روشی نوین در تجدید آرایش شبکه های نا متعادل توزیع با استفاده از جابجایی شاخه ها

سید محمد هادی تابعی
شرکت سهامی برق منطقه ای کرمان
(smh_tabeai@yahoo.com)

چکیده:

کاهش تلفات انرژی الکتریکی همواره از اهداف شرکتهای توزیع بوده ,حال آنکه مهم تر از تلفات انرژی، تلفات توان میباشدکه افزایش ظرفیت مفید نیروگاهها را نیزبهمراه دارد.بازآرایی ساده ترین و کم هزینه ترین روش برای تامین هدف فوق است . در این مقاله روشی ابتکاری برای بازآرایی شبکه نامتعادل توزیع مطرح می شود,تابع هدف مورد نظر کاهش تلفات توان می باشد هر چند که امکان بهبود پروفیل ولتاژ و متعادل تر شدن شبکه نیز از نتایج این بازآرایی خواهد بود.در روش پیشنهادی بادقت خوبی یک جفت از شاخه ها برای تغییر به منظورانجام بالاترین صرفه جویی تلفات انتخاب میگردد.انتخاب شاخه و فرایندهای تغییر تا مرحله ای که معلوم شود بیش از این امکان کاهش تلفات وجود ندارد ادامه پیدا میکند.برای پخش بار از روش جمع قدرتها استفاده گردیده است.نرم افزار تجدید آرایش بیان شده درمحیط Matlabتهیه گردیده و بر روی قسمتی از شبکه توزیع نمونه امتحان شده است.

کلمات کلیدی : سیستم های توزیع انرژی ، تلفات الکتریکی، تجدید آرایش، پخش بار.

1-مقدمه

بخش قابل توجهی از انرژی اکتریکی در هادی ها به صورت تلفات ژول به هدرمی رود، یکی از روش های برآورد تلفات انرژی اکتریکی در بخشی از شبکه های توزیع نیرو بکارگیری برنامه های کامپیوتری پخش بار می باشد,که از این طریق امکان برآورد تلفات,در قسمتی ازشبکه وآنهم بطور تقریبی میسر می گردد.در یک دوره مشخص تلفات انرژی از مجموع تلفات لحظه ای توان حاصل میشود، بهمین دلیل در صد تلفات در ساعت پیک به مراتب بیشتر از در صد متوسط تلفات انرژی میباشد[1] . در نتیجه کاهش تلفات در ساعت پیک باعث آزادسازی ظرفیت نیروگاهها به مقدارقابل توجهی میگردد.

شبکه های توزیع به صورت شعاعی بهره برداری می گردند,(بخاطر سادگی حفاظت) اما برای کمک به باز یابی برق مصرفی مشترکین در مقابل خطا,اغلب انشعاب ها به صورت حلقوی تهیه میشوند.بارها در طی روز ,روزهای تعطیل وفصول متفاوت می باشند,هر کدام از انواع بارها (مسکونی,تجاری وصنعتی)دارای پروفیل زمانی متفاوتند وهر فیدر ترکیبی از انواع بارهای متفاوت را تغذیه می کند. بنابراین بار نمونه انشعاب ها بطور دایم در حال تغییر

است واین یک فرصت برای نگهداشتن تلفات در یک مقدار می نیمم با تغییر ساختار شبکه های توزیع میباشد[5] . یکی از روشهای مشهور در کاهش تلفات شبکه های توزیع با استفاده از تجدید آرایش اوّلین بار توسط مرلین وبک معرفی شد[6] . تجدید آرایش به منظورهای مختلفی از جمله کاهش تلفات,متعادل کردن بار فیدرها,اصلاح پروفیل ولتاژ,بازیابی حداکثر بارها بعد از وقوع خطاو... انجام پذیر است . نبودن سیستم دیسپاچینگ در بخش توزیع ونبودن کلیدهای با قابلیت کنترل ازراه دور ماهیت بازآرایی را درکشور ما با سایر کشورهای پیشرفته متفاوت می سازد لذا توجه به تعداد کلیدزنی وزمان انجام آن ضروری است.در بخش 2 پخش بار مورد استفاده در مقاله ودر بخش3 روش بازآرایی شبکه آورده شده و بخشهای 4و5 شامل نتایج حاصل از این بازآرایی بر روی شبکه نمونه می باشد.

