دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی برق

پایان‌نامه کارشناسی

مهندسی برق - قدرت

عنوان:

روش های پخش بار در شبکه های توزیع در حضور تولیدات پراکنده و مسایل حفاظتی آن

استاد راهنما :

دکتر سعید جلیل زاده

نگارنده :

محمد فرجی

بهار 1393

فهرست مطالب

چکیده.....1

فصل اول: پخش بار سیستم های توزیع.....3

1-1-معادلات ولتاژ برای شبکه های توزیع.....4

1-2-شرح خلاصه ای از الگوریتم جاروب رفت و برگشت..... 5

فصل دوم: منابع تولید پراکنده.....**8**

2-1-تولید پراکنده(DG).....9

2-2-مدل سازی DG.....10

2-3- مدلسازی ذخیره سازها در محاسبات پخش بار.....19

فصل سوم: مسائل حفاظتی 23

3-1- تاثیر در خروج بی موقع(sympathetic tripping).....

3-2- کور شدن حفاظت (protection blinding).....

3-3- خطای بازبست(Failure of the reclosing).....

3-4-نتایج.....

فصل چهارم: شبیه سازی

4-1-شبیه سازی یک ریز شبکه ی نمونه.....26

چکیده

بدلیل ویژگی های متفاوت ساختار شبکه های توزیع، ازقبیل شعاعی بودن و نسبت R/X بالا، آنالیز پخش بار سیستم توزیع به میزان قابل توجهی متفاوت از سیستم انتقال می باشد. بر این اساس، تعدادی از روش هایی که خصوصا برای حل مشکل پخش بار در سیستم توزیع شعاعی طراحی شده بیشتر روش های توسعه یافته مبتنی بر فرآیند جاروب پس رو/ پیش رو برای حل شبکه های نردبانی می باشد[1].

در چند دهه گذشته کارآمدی و اعتماد پذیری تکنیک های حل پخش بار، مانندگوس سایدل، نیوتن رافسون و fast decouple توسعه یافته است و به طور گسترده برای بهره برداری سیستم قدرت، کنترل و برنامه ریزی استفاده می شود. با این حال مکرر نشان داده شده است که این روش ها ممکن است در تجزیه و تحلیل سیستم های توزیع با توجه به ویژگی های خاص این گونه از شبکه ها مانند ساختار شعاعی، نسبت R/X بالا،خطوط un-transposed، و بارهای نامتعادل تکفازودوفاز ناکارآمدباشند.علاوه براین ماتریس های شبکه توزیع به طور کلی نامرغوب هستندواین ممکن است باعث بروز مشکلات عددی در الگوریتم های پخش بار مرسوم شود. این ویژگی ها باعث می شود که محاسبات پخش بار سیستم توزیع متفاوت باشد و تا حدودی تجزیه و تحلیل آن در مقایسه با تجزیه و تحلیل پخش بار سیستم های انتقال دشوارتر شود [1].

به تازگی بدست آوردن راه حل پخش بار شبکه های توزیع مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته است. بر این اساس، روش های متفاوتی برای انجام تجزیه وتحلیل سیستم های توزیع شعاعی متعادل و یا نامتعادل در دسترس می باشد. روش های ارائه شده برای حل سیستم های توزیع شعاعی نامرغوب به دو دسته ممکن تقسیم بندی می شوند: اولین روش، به وسیله اصلاح مناسب روش های موجود از جمله NR و GS بکار می رود. از سوی دیگر دومین گروه از روش ها مبتنی بر فرآیند جاروب رفت وبرگشت با استفاده از قوانین کیرشف و یا استفاده از معادله درجه دوم مشخص می باشد[1].

از طرفی با افزایش نفوذ تولید پراکنده (DG)[1] شبکه توزیع از یک شبکه انفعالی (که فقط بارها به آن متصل هستند) به یک شبکه فعال (که شامل بارها و تولیدکنندگان می اشد) تغییر ماهیت می دهد. یکی از مشخصات اصلی در این شبکه های توزیع فعال، یا شبکه های هوشمند، امکان تزریق توان نه نتها از یک شین بلکه از چندین شین مختلف توزیع به شبکه است. که مزیت هایی از قبیل مدیریت بهتر منابع، کاهش تلفات،

---

[1]- Distributed Generation

کاهش هزینه ها و ارائه سرویس دهی بهتر به مصرف کنندگان را به همراه دارد. که این امر با استفاده از نیروگاه های کوچک که معمولا به عنوان تولیدهای پراکنده (DG) شناخته شده اند انجام می شود[2]. این امر نیازمند این است که در استراتژی تحلیل سیستم توزیع تغییراتی حاصل شود. یکی از ابزارهای مهم و اساسی برای تحلیل هر سیستم قدرت چه در مرحله طراحی و چه در طول بهره برداری، برنامه پخش بار می باشد. یکی از چالش های اخیر در محاسبات پخش‌بار توزیع نفوذ تولید پراکنده در شبکه توزیع می باشد. در حضور تولید پراکنده، روش های متداول پخش بار برای سیستم توزیع دیگر کارایی ندارد و لازم است در این روشها تغییراتی حاصل شود تا DGها که عموما در شبکه توزیع بصورت گره های PVیا PQ مدل می شوند در محاسبات وارد شوند.

