



دانشگاه زنجان

دانشکده فنی و مهندسی

انواع روش های پخش بار در شبکه های توزیع انرژی

پایان نامه دوره کارشناسی رشته برق - قدرت

احمد حاجی

استاد راهنما :

دکتر سعید جلیل زاده

زمستان ۹۲

*سپاس مخصوص خدایی است که رحمت بی دریغش را زوالی نیست. هم او که هرچه است از اوست و هرچه نیست مدیون و مأذون اذن او. آهنگ رفتن و برخاستن به هر قدم، گفتن و شنیدن، نگاشتن، همه مرهون مهربانی و مهرپروری اوست .

*صمیمانه سپاسگزاریم ...

از استاد گرانقدر، آقای دکتر جلیل زاده که در طول مدت تهیه و تنظیم پروژه تجربیات فنی و اطلاعات علمی و عملی خود را در اختیار اینجانب قرار داده و با صبر و حوصله به سؤالات و ابهامات پاسخ دادند.

مقدمه

۱

چکیده

۲

فصل ۱: مفهوم پخش بار در شبکه های توزیع انرژی سراسری

۳

فصل ۲: روش های حل پخش بار شبکه های بهم پیوسته

۳

۱-۲ روش تکراری گوس با استفاده از ماتریس Y_{BUS}

۷

۲-۲ روش تکراری گوس-سایدل با استفاده از ماتریس Y_{BUS}

۱۱

۳-۲ روش نیوتن-رافسون با استفاده از ماتریس Y_{BUS}

۱۳

۴-۲ روش نیوتن-رافسون غیر کویله

۱۵

۵-۲ روش نیوتن-رافسون غیر کویله سریع

۱۶

۶-۲ روش گوس-سایدل با استفاده از Z_{BUS}

۱۸

فصل ۳: روش های حل پخش بار شبکه های شعاعی

۲۰

۱-۳ مقدمه

۲۰

۲-۳ جدول مشخصه خطوط

۲۲

۳-۳ پخش بار رفت و برگشتی

۲۲

۱-۲-۳ محاسبه توان گره ها

۲۵

۲-۲-۳ جاروی پس رو برای جمع کردن توان شاخه ها

۲۵

۳-۲-۳ جاروی پیش رو برای به روز کردن ولتاژ گره ها

۲۶

۴-۲-۳ محاسبه عدم تطابق ولتاژ

۲۶

فصل ۴: پخش بار شبکه های با تعداد حلقه کم

۲۸

مقدمه

۲۸

۴-۱ حل شبکه های توزیع با حلقه های ضعیف ۲۸

۴-۲ محاسبه جریانهای نقاط شکست با استفاده از روش جبران ۲۹

۴-۳ محاسبه ماتریس امپدانس نقاط شکست ۳۱

فصل ۵: پخش بار شبکه های شعاعی نا متعادل ۳۲

فصل ۶: پخش بار احتمالی شبکه های توزیع

مقدمه ۳۸

۶-۱ اصول اولیه در پخش بار احتمالاتی ۳۹

۶-۱-۱ تابع چگالی توان مصرفی در هر پست ۳۹

۶-۱-۲ تقریب با تابع چگالی نرمال ۴۱

۶-۲ فرموله کردن روابط پخش بار ۴۱

۶-۳ خطای روش جدید پخش بار احتمالاتی ۴۳

فصل ۷: پخش بار شبکه نمونه به روش رفت و برگشتی ۴۴

نتیجه ۴۸

مراجع ۴۹

فصل ۱

فصل ۲

شکل ۱-۲ نمودار خطی و ماتریس یک شبکه نمونه ۹

شکل ۲-۲ فلو چارت حل پخش بار به روش گوس با Z_{BUS} ۱۰

شکل ۳-۲ فلو چارت حل پخش بار به روش گوس - سایدل با استفاده از ماتریس Y_{BUS} ۱۲

شکل ۴-۲ فلو چارت پخش بار به روش نیوتن - رافسون غیر کویله سریع ۱۷

فصل ۳

شکل ۱-۳ یک شبکه شعاعی نمونه ۲۳

شکل ۲-۳ فلو چارت روش جدید پخش بار ۲۴

فصل ۴

شکل ۱-۴ یک شبکه توزیع با حلقه های ضعیف ۳۰

شکل ۲-۴ چند قطبی هم ارز شبکه که از قطب های نقاط شکست دیده می شود ۳۱

شکل ۳-۴ مدار معادل تونن شبکه ای که از قطب های نقاط شکست دیده می شود ۳۲

شکل ۴-۴ فلو چارت حل شبکه های حلقوی ضعیف ۳۳

فصل ۵

شکل ۱-۵ مدل چهار خطی یک فیدر نامتعادل تجزیه ۳۵

فصل ۶

فصل ۷