2-پخش بار سه فاز به روش جمع قدرتها

مطالعات بروی روشهای پخش بار گوس سایدل ونیوتن رافسون نتایج مطلوبی برای استفاده درشبکه های توزیع نداشته است.روشهای مخصوص پخش بار شبکه های شعاعی در سیستم توزیع توسعه یافته است که اغلب از روشهای نردبانی،جمع جریانهاوجمع قدرتها استفاده شده است.روش نردبانی یک مانع اصلی درمیان زیر فیدرهای سیستم دارد زیراهرکدام از آنها نیازمند یک زیر تکرار می باشد،همگرایی این روش برای سیستم های قدرت مناسب نیست ، برای یک سیستم با بار نامی روش جمع جریانها و جمع قدرتها در تکرار یکسان همگرا می شود ولی وقتی بار افزایش می یابد فقط روش جمع قدرتها همگرا است [8].

در این مقاله برای پخش بار از روش جمع قدرتهای ساده شده که در مرجع[8 و7] آمده است استفاده شده است.این روش شامل دو پروسه پس رو و پیش رو است.در ضمن از تزویج بین فازها نیز صرفنظر شده است.

2-1-روش حل

ولتاژ شین مرجع را برابر (pu) 1 در نظر گرفته و ولتاژ سایر شین ها را یکنواخت فرض می کنیم.الگوریتم تکراری شامل دو مرحله است:

2_1_1)پس رو: در تکرار k ام، از شاخه های لایه آخر شروع کرده وبه طرف شاخه های متصل به شین مرجع حرکت می کنیم. توان اکتیو و راکتیو عبوری از شاخه I ام ،بصورت زیر محاسبه می شوند:

$$P\,i = P\,Li + \sum Pk + \sum R\,k \quad \frac{P_K^2+Q_K^2}{V_K^2} \qquad (1)$$

$$Q\,I = Q\,Li + \sum Q\,k + \sum Xk \quad \frac{P_K^2+Q_K^2}{V_K^2} \qquad (2)$$

عملگر$\sum$ بر روی شاخه های تغذیه شده از شاخه i ام محا سبات را انجام می دهد.

2_1_2) پیش رو: ولتاژهای گره ای در یک حرکت پیش رو با شروع از شاخه های ابتدایی متصل به شین مرجع به سمت بقیه لایه ها در انتها محاسبه می شوند. ولتاژ هر شین با داشتن توان اکتیو و راکتیو عبوری از شاخه ها با استفاده از روابط زیر محاسبه می شوند:

$$V_i = (V_j^2 - 2(P_i R_i + Q_i X_i))^{\frac{1}{2}} \qquad (3)$$

روابط ذکر شده در بالا در مرجع [7] اثبات شده است که در آن:

$V_j - V_i$: اندازه ولتاژ در شین های i و j که به ترتیب سرانتهایی و ابتدایی شاخه i ام می باشند .

$R\,i \quad X\,i$: *مقاومت وراکتانس مربوط به شاخه* i ام می باشد.

$P\,i \quad Q\,i$: توان اکتیو و راکتیو عبوری از *شاخه* i ام می باشد.

$P\,Li, QLi$: توان اکتیو و راکتیو بار متصل به شین i ام می باشد.

تکرار مراحل(2 ـ1ـ1) و (2ـ1ـ2) تا حدی که به همگرایی برسیم .

