هشتمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران
۳۰ و ۳۱ اردیبهشت ۱۳۸۲

بررسی امکان پخش بار موازی در شبکه توزیع برق مشهد با توجه به اتوماسیون پست ها

سید علی بربند
modir@meedc.com

علی رضا اسکندری
Eskandari_alireza@yahoo.com

شرکت توزیع نیروی برق مشهد
ایران

کلید واژه ها :
پخش بار – شبکه توزیع - اتوماسیون

چکیده :

روش پردازش موازی در پخش بار یکی از جدید ترین شیوه های موجود در این زمینه می باشد . این روش با استفاده از توان اکتیو و راکتیو فیدر اصلی پارامترهای مجهول سایر فیدرها را محاسبه می کند , بنابراین تعداد مجهولات کم شده و سرعت محاسبات بالا می رود . با توجه به اینکه پستهای موجود در محدوده مشخصی از توزیع برق مشهد به سیستم اتوماسیون مجهز شده , همچنین با وجود سیستم AMR و RU برای قرائت online توان مصرفی امکان استفاده از این تکنیک فراهم شده است . در این مقاله ضمن اشاره به روش پخش بار موازی به بررسی امکان پیاده سازی این تکنیک برای پست های مکانیزه پرداخته می شود .

۱ – مقدمه :

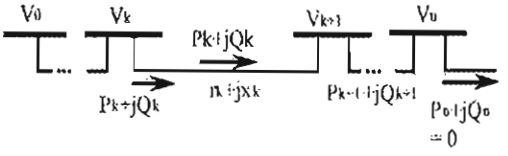
پخش بار سریع در سیستم های توزیع از اهمیت خاصی برخوردار است . از جمله می توان به تصمیم گیری واحد در سطح کل شبکه , انجام مانورهای لازم , جابجایی خازنها یا خازن گذاری , بهینه کردن شبکه یا تجدید ساختار آن , بالانس شبکه و ... اشاره کرد . در این مقاله با توجه به اینکه پخش بار موازی یکی از جدیدترین روش های موجود برای پخش بار شبکه می باشد ابتدا به بررسی این نوع پخش بار پرداخته سپس امکان پیاده سازی این پخش بار را در شبکه توزیع برق مشهد بررسی می کنیم در پایان نیز نتیجه ای که از مدلسازی سیستم پخش بار موازی به طور آزمایشی بدست آمده است ارائه می شود .

۲ – پخش بار در شبکه توزیع :

با توجه به اینکه شبکه های توزیع به صورت شعاعی هستند و همچنین تغییرات r نسبت به x خط بسیار گسترده می باشد بنابراین بهتر است از روش تحلیل رو به جلو و عقب شبکه که یکی از روش های پایه ای برای پخش بار مخصوصا در شبکه های شعاعی است استفاده شود. محدوده تغییرات پارامترهای پخش بار در شبکه های توزیع بسیار گسترده است بنابراین بهتر است از ترکیبی از روش تحلیل رو به جلو و عقب و روش نیوتن رافسون برای دست یابی به همگرایی سریعتر و تعداد تکرارهای کمتر استفاده شود .

۲ – ۱ – بررسی معادلات پخش بار :

با توجه به شبکه نشان داده شده در شکل (۱) پارامترهای مجهول را می توانیم به صورت زیر مدل کنیم



شکل (۱) مدل شبکه

$$P_{k+1} = P_k - P_{loss,k} - P_{Lk+1} \qquad (۱)$$

با جانشین کردن $P_{loss,k} = r_k(\frac{p_k^2 + Q_k^2}{|v_k|^2})$ در معادله (۱) داریم :

$$P_{k+1} = f_p(p_k, Q_k, |v_k|^2)$$

پس با در دست بودن $|v_k|^2, Q_k, p_k$ می توانیم p_{k+1} را به صورت تابعی از این مقادیر تعریف کنیم همچنین داریم:

$$Q_{k+1} = Q_k - Q_{loss,k} - Q_{Lk+1} \qquad (۲)$$

$$Q_{k+1} = f_Q(p_k, Q_k, |v_k|^2)$$

که معادله (۲) نشان می دهد که توان راکتیو در گره k+۱ تابعی از مقادیر $|v_k|^2, Q_k, p_k$ می باشد .

همچنین برای ولتاژ در گره k+۱ ام نیز چنین روابطی برقرار است . (معادلات ۳ و ۴)

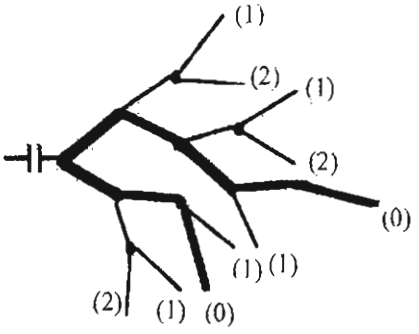
$$V_{k+1} = f_v(p_k, Q_k, v_k) \qquad (۳)$$

$$|v_{k+1}|^2 = f_{v2}(p_k, Q_k, |v_k|^2) \qquad (۴)$$

با توجه به معادلات بالا می توانیم نتیجه بگیریم که پارامترهای مجهول در گره های بالاتر از روی پارامترهای گره های پایین تر بدست می آیند . مجهولات اصلی در گره ای که دارای بیشترین جریان است قرار دارند و عبارتند از p_0, p_0, v_0 ، که این گره همان گره منبع است .