شکل ۱-۷ نمایش تک خطی سیستم مورد مطالعه ۴۵

شکل ۲-۷ نتیجه ولتاژ حاصل از پخش بار ۴۷

فصل ۱

فصل ۲

فصل ۳

جدول ۱-۳ جدول مشخصه خطوط..... ۲۳

فصل ۴

جدول ۴-۱ زمان کامپیوتری صرف شده برای حل شبکه نمونه با روش های مختلف..... ۲۹

فصل ۵

فصل ۶

فصل ۷

جدول ۷-۱ اطلاعات عددی شبکه نمونه..... ۴۶

پایان نامه کارشناسی



مقدمه:

مسئله پخش بار یکی از مسائل مهم در زمینه های طراحی و بهره برداری سیستم های توزیع می باشد. در هنگام طراحی، از مسئله پخش بار جهت اطمینان از برآورده شدن استاندارد های مربوط به محدوده های ولتاژی بخش های مختلف شبکهء در دست طراحی در حال حاضر و آینده ، استفاده می گردد. در هنگام بهره برداری نیز مسئله پخش بار جهت اطمینان از در محدوده مجاز بودن ولتاژ به کار گرفته می شود. علاوه بر استفاده مستقیم ، در بسیاری از بررسی های دیگر نیز مسئله پخش بار به عنوان یک زیر مسئله مورد استفاده قرار می گیرد. به عنوان مثال در هنگام بررسی مسئله کاهش تلفات در یک سیستم ، مسئله پخش بار به عنوان یک زیر مسئله مورد استفاده قرار می گیرد.

همچنین در سال های اخیر با پیشرفت های حاصل شده در سیستم های توزیع ، به ویژه پیشرفت های به دست آمده در زمینه اتوماسیون و خصوصی سازی، و با توجه به نیاز به محاسبات دقیق و سریع در این سیستم ها ، یک روش حل مناسب و مطمئن جهت پخش بار سیستم های توزیع، ضروری تر از هر زمان دیگر شده است.

روش های زیادی برای پخش بار شبکه های انتقال وجود دارد که بسیاری از اینها در شبکه های توزیع از کارایی زیادی برخوردار نیستند و گاهی نیز ناکارآمد هستند.

از این رو در این پروژه ابتدا روش های معمول پخش بار در شبکه های به هم پیوسته مورد مطالعه قرار می گیرد و در ادامه با توجه به ساختار شبکه توزیع و نوع بار ها از روش های مخصوص آن توپولوژی استفاده می گردد تا کارایی لازم را دارا باشد.

چکیده :

در این پروژه ابتدا به صورت کلی در مورد پخش بار در سیستم های انرژی بحث صورت گرفته و سپس روش های متداول پخش بار در شبکه های سراسری از قبیل گوس، گوس - سایدل، نیوتن - رافسون، نیوتن - رافسون غیر کویله و ... مورد بحث قرار گرفته است. سپس روش های مورد استفاده در شبکه های توزیع شعاعی مورد مطالعه قرار گرفته که از مهمترین و کاربردی ترین آنها می توان به روش رفت و برگشتی اشاره کرد که یک شبکه نمونه نیز با روش مورد بررسی قرار گرفته است. در ادامه روش هایی برای انجام پخش بار شبکه های دارای حلقه ضعیف مورد مطالعه قرار گرفته در انتها نیز یک روش جدید با نام روش پخش بار احتمالاتی مورد بحث قرار گرفته است.

مفهوم پخش بار در شبکه های توزیع سراسری انرژی



محاسبات پخش بار امکان محاسبه توان عبوری از خطوط و ولتاژ پستها را برای یک ظرفیت تولید مشخص برای ژنراتورها و نسبت تبدیل مشخص برای ترانسفورماتورها فراهم می آورد. این اطلاعات برای بهره برداری از سیستم بطور دائم مورد نیاز است.

در این رابطه لازم است محاسبات برای حالات بهره برداