرفته باشد .

روشهای متعددی جهت یافتن بهترین گزینه‌های کلیدزنی یا بعبارتی بهترین آرایش ارائه گشته که از آن جمله میتوان به روش تبادل شاخه [٧]،روش جستجوی ابتکاری[٨] ، روش پخش باربهینه[٩] ، شبیه‌سازی سردشدن تدریجی فلزات[١٠] ، الگوریتم ژنتیک[١١] و ... اشاره کرد .

٣- روش پیشنهادی

این روش که کارآیی آن در مراجع [٨]و[٩] به اثبات رسیده با درنظرگرفتن تمام انتخابهای کلیدزنی ممکن روی گزینه‌ای عمل می کند که بیشترین مقدار کاهش تلفات را موجب شود و این فرآیند را آنقدر تکرار می کند که هیچ کاهش تلفات دیگری

---

2. Profile

امکان‌پذیر نباشد. اگر آرایش منتجه پس از هر مرحله باعث نقض حدود جریانها و ولتاژها شود ، از گزینه‌ای که باعث ایجاد این آرایش شده چشم‌پوشی و آرایش پیش از آن برای ادامه کار درنظرگرفته می شود. برای کاهش تعداد انتخابهای کلیدزنی از دو قانون زیر استفاده میشود :

۱- انتقال بارها از فیدری که دارای افت ولتاژ بیشتری نسبت به منبع می باشد به فیدری که دارای افت ولتاژ کمتری نسبت به منبع می باشد باعث کاهش تلفات میشود .
۲- هنگامی که افت ولتاژ قابل توجهی در دو سر یک کلید حالت عادی باز وجود داشته باشد ، امکان کاهش تلفات وجود دارد .

بدین ترتیب با تلفیق دو قانون فوق در هر بار اجرای الگوریتم، پس از انجام محاسبات پخش‌بار و تعیین کلید حالت عادی باز با بیشترین میزان افت ولتاژ ، این کلید بسته میشود و جستجو برای کلیدی که باید باز شود در سمتی صورت میگیرد که دارای افت ولتاژ بیشتری نسبت به منبع می‌باشد . برای انتخاب شاخه‌ای که باید باز شود ، گرهی بر روی فیدر دارای افت ولتاژ بیشتر نسبت به منبع جستجو می شود که از دو طرف به آن جریان وارد می شود . این گره اصطلاحا نقطه ژرف نامیده می شود . یکی از شاخه‌های طرفین نقطه ژرف که حامل جریان کمتری است برای باز شدن انتخاب می شود .

پس از هربار بازکردن یک کلید مجددا پخش‌بار در سیستم انجام می شود و پس از بررسی تأمین قیود جریانها و ولتاژها ، کلید حالت عادی باز با بیشترین اختلاف ولتاژ در دو سر انتخاب می شود . این روند تا جایی ادامه می یابد که در یک دوره پس از بررسی تمام کلیدهای حالت عادی باز هیچ کاهش تلفاتی در شبکه امکان پذیر نباشد. روند نمای کلی الگوریتم پیشنهادی در شکل (۱) نشان داده شده است.

۳ - ۱ پخش‌بار

پخش‌باری که برای کاربردهایی مانند اتوماسیون سیستم‌های توزیع مورد استفاده قرار می گیرد باید اولا قابلیت تطبیق با هر تغییری در ساختار شبکه مانند ورود یا خروج عناصر به شبکه را داشته باشد و ثانیا به اندازه کافی سریع باشد. روش پیش‌رو - پس رو دارای این ویژگیها می باشد . این روش پخش‌بار دارای سرعت بسیار بالایی بوده و جوابهای آن تقریبی هستند ، لیکن از آنجائی که در الگوریتم پیشنهادی تغییر در میزان تلفات ملاک تصمیم‌گیری واقع میشود (نه خود تلفات)، این روش پخش بار مناسب می باشد .

٤- پیاده‌سازی الگوریتم پیشنهادی بر شبکه عملی

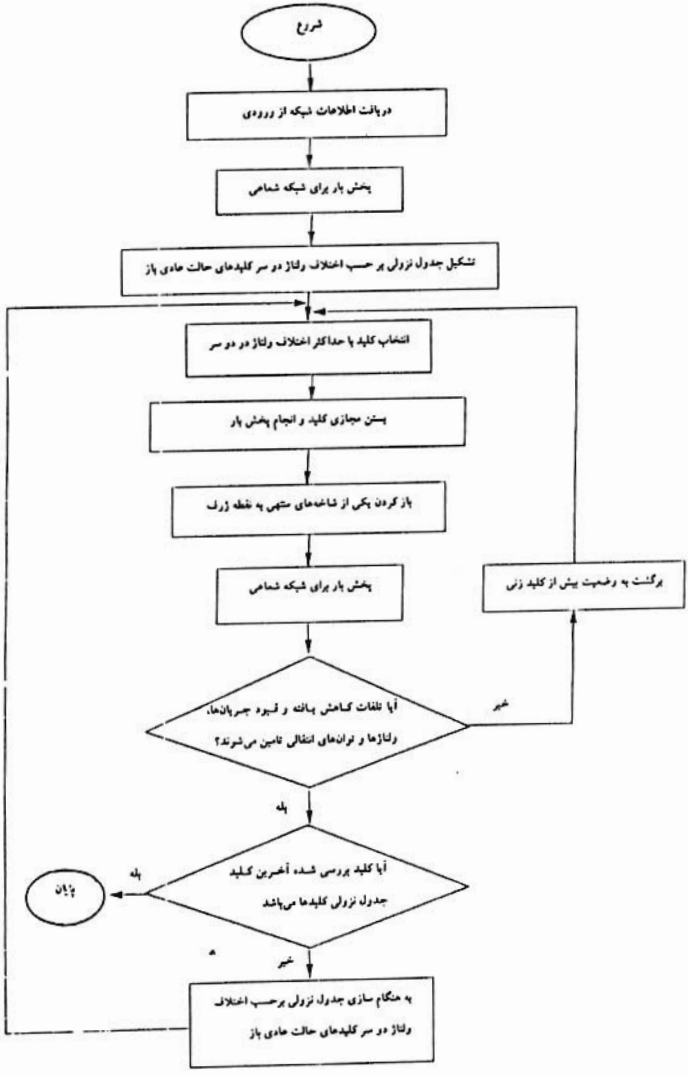
فیدرهای ۵۰۴۲ ایستگاه اصلی بهبهان و ۵۰۳۲ ایستگاه فرعی خیبر از شبکه ۳۳ کیلوولت شهرستان بهبهان بعنوان شبکه آزمون عملی مورد استفاده قرار گرفته‌اند . این دو فیدر در مجموع دارای ۱۴۳ ترانس توزیع هوایی بوده و حداکثر بار آنها ۲۰ مگاوات می باشد. دیاگرام تک خطی شبکه مورد مطالعه در شکل (۲) نشان داده شده است.

منطقه ذکر شده با توجه به نحوهٔ شماره‌گذاری شاخه‌ها و گره‌ها دارای ۲۳۶ گره می باشد که از این تعداد ۱۴۳ گره دارای بار می باشند. در شبکه مذکور۵ کلید حالت عادی باز وجود دارد که سه تا از آنها بین فیدرهای ۵۰۳۲ ایستگاه خیبر و ۵۰۴۲ ایستگاه اصلی بهبهان و دو تا از آنها بین انشعابات ایستگاه اصلی بهبهان واقع شده‌اند. این کلیدها عبارتند از ۲۴۶-۱۸ ، ۲۴۷-۴۵ ، ۲۶۲-۱۴۳ ، ۱۳۲-۱۲۳ ، ۱۶۱-۱۲۹. در این تحقیق فرض می شود روی هر کدام از شاخه های شبکه یک کلید حالت عادی بسته وجود دارد.

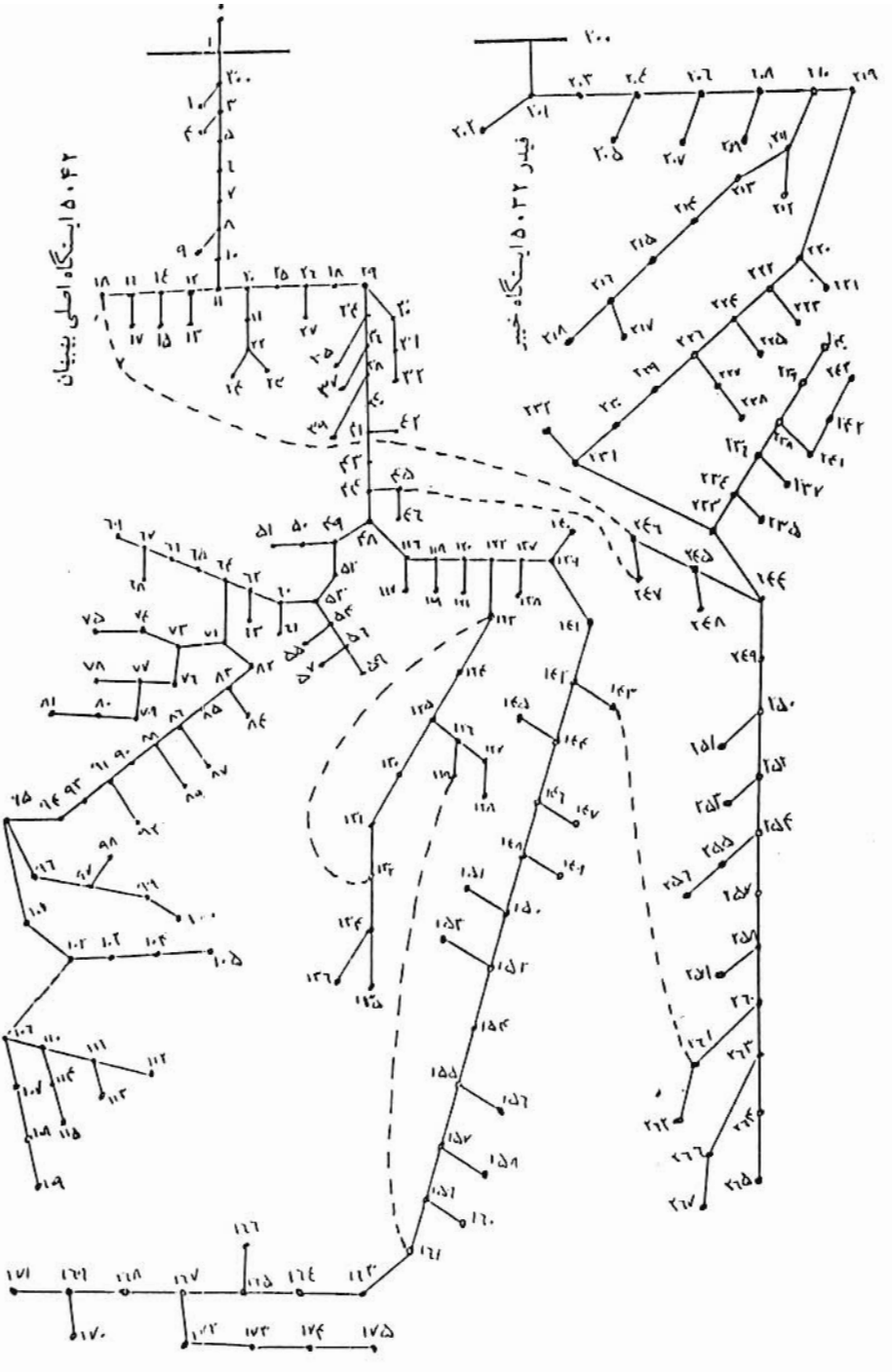
حداکثر جریان مجاز انشعاب اصلی این دو فیدر ۳۷۱ آمپر و درنتیجه حداکثر قدرت انتقالی مجاز آنها ۲۱ مگولت آمپر می باشد، لیکن به دلیل محدودیت ظرفیت ترانس ۳۳ کیلوولت ایستگاه فرعی خیبر، حداکثر توان انتقالی فیدر ۵۰۳۲ این ایستگاه به ۱۰/۵ مگاولت آمپر محدود می شود. در انشعابات فرعی که جنس سیم عوض می شود، حداکثر جریان مجاز سیم و حداکثر توان انتقالی این انشعابات با توجه به جنس سیم درنظر گرفته

شده و حداکثر افت ولتاژ مجاز ۷ ٪ فرض می شود.

با انجام یک پخش بار برای شبکه مورد مطالعه، توان انتقالی از فیدر ۵۰۳۲ ایستگاه فرعی خیبر ۵/۷ مگاولت آمپر و توان انتقالی از فیدر ۵۰۴۲ ایستگاه اصلی بهبهان ۱۳/۶ مگاولت آمپر، حداکثر افت ولتاژ ۵/۷ درصد و تلفات اهمی سیستم ۰/۰۲۲۷۶۰۴۸ پریونیت تعیین می شود.



شکل (۱) :روندنمای کلی الگوریتم پیشنهادی



شکل (۲) : دیاگرام تک خطی قسمتی از شبکه ۳۳ کیلوولت شهرستان بهبهان

جدول (۱) نتایج حاصل از پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی بر شبکه موردنظر را نشان می دهد.روش پیشنهادی پس از هفت مرحله به آرایش نهایی که از دید تلفات بهینه شده دست یافته است. بدین ترتیب تلفات سیستم در آرایش بهینه الگوریتم پیشنهادی، ۰/۰۱٦٤۸۹۳۳ پریونیت می باشد که نسبت به آرایش ابتدایی شبکه ۲۷/۵٪ کاهش را نشان می دهد. همچنین حداکثر افت ولتاژ سیستم از ۵/۷۱۸۸ ٪ در ساختار اولیه به ٤/٦٤۳۲٪ در آرایش بهینه رسیده که ۱/۱ ٪ کاهش را نشان می دهد.

جدول (۱) : نتایج حاصل از پیاده سازی الگوریتم پیشنهادی بر شبکه مورد مطالعه

شماره آرایش	شاخه های وارد شونده به شبکه	شاخه های خارج شونده از شبکه	تلفات کل سیستم(pu)	درصد حداکثر افت ولتاژ
۱	۱۳۲-۱۲۳	۱۲۵-۱۲٤	۰/۰۲۲۷۵۸٤۱	۵/۷۱۸۸
۲	۱۹۱-۱۲۹	۱۲۹-۱۲۹	۰/۰۲۲۷۵۷۸۱	۵/۷۱۸۷
۳	۱۲۵-۱۲٤	۱۳۰-۱۳۱	۰/۰۲۲۷۵۰۹٦	۵/۷۱۸٦
٤	۱۳۰-۱۳۱	۱۲۵-۱۳۰	۰/۰۲۲۷۵۰۵۸	۵/۷۱۸٦
۵	۱۲۹-۱۲۹	۱۲۹-۱۹۱	۰/۰۲۲۷٤۳۷۹	۵/۷۱۸۵
٦	۱٤۳-۲۹۱	۱٤۱-۱٤۲	۰/۰۲۰۰۰۰۱۱	۵/۱۰۸۱
۷	۱۲۵-۱۳۰	۱۳۳-۱۳۲	۰/۰۱٦٤۸۹۳۳	٤/٦٤۳۲