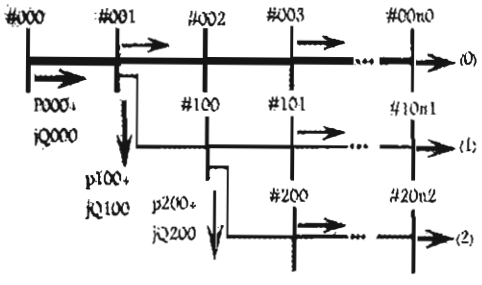
۲-۲-طبقه بندی فیدرها :

طبقه بندی فیدرها به منظور متمایز ساختن فیدر اصلی از سایر فیدرها که همان فیدرهای جانبی هستند انجام می گیرد . در شکل (۲) نمونه ای از یک شبکه شعاعی را مشاهده می کنید.



شکل(۲) نمونه ای از طبقه بندی شبکه

با توجه به شکل نمونه بالا می توانیم سطح بندی را مطابق شکل (۳) انجام دهیم .



شکل(۳) نمونه ای از سطح بندی شبکه برای به کار گیری در عملیات پخش توان موازی

مطابق سطح بندی ارائه شده فیدری که در سطح k است یک شاخه جانبی از فیدر سطح k-۱ ام به حساب می آید . در این نوع سطح بندی فیدر اصلی دارای سطح صفر بوده و انتخاب آن با توجه به تعداد فیدرهای جانبی و گسترش فیدرهای متصل به آن ممکن می باشد .

۳ – پخش بار موازی در شبکه های توزیع :

در این نوع پخش بار محاسبه پارامترهای مجهول برای فیدرهایی که در یک طبقه هستند به طور مستقل انجام می شود . ابتدا با روش جاروب رو به عقب از آخرین فیدر جانبی تا فیدر اصلی یک سری مجهولات را تعیین کرده سپس با استفاده از جاروب رو به جلو از فیدر اصلی تا آخرین فیدر جانبی بقیه پارامترهای مجهول بدست می آیند . برای اینکه نتیجه بهتری حاصل شود بهتر است با یک بار جاروب رو به جلو و عقب یک سری پارامترهای اولیه را بدست آوریم سپس از این پارامترها به عنوان مقادیر اولیه برای روش پخش بار نیوتن رافسون استفاده کنیم . تکرار مراحل تا زمانی انجام می شود که همگرایی حاصل شود . در روش پخش بار موازی برای بدست آوردن پارامترهای یک طبقه کافی است اطلاعات مربوط به طبقه قبل و بعد آن مشخص باشد . برای این کار ابتدا باید در یک شبکه شعاعی طبقه بندی لازم صورت گیرد و سطوح لازم تعیین شود .

انجام مراحل پخش بار به طور خلاصه عبارتند از :

۱) تقسیم بندی و مشخص کردن فیدرها برای عملیات پردازش

۲) انجام محاسبات پخش بار با روش جاروب رو به جلو و عقب

۳) بدست آوردن پارامترهای اولیه

۴) استفاده از روش نیوتن رافسون

۵) تکرار مراحل تا اینکه همگرایی حاصل شود .

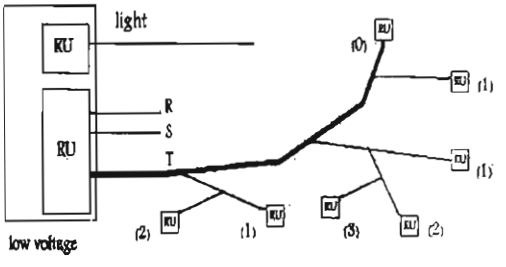
٤ – شبیه سازی :

برای شبیه سازی این سیستم از نرم افزار مطلب استفاده شده است با توجه به اینکه در توزیع دارای دو سطح ولتاژ متفاوت هستیم بنابراین نیاز است که برنامه در دو سطح فشار ضعیف و فشار قوی (۲۰kv) نوشته شود . همچنین باید در نظر داشته باشیم که v_0 مقدار ولتاژ در گره اصلی ثابت بوده و توان اکتیو وراکتیو در آخرین گره صفرمی باشد.

این دو شرط مرزی باید در الگوریتم برنامه مورد توجه قرار گیرد .

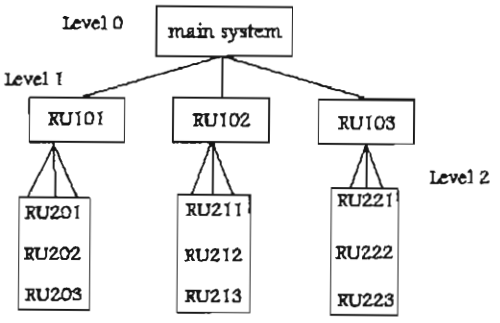
٤ – ۱ – سیستم ورود اطلاعات :

با توجه به مکانیزه کردن پستهای توزیع برق مشهد امکان بدست آوردن توان اکتیو و راکتیو ، ولتاژ ، جریان ، $\cos\varphi$ و سایر پارامترهای هر پست به صورت لحظه ای میسر می باشد . بنابراین اگر شاخه اصلی را در سطح ۲۰kv خروجی پستهای ۱۳۲kv و ۶۳kv در نظر بگیریم می توانیم در سطح فشار قوی اطلاعات مورد نیاز برای پخش بار را از پست مکانیزه به طور کامل بدست آورد. با مشخص کردن سطح بندی فیدرهای ۲۰kv امکان پخش بار موازی در این سطح فراهم می آید که هر پست می تواند پخش بار مربوط به فیدرهای سطح خود را انجام داده و با توجه به اینکه تمام پست ها به دیسپاچینگ به صورت online متصل هستند این امکان فراهم می آید که بتوانیم با مقادیر بدست آمده پخش بار موازی را بین پست ها در این سطح انجام دهیم . در سطح فشار ضعیف با توجه به نصب سیستمهای AMR و RU در محدوده ای از توزیع برق مشهد امکان قرائت online انرژی ورودی و خروجی به شبکه فشار ضعیف و توان مصرفی تک تک مصرف کننده ها فراهم می باشد مطابق شکل (۴) با داشتن اطلاعات مربوط به RU ها می توانیم در هر پست آنالیز مربوط به پخش بار را برای سطح مورد نظر انجام دهیم .



شکل(٤) طریقه قرار گرفتن RU ها و سطح بندی آنها

در شکل (۵) نمونه ای از طبقه بندی سیستم را به صورت بلوک دیاگرام مشاهده می کنید .



شکل (۵) نمایی از دسته بندی سیستم

۵ – نتیجه گیری :

با محاسبه زمان اجرای برنامه توسط نرم افزار مطلب مشخص می شود این روش در تعداد گره های کم با روشهای دیگر تفاوت چندانی ندارد . (ورودی برنامه با توجه به اطلاعات گرفته شده از RU ها و طبقه بندی آنها برای تست استفاده شده است .) از مزیت های این روش می توان به محاسبه مستقل پارامترهای هر یک از فیدرها همچنین بالا رفتن سرعت محاسبات در تعداد گره های زیاد را نام برد . باید توجه داشت که زمان محاسباتی شامل زمان محاسبه پخش بار و زمان ارتباط بین سیستم اصلی و سایر سیستم ها می باشد . که هر چه این زمان کمتر باشد در محاسبه زمان مجموع تاثیر بیشتری دارد .

۶ – مراجع :

[۱]y.Fukuyama and y.nakanishi and H.dong chiang, parallel power flow in electric distribution networks

[۲]B.stott and O.alsac , Fast Decoupled Load flow , IEEE Trans . on power Apparatus and System, Vol. PAS-۹۳, NO.۳,pp.۸۵۹-۸۶۹,may/jun ۱۹۷٤ .

[۳]W.F.Tinny and C.E.Hart , Power Flow Solution by Newton s Method ,IEEE Trans . on power Apparatus and Systems , Vol .PAS-۸٦ , NO .۱۱, pp . ۱٤٤۹-۱٤٦۰ , November ۱۹٦۷.

[٤]M. E. Baran and F. F. Wu, Optimal Sizing of Capacitors Placed on a Redial Distribution System , IEEE Trans. On Power Delivery , Vol. ٤, No. ۱, pp. ۷۳۵-۷٤۳, January ۱۹۸۹.

[۵]H. D. Chiang, A Decoupled Load Flow Method for Distribution Power Networks: Algorithms, Analysis, and Convergence Study , Electrical Power & Energy Systems, Vol. ۱۳, No. ۳, June ۱۹۹۱.

[٦]D. Shiomohammadi, rt al., A Compensation-based Power Floe Method for Weakly Meshed Distribution and Transmission Networks , IEEE Trans. On power Systems, Vol. ۳, No. ۲, pp. ۷۵۳-۷٦۲, ۱۹۸۸.

[۷]H. D. Chiang and Rene Jean-Jumean, Optimal Network Reconfigurations in Distribution Systems: part ۱ : A New Formulation and A Solution Methodology , IEEE Trans. On Power Delivery, Vol. ۵, No. ٤, pp. ۱۹۰۲-۱۹۰۹, November ۱۹۹۰.

[۸]N. D. R. Sarma, et al, Real Time Service Restoration in Distribution Networks , IEEE PES Winter Meeting ۹٤ WM.۰٦۹-۵ PWRD

[۹]T. Leighton, Introduction to Parallel Algorithms and Archtectures: Arrays, Trees, Hypercubes, Morgan Kaufmann, ۱۹۹۲.