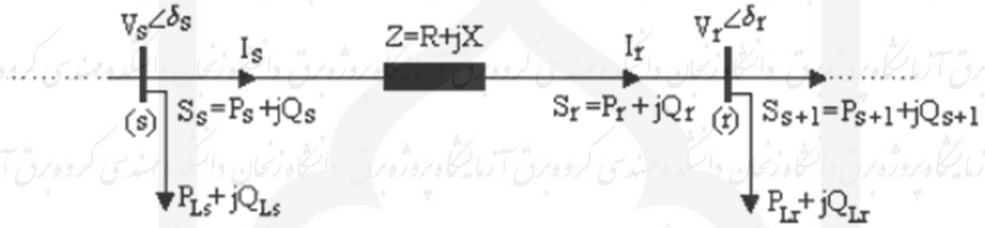
در فصل اول به بیان نحوه محاسبات پخش بار در سیستم های توزیع پرداخته، در فصل دوم منابع تولید پراکنده را شرح داده و نحوه مدل‌سازی آنها در محاسبات پخش بار بررسی می شود و در فصل سوم به مسائل حفاظتی و در نهایت در فصل چهارم نتایج شبیه سازی منابع تولید پراکنده در محاسبات پخش بار آورده شده است.

فصل اول

پخش بار سیستم توزیع

1-1-معادلات ولتاژ برای شبکه های توزیع

یک مدل خط توزیع همانطور که در شکل 1-1 داده شده است در نظر بگیرید.



شکل1-1: سیستم توزیع دو شینه[1]

توان اکتیو و راکتیو سمت گیرنده به صورت زیر نوشته می شود:

$$P_r = \frac{V_s V_r}{Z}\cos(\theta_z - \delta_s + \delta_r) - \frac{V_r^2}{Z}\cos(\theta_z) \qquad (1a)$$

$$Q_r = \frac{V_s V_r}{Z}\sin(\theta_z - \delta_s + \delta_r) - \frac{V_r^2}{Z}\sin(\theta_z) \qquad (2b)$$

که در آن V_sو V_r به ترتیب اندازه ولتاژ فاز در شین s و r هستند، وZ اندازه امپدانس خط می باشد θ_z و δ_s و δ_r به ترتیب زاویه فاز امپدانس و ولتاژ شین ها می باشد. معادلات $(1a)$ و (2b)را می توان به صورت زیر بازنویسی کرد

$$\cos(\theta_z - \delta_s + \delta_r) = \frac{P_r Z}{V_s V_r} + \frac{V_r}{V_s}\cos(\theta_z) \qquad (2a)$$

$$\sin(\theta_z - \delta_s + \delta_r) = \frac{Q_r Z}{V_s V_r} + \frac{V_r}{V_s}\sin(\theta_z) \qquad (2b)$$

با استفاده از روابط مثلثاتی

$$cos^2(\theta_z - \delta_s + \delta_r) + sin^2(\theta_z - \delta_s + \delta_r) = 1 \qquad (3)$$

و جایگزینی معادلات (2a) و (2b) در معادله(3) فرم عمومی معادله درجه دوم داده شده در معادله 4a را داریم:

$$V_r^4 + 2V_r^2(P_r R + Q_r X) - V_s^2 V_r^2 + (P_r^2 + Q_r^2)V^2 = 0 \qquad (4a)$$

بزرگترین ریشه حقیقی معادله فوق اندازه ولتاژ گیرنده را می دهد. ولتاژ سمت گیرنده خط نیز می تواند بر حسب توان ارسالی و ولتاژ سمت فرستنده نوشته شود:

$$V_r = \sqrt{V_s^2 - 2(P_s R + Q_s X) + \frac{(P_s^2+Q_s^2)Z^2}{V_s^2}} \qquad (4a)$$

برای همین خط داده شده در شکل 1، قانون ولتاژ کیرشف (KVL) می تواند در فرم مختلط به صورت زیر نوشته شود

$$(5a) \quad \bar{V}_s = \bar{V}_r + \bar{I}_s Z$$

$$\bar{V}_r = \bar{V}_s - \bar{I}_s Z \qquad (5b)$$

معادلات(4a)، (4a)، (5a) و (5b) همواره برای محاسبه ولتاژ گره فرستنده و گیرنده شاخه برای الگوریتم های مبتنی بر جاروی پس رو/ پیش رو در شبکه های شعاعی استفاده می شوند[1].