2-2-روش شمار ه گذاری شاخه ها و شین ها

در مرجع [9] آقای شیر محمدی شماره گذاری شاخه ها را برای حل پخش بار جمع جریانها به روش پس رو وپیش رو به این ترتیب بیان داشته است که به شاخه ها در لایه های بعد از شین مرجع ، عدد می دهیم وشماره گذاری شاخه های دریک لایه بعد ازهمه شاخه های لایه قبلی انجام می گیرد. امّا روش شمار ه گذاری فوق برای استفاده در تجدید آرایش شبکه به دلیل جابجایی شاخه ها وتغییر ساختار شبکه عملی نبوده ، به همین خاطر روش شماره گذاری زیر را پیشنهاد می دهیم.

روش شماره گذاری به این ترتیب است که شمارهٔ تمام شین های تغذیه کننده شبکه رابرابر صفر گرفته وشینهای دیگررا از1تا **n** به دلخواه نامگذاری می نماییم،شمارهٔ هر شاخه ها برابر شمارهٔ شینی است که تغذیه می کند،درنتیجه شمارهٔ شاخه ها درساختارهای متفاوت یکسان نمی باشد ،اما شمارهٔ شینها همواره ثابت است .این طرح شماره گذاری بسیار ساده وقابل فهم است ودربرنامهٔ پخش بار اجرا شده است .

2-3- معیار همگرایی

معیار همگرایی دراین پخش بارفقط اندازه ولتاژ شین ها می باشد، به این ترتیب که ختم محاسبات پخش بار تاجایی که اختلاف ولتاژ محاسبه شده دردو مرحلهٔ متوالی ازحد قابل قبولی کوچکتر باشد، ادامه می یابد [8] .

3-بازآرایی به منظور کاهش تلفات

3-1-روش جابجایی شاخه ها

جابجایی شاخه ها بایک ساختار شعاعی اولیه که قیود درآن رعایت شده است شروع می شود یکی از شاخه های حلقه ساز بسته شده وسپس شاخهٔ دیگر درحلقه ایجاد شده باز می شود . اینچنین شکل شعاعی شبکه حفظ می شود . جفت شاخه ها بااستفاده ازروشهای ابتکاری و فرمولهای تقریبی برای تغییر دادن تلفات انتخاب می شود .فرآیند جابجایی شاخه ها وقتی متوقف می شود که کاهش بیشتر تلفات مقدور نباشد [5] .

3-2- روش محاسبه شاخه با کمترین جریان

موقعیکه شاخهٔ بین گره های **x-y** به سیستم اضافه می شود، یک حلقهٔ بسته تشکیل می شود وجریان گردشی$\mathbf{I_c}$(از طرف شین **x** به طرف شین **y**) جاری می شود . مقدارجریان I_c برابر است با :

$$Ic = \frac{Vx - Vy}{Zloop} \qquad (4)$$

که $\mathbf{V_x}$و $\mathbf{V_y}$ بترتیب ولتاژهای مختلط در شینهای **x**و **y** می باشند . امپدانس حلقهٔ جمع کل امپدانس شاخه های حلقه می باشد وبرابر است با:

$$Zloop = Zt + \sum_{i \in p} Zi + \sum_{j \in q} Zj \qquad (5)$$

که در آن $\mathbf{Z_t}$ امپدانس خط بین گره هاي **x-y** مي باشدو **p** و **q** به ترتیب مجموعه شاخه هاي متعلق به فیدرهاي $\mathbf{o-x}$ و $\mathbf{o-y}$ هستند .که شین o نزدیکترین شین به شین هاي x,y است که هر دو آنها را تغذیه میکند.همانطور که در مرجع [4] آورده شده است تلفات بارهاي جریان ثابت و ترکیبي تقریبا برابر میباشند وبنابراین مي توانیم دربسیاري از سیستمها که داراي انواع بارها مي باشند، براي سادگي محاسبات فرض کنیم که این سیستمها فقط داراي بار جریان ثابت مي باشند . در اینجا نیز این فرض میتواند درنظر گرفته شده است. لذا جریان شاخه ها درسیستم حلقه بسته را مي توان بصورت زیر نوشت [11] . که در آن Ij,Ii جریان شاخه هاي j,i قبل از بستن شاخة بین گره هاي **x-y** مي باشد.

$$I = \begin{cases} Ii + Ic & i \in p \\ Ij - Ic & j \in q \end{cases} \qquad (6)$$

3-3- روش انتخاب جفت شاخه ها وشرط همگرایی محاسبات

پس از هربار پخش بار،مقدار تلفات شبکه درهر آرایش محاسبه می شود . درروش پیشنهادی بعد از پخش بار ولتاژ دوسر شاخه هایی که در حالت عادی باز می باشند محاسبه شده وشاخه ای که اختلاف ولتاژ دوسر آن حداکثر است بسته می شود . درمرجع[10] نشان داده شده است که باانتقال بار ازبخش ولتاژ پایین یک فیدر به بخشی که ولتاژ بیشتری دارد،تلفات شبکه کاهش می یابد . بنابراین پس از بسته شدن شاخۀ مذکور شاخه ای که ازآن جریان کمتری عبور می کند، باز شده و شعاعی بودن شبکه حفظ می گردد .این کار برای هر فاز بطور جداگانه صورت می پذیرد و سه شاخۀ بسته، کاندیدای باز شدن می گردند وسه آرایش جدید بوجود می آید .آنگاه مجددا پخش بار برای این سه آرایش انجام شده وتلفات هر سه شبکه محاسبه می گردد.ازمیان این سه آرایش،آرایشی که تلفات آن کمترمی باشد بعنوان کاندیدای تجدیدآرایش انتخاب می گردد، درصورت کاهش یافتن تلفات این آرایش نسبت به آرایش قبلی شبکه،این آرایش جایگزین آرایش قبلی می گردد. ختم محاسبات تاجایی که اختلاف تلفات محاسبه شده دردو مرحلۀ متوالی ازحد قابل قبولی کوچکتر باشد، ادامه می یابد .

3-4- رعایت قیود درمسألۀ تجدید آرایش

3-4-1) شبکه نباید دارای حلقه باشد که درالگوریتم فوق بدلیل اینکه وقتی شاخه ای بسته می شود شاخۀ دیگر باز می شود ، این قید رعایت می گردد .

3-4-2) محدودیت افت ولتاژ :در این مورد نیز بدلیل اینکه شاخه ای که دارای جریان کمتری است(از یکی از دو انشعابی که قبل از بسته شدن شاخه تشکیل دهنده حلقه ,شاخه انتهایی آن دارای ولتاژ کمتری می باشد با رعایت محدودیت افت ولتاژ)باز می گردد،بار ازبخش ولتاژ پایین یک فیدر به بخشی که ولتاژ بیشتری دارد منتقل می شود، در نتیجه امکان بهبود پروفیل ولتاژی وجود خواهد داشت.

3-4-3) محدودیت ظرفیت خط : دراین روش برای رعایت این قید علاوه بر شرط کاهش تلفات در تغییر ساختار شبکه، شرط اینکه جریان عبوری از شاخه ها بیشتر از ظرفیت خط نباشد نیز اعمال میگردد .

4-نتایج بازآرایی بروی یک شبکه متعادل واقعی

در این بخش نرم افزار را بر روی یک شبکه واقعی که قسمتی از شبکه توزیع غرب اهواز است اجرا کردیم.این شبکه دارای 24 خط و دو شین اصلی و16 شین فرعی می باشد،این شبکه در مرجع[2] با استفاده از الگوریتم ژنتیک مورد بازآرایی قرارگرفته است که جواب آن باز شدن خطوط بین شین های (15و2)،(6و3)،(10و4) ،(8و4)،(7و8)، (9و7)،(11و9)و(13و12)میباشد

همچنین این شبکه در مرجع[3] با استفاده از روش کلید گشایی ترتیبی مورد بازآرایی قرار گرفته است که جواب آن باز شدن خطوط بین شینهای(15و2)،(16و15)،(10و4)،(8و5)،(7و8)،(9و10) ،(11و9)و(13و12) میباشد.

از آنجا یی که روش جابجا یی شاخه ها نیاز به ساختار اولیه دارد برای بازآرایی شبکه مورد بحث ابتدا یک ساختار فرضی ودر مرحله دوم ساختار بهنیه الگوریتم ژنتیک ودر مرحله سوم ساختار بهنیه روش کلید گشایی ترتیبی به عنوان ساختار اولیه درنظر گرفته شد که در هر سه حالت بازآرایی شبکه توسط روش ارایه شده در این مقاله منجر به باز شدن خطوط بین شین ها ی (15و2)، (6و3)،(10و4) ،(8و5)،(7و8)،(5و4)،(9و10)و(13و12) شد.تلفات و ولتاژ هر کدام از شبکه های آرایش های فوق در جداول(1و2)آورده شده است.

5-نتایج بازآرایی بروی یک شبکه نا متعادل

در این بخش شبکه قبلی را که دارای بار متعادل بود به صورت یک شبکه نا متعادل در آوردیم به این ترتیب که بار یک فاز را همان بار قبلی در نظر گرفتیم ودر فاز دوم برای شین های فرد 5 در صد کاهش بارو برای شین های زوج 5 در صد افزایش بارمنظور کردیم و در فاز سوم برعکس،برای شین های فرد 5 در صد افزایش بارو برای شین های زوج 5 در صد کاهش بارلحاظ شد. نتایج بازآرایی شبکه بدست آمده توسط روش جابجایی شاخه ها دوباره منجر به باز شدن خطوط بین شین ها ی (15و2)، (6و3)،(10و4)، (8و5)،(7و8)،(5و4) ،(9و10) و(13و12)شد.

6-نتیجه گیری

در این مقاله یک روش تجدید آرایش در سیستم های توزیع به منظور کاهش تلفات با استفاده از روش جابجا یی شاخه ها ارایه گردید که میتوان مزایای این روش را به شرح زیر بر شمرد.

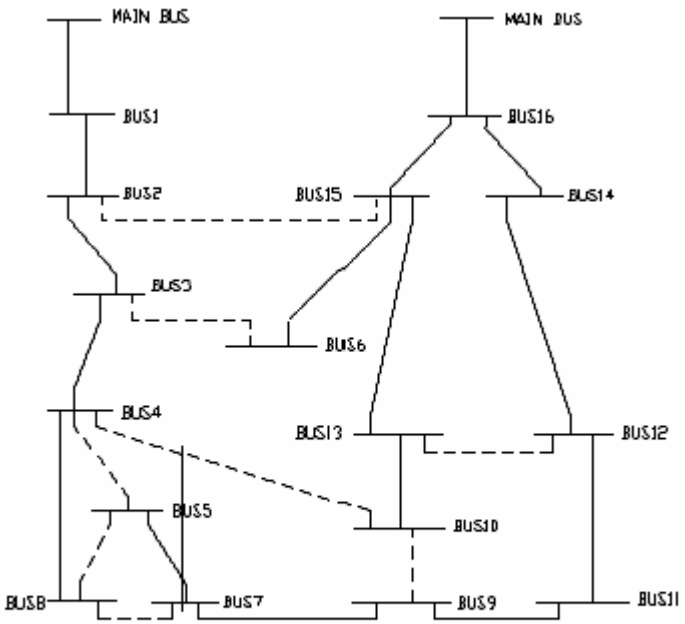
1)پخش بار استفاده شده درآن از دقت خوب وبالایی برخوردار می باشد وباتعدادکمی تکرار همگرا می گردد.