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به بیان عوامل بروز تلفات در شبکه توزیع و امکان کنترل یا کاهش آنها پرداخته شد. بخش فنی تلفات با طراحی اصولی شبکه قابل تقلیل می باشد، اگرچه هیچگاه نمی توان این بخش از تلفات را به صفر رساند. بخش مدیریتی تلفات توسط راهکارهای مدیریتی قابل کنترل می باشد. اما بخشی از تلفات ضمن اینکه ماهیت فنی دارد در اثر بهره برداری ناصحیح افزایش می یابد. برای کنترل این قسمت از تلفات ضمن طراحی اصولی شبکه، بهینه سازی در بهره برداری مد نظر قرار می گیرد. اتوماسیون سیستم های توزیع گامی در جهت کنترل این بخش از تلفات می باشد. انجام اتوماسیون علاوه بر اینکه تلفات سیستم را کاهش می دهد باعث بهبود پروفیل ولتاژ نیز می گردد که این مطلب در نتایج حاصل از انجام اتوماسیون بر روی قسمتی از شبکه ۳۳ کیلوولت شهرستان بهبهان به خوبی مشاهده می شود.

مراجع :

[۱] :
پ.بی تعب ،" *طراحی بهینه شبکه های توزیع نیرو با استفاده از روش هوشمند (الگوریتم ژنتیک)* "، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت، دانشگاه تربیت مدرس، تابستان ۱۳۷٤.

[2] :
E.Lakervi & E.J.Holmes, "*Electricity Distribution Network Design*", Peter Peregrinuse Ltd. , 1989.

[۳] :
ق.حیدری، " *بررسی تلفات الکتریکی در شبکه برق رسانی* " ، شرکت سهامی برق منطقه ای تهران، معاونت برنامه ریزی و تحقیقات، ۱۳۷۸.

[4]:
C.S.Chen,M.Y.Cho, "*Energy Loss Reduction by Critical Switches*", IEEE Trans. On Power Delivery, Vol.8 , No.3 , PP.1246-1253, July 1993.

[5]:
R.P.Broad Water,A.H.Khan,H.Shaalan,R.E.Lee , " *Time Varying Load Analysis to Reduce Distribution Losses Through Reconfiguration*",IEEE Trans. On Power Delivery,Vol.8,No.3,PP.294-300,Janury 1993.

[٦] :
الهه مشهور،" *بهینه سازی اتوماسیون سیستم های توزیع با استفاده از الگوریتم فازی* " پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق - قدرت، دانشگاه شهید چمران اهواز، اسفند ۱۳۷۹.

[7]:
Baran,M.E., F.F.Wu , "*Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing*" ,IEEE Transaction on Power Delivery,Vol.4, No.2 , PP. 1401-1407, April 1989.

[8]:
Goswami,S.K., Basu,S.K.,"*A New Algorithm for the Reconfiguration of*

Distribution Feeders for Loss Minimization", IEEE Transaction on Power Delivery,Vol.7, No.3 , PP. 1484-1491, July 1992.

[9]:
T.P.Wanger,A.Y.Chikhani,R.Hacham , "*Feeder Reconfiguration for Loss Reduction : an Application of Distribution Automation* ", IEEE Trans. On Power Delivery Vol.6,No.4,PP.1922-1933, October 1991.

[10]:
Chiang,H.D., Jeam_Jumeau,R, "*Optimal Network Reconfiguration in Distribution System : part 1: a New Formulation and a Solution Methodology*", IEEE Transaction on Power Delivery,Vol.5, No.4 , PP. 1902-1908, November 1990.

[11]:
K.Nora,A.Shiose,M.kitagawa,T.Ishihara, "*Implementation of Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Re-Configuration*", IEEE Trans. On Power Systems,Vol.7,No.3,PP.1044-1051,August 1992.