2-1-شرح خلاصه ای از الگوریتم جاروب رفت و برگشت

روشی که به طور گسترده برای انجام پخش بار در شبکه های توزیع به کار گرفته می شود، روش پس رو/ پیش رو می باشد. الگوریتم پخش بار مبتنی بر جاروب رفت و برگشت شرایط توپولوژی شبکه شعاعی را دارد. این روش برای اولین بار توسط برگ و دیگران مطرح شده و توسط شیرمحمدی و دیگران توسعه داده شده است. این روش به صورت تکراری تا رسیدن به همگرایی تکرار می شود. در هر تکرار بارهای شبکه به صورت جریان ثابت مدل سازی می شوند. هر تکرار شامل دو مرحله می شود: مرحله اول که در آن جریان هر یک از شاخه های شبکه با جمع نمودن جریان بار شین ها محاسبه می شود (مرحله پس رو) و مرحله دوم که با داشتن جریان و امپدانس شاخه ها، ولتاژ شین های مختلف محاسبه می شود (مرحله پیش

رو). برای انجام تکرار بعدی، جریان شین ها با توجه به ولتاژ بدست آمده برای شین ها در تکرار قبلی، به روز رسانی می شود[3].

در شبکه های قدرت به طور متداول سه نوع شین وجود دارد: شین اسلک، شین بار و شین کنترل ولتاژ. شین اسلک شینی است که اندازه و زاویه ولتاژ در آن ثابت در نظر گرفته می شود. شین بار، شینی است که توان حقیقی وراکتیو در آن ثابت در نظر گرفته می شود. در این شین می تواند بارهای متفاوتی مانند ادمیتانس ثابت، توان ثابت و یا جریان ثابت قرار داشته باشد و یا حتی ژنراتور وجود داشته باشد، ولی در این صورت توان حقیقی و راکتیو تولیدی ژنراتور باید مشخص و ثابت باشد. شین کنترل ولتاژ شینی است که در آن ادواتی وجود دارد که اندازه ولتاژ شین را ثابت نگه می دارد. این ادوات می تواند ژنراتور مجهز به AVR، و یا ادواتFACTS باشد. به طور معمول تنظیم ولتاژ شین به وسیله تزریق مناسب توان راکتیو به شین امکان پذیر است. زیرا توان راکتیو قابل تولید و یا جذب توسط ژنراتورها و ادوات FACTS محدود می باشد، در صورتی که توان راکتیو تولیدی و یا مصرفی به حد خود برسد، حالت عملکرد شین تغییر کرده و شین به صورت شین بار در می آید[3].

1-2-1-الگوریتم های جارو مبتنی بر معادله کیر شف

بیشتر الگوریتم های پخش بار سیستم توزیع، قوانین KVL و KCL را برای محاسبه ولتاژ گره ها در فرآیندهای رفت و برگشت بکار می گیرند. یک روش پخش بار، مبتنی بر جبران سازی برای شبکه های توزیع شعاعی و یا مش ضعیف با استفاده از یک تکنیک جبران سازی چند بخشی ومعادلات اولیه قوانین کیرشف می باشد. بخش شعاعی بوسیله یک روش دو مرحله ای سرراست حل شده است که در آن ابتدا جریان شاخه ها محاسبه می شوند(جاروب برگشت) و سپس ولتاژ شین ها با استفاده از معادله (5a)به روز رسانی می شوند (جاروب رفت). عدم تطابق ماکزیمم توان اکتیو و راکتیو بارها برای معیار همگرایی در الگوریتم استفاده می شود. این الگوریتم همچنین برای شبکه های توزیع با مش ضعیف و یا شعاعی نا متعادل به کار گرفته شده است. نسخه اصلاح شده روش جاروب رفت و برگشت که برای شبکه های شعاعی متعادل و نامتعادل به کار می رود به این صورت است که در فرآیند برگشت (پس رو)، جریان هر شاخه با استفاده از KCL محاسبه می شود سپس با استفاده از جریان های محاسبه شده، ولتاژ گره ها در فرآیند رفت (یا پیش رو) توسط معادله (5b) محاسبه می شود. اندازه ولتاژ در هر باس با ولتاژ بدست آمده در تکرار قبلی مقایسه

می شود. اگر اختلاف آنها در محدوده مجاز باشد روند محاسبات متوقف می شود در غیر این صورت مراحل رفت و برگشت تا زمانی که همگرایی برای همه ولتاژ گره ها بدست آید ادامه می یابد. در شبکه های نردبانی روند پخش بار جاروب رفت و برگشت به همین منوال خواهد بود. روند بروز رسانی ولتاژ مبتنی بر رفت و برگشت توسط لیو و دیگران برای شبکه های شعاعی متعادل و شبکه های با مش ضعیف توسعه داده شده است. در این الگوریتم از روش نسبت جریان استفاده شده است که مبتنی بر معادلات نردبانی رفت و برگشت است که با استفاده از نسبت ولتاژ همگرایی کنترل می شود. این روش با روش استاندارد NRبرای سیستم های توزیع پیچیده استفاده می شود[1].