2)در این الگوریتم محدودیت شعاعی بودن شبکه و محدودیتهای ولتاژی و جریانی شبکه برآورده می شود.

3)هر چند زمان رسیدن به جواب آن از روش الگوریتم ژنتیک بیشتر است امّا به جواب بهینه تری می رسیم که دارای تلفات کمتر است.لازم به ذکر است که روش الگوریتم ژنتیک در مثال ارایه شده به جواب بهینه نسبی رسیده بود.و جواب روش کلید گشایی ترتیبی جواب بهینه ای نبود.

4)چون در حال بهره برداری از یک ساختار اولیه مفروض در نظر داریم با کمترین کلید زنی به بیشترین کاهش تلفات دست یابیم روش جابجا یی شاخه ها روشی کاملاً مناسب است.

به علّت اینکه روش پیشنهادی بر اساس جابجایی شاخه ها پایه ریزی شده است نمی توان ادعا کرد که الزاماً به بهینه مطلق دست می یابد و تنها عیب این روش را می توان وابستگی به شکل اولیه شبکه دانست .بهر حال با توجه به وضعیت شبکه های توزیع دوره زمانی برای کلید زنی را می توان فصلی یا حد اکثر ماهیانه در نظر گرفت وبر اساس اطلاعات پیک بار آن دوره زمانی آن شبکه را بازآرایی نمود.



شکل1) قسمتی از شبکه توزیع نمونه

جدول1)ولتاژ شین ها در آرایش های متفاوت شبکه متعادل(pu)

شماره شین	ولتاژ ساختار فرضی اولیه	ولتاژ ساختار بهینه روش الگوریتم ژنتیک	ولتاژ ساختار بهینه روش کلید گشا یی ترتیبی	ولتاژ ساختار بهینه روش جابجایی شاخه ها
1	0.9905	0.9907	0.9873	0.9915
2	0.9827	0.9831	0.9757	0.9851
3	0.9781	0.9787	0.968	0.9816
4	0.9754	0.976	0.965	0.9797
5	0.9754	0.9749	0.9639	0.9781
6	0.9778	0.9852	0.9636	0.9844
7	0.9742	0.9747	0.9634	0.9788
8	0.9751	0.9747	0.9648	0.9795
9	0.9835	0.983	0.9632	0.9799
10	0.9838	0.9833	0.9578	0.9829
11	0.9857	0.9855	0.9894	0.9812
12	0.9863	0.9861	0.99	0.9829
13	0.9844	0.9839	0.9582	0.9833
14	0.9876	0.9874	0.9913	0.9855
15	0.986	0.9855	0.9596	0.9847
16	0.99	0.9897	0.9936	0.9887

همانطور که در جدول (1) مشاهده می شود بهترین پروفیل ولتاژ مربوط به ساختار بهینه روش جابجایی شاخه ها است.

جدول2) تلفات آرایش های متفاوت

روش جابجايي شاخه ها	روش كليد گشا يي ترتيبي	روش الگوريتم ژنتيك	ساختار بهينه
0.065857	0.101929	0.067894	تلفات (pu)

همانطور که در جدول (2) مشاهده می شود تلفات شبکه بهینـه در روش جابجـایی شـاخه هـا از تلفـات شبکه هایی که از بازآرایی به روشهای الگوریتم ژنتیک وکلید گشایی ترتیبی به دست آمده است کمتر می باشد.

جدول3) ولتاژ شین ها(pu)در شبکه نا متعادل قبل وبعد از بازآرایی

	ساختار اولیه			ساختار بهینه		
شماره شـــین	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم	فاز اول	فاز دوم	فاز سوم
1	0.9905	0.9906	0.9904	0.9915	0.9916	0.9915
2	0.9827	0.9827	0.9826	0.9851	0.985	0.9851
3	0.9781	0.9781	0.978	0.9816	0.9815	0.9816
4	0.9754	0.9754	0.9753	0.9797	0.9795	0.9798
5	0.9754	0.9745	0.9744	0.9781	0.9782	0.9779
6	0.9778	0.9778	0.9777	0.9844	0.9844	0.9844
7	0.9742	0.9743	0.9742	0.9788	0.9789	0.9787
8	0.9751	0.9751	0.9751	0.9795	0.9793	0.9796
9	0.9835	0.9835	0.9835	0.9799	0.98	0.9798
10	0.9838	0.9838	0.9838	0.9829	0.9829	0.9829
11	0.9857	0.9855	0.9859	0.9812	0.9812	0.9812
12	0.9863	0.9861	0.9865	0.9829	0.9828	0.983
13	0.9844	0.9844	0.9844	0.9833	0.9834	0.9833
14	0.9876	0.9874	0.9878	0.9855	0.9853	0.9856
15	0.986	0.986	0.986	0.9847	0.9847	0.9847
16	0.99	0.9898	0.9901	0.9887	0.9886	0.9888

درمورد مثال ارایه شده همانطور که از جدول(3) مشاهده می شود در صد کمی عدم تعادل تاثیری بر روی نتیجه بازآرایی شبکه نداشت . البته در شبکه بهینه حداکثر اختلاف ولتاژ بین فاز ها کمتر ازمقدار آن در ساختار اولیه بود.

مراجع:

[1]دکتر قدرت اله حیدری،"بررسی تلفات در شبکه برق رسانی"،چاپ اول،انتشارات تابش برق،خرداد ماه 1378.

[2]سواد پور.ع واصغری.م "تهیه نرم افزار بازآرایی شبکه های توزیع با استفاده از الگوریتم ژنتیک"،پایان نامه کارشناسی ، دانشکده صنعت آب وبرق (شهید عباسپور)،تابستان 79.

[3]احمدی تشنیزی.س "تهیه نرم افزار بازآرایی شبکه های توزیع با استفاده از روش کلید گشایی ترتیبی"،پایان نامه کارشناسی ، دانشکده صنعت آب وبرق (شهید عباسپور)،پاییز80.

[4]همدانی گلشن.م،معلم.م وصامت.ح"تعیین حساسیت تلفات فیدرهای توزیع نسبت به عامل مختلف موثر در آن"،نهمین کنفرانس مهندسی برق ایران ،1380.
[5]Thomas E.McDrmott," A Heuristic Nonlinear Constructive Method for ElectricPower Distribution System Reconfiguration", April 23, 1998 Blacksburg, Virginia
[6]Merlin, A. and Back, H. "Search for a mininimal loss operating spanning tree configuration for an urban power distribution system". Proc. of the Power Systems Computation Conference, Cambridge 1975A
[7] H. Rudnick , Il. Harnisch , R. Sanhueza ," RECONFIGURATION OF DISTRIBUTION SYSTEMS" REVISTA FACULTAD DE INGENIERIA, U.T.A. (CHILE), VOL. 4, 1997
[8] Rudnick, H. and Muñoz, M. "Influence of modeling in load flow analysis of three phasedistribution systems, Proceedings of de 1990 IEEE Colloqium in South America, IEEE Nº90TH0344-2, August- September 1990 pp173-176.
[9]D.Shirmohammadi&H.W.Hong&A.Semlyen&G.X.Luo,"A Compensation Based Power Flow Method For Weakly Meshed Distribution and Transmission
[10] Civanlar, S, Network",on Power Systems, vol 3,No.12,May 1988. "Distribution feeder reconfiguration for loss Minimization.", Proceeding of 9the International Power Systems Conference St.Petersburg ,PP.227_233,1994.
[11]Gos wami,S.K.,"A New Algorithm for the Reconfiguration of Distribution feeder for loss Minimization.",IEE Trans. On Power Delivery,Vol.7,No.3,PP.1484_1490,July 1992.