1-2-2-الگوریتم های جاروب مبتنی بر معادلات درجه دوم

معادله درجه دوم اندازه ولتاژ سمت گیرنده را به توان شاخه و ولتاژ سمت فرستنده وابسته می کند. ولتاژ گره ها در فرآیند برگشت با استفاده از معادله (4a) برای هر شاخه با شروع از فیدر انتهایی و حرکت به سمت شین مبدا محاسبه می شود. اختلاف اندازه ولتاژ شین مبدا و مقدار محاسبه شده (بعد از فرآیند برگشت) به آخرین اندازه ولتاژ گره فیدر اضافه می شود. این روند تا زمانی که اختلاف از یک مقدار خطای مشخص در تکرار اصلی کمتر شود ادامه می یابد. تنظیم ولتاژ مشابهی نیز در زیر تکرار[1] برای لترال[2] استفاده می شود. با این تفاوت، که اندازه ولتاژ اولین گره لترال بجای اندازه ولتاژ شین مبدا استفاده می شود[3].

در الگوریتم مورد استفاده توسط راجان و داس که برای تجزیه وتحلیل پخش بار سیستم توزیع متعادل بکار گرفته شده است ولتاژ گره ها با استفاده از معادله (4a) در فرآیند رفت برای هر شاخه محاسبه می شود، و توان اکتیو و راکتیو انتقالی، از جمله تلفات توان، برای هر شاخه در فرآیند برگشت برای کل شبکه با استفاده از تکنیک کامپیوتری شماره بندی شاخه و گره محاسبه می شود. برای معیار همگرایی، از بیشترین اختلاف توان اکتیو و راکتیو شین مبدا با مقدار قبلی آن استفاده می شود[3].

۱- Sub-iterations
۲- Laterals

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

نتیجه گیری

- ادغام شین های کنترل ولتاژ در الگوریتم پخش بار اجازه می دهد که انعطاف بیشتری در چگونگی مدلسازی انواع مختلف ماشین هایی که امروزه بکار می روند از جمله واحدهای تولید پراکنده داشته باشیم.
- اتصال واحدهای تولید پراکنده در سیستم توزیع چه بصورت شین PQ و چه به صورت شین PV باعث بهبود پروفیل ولتاژ می شوند.
- در صورتی که واحدهای DG به صورت شین PV در سیستم مدل شوند باعث بهبود بیشتری در پروفیل ولتاژ خواهند شد.

مراجع

[1] U. Eminoglu, M.H.Hocaoglu, " Distribution Systems Forward/Backward Sweep-based Power Flow Algorithms: A Review and Comparison Study, Electric Power Components Systems" http://dx.doi.org/10.1080/15325000802322046

[2] L.A.Gallego, E.Carreno, A.P.Feltrin, "Distribution Generation Modeling for Unbalanced Three-phase power Flow Calculations in Smart Grids" 2010 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America.

[3] محمد جعفریان، زهرا مدیحی بیدگلی، همایون برهمندپور، " مدل سازی شینه های کنترل ولتاژ در روش پخش بار پسرو- پیشرو" بیست و ششمین کنفرانس بین المللی برق.

[4]" تولید پراکنده و مزایای استفاده از آن" نهمین کنفرانس دانشجویی مهندسی برق.

[5] S.M.Moghaddas-Tafreshi, E.Mashhour, " Distributed generation modeling for power flow studies and a three-phase unbalanced power flow solution for radial distribution systems considering distributed generation" Electric power Systems Research 79 (2009) 680-686. journal homepage: www.elsevier.com/locate/epsr

[6] محمد مردانه، گئورگ قره پتیان، " ترکیب OPF و GA در جایابی منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع" سیزدهمین کنفرانس مهندسی برق ایران، 22-20 اردیبهشت 1384.

[7] الهه مشهور، سید مسعود مقدس تفرشی، " پخش بار شبکه توزیع با حضور تولید پراکنده" چهاردهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق.

[8] W. El-Khattam, Y.G. Hegazy,M. M. A. Sdama, " StochasticPower Flow Analysis of ElectricalDistributed Generation Systems," IEEE Conference 2003.

[9] حسن سیاهکی " ارزیابی اقتصادی توربین های بادی با در نظر گرفتن عدم قطعیت در تولید" بیست و دومین کنفرانس بین المللی برق.

[10] S. Gao, S-zhe Wang, " Processing Methods of Distributed Generation and EnergyStorage Node in Power Flow Calculation," IEEE Conference 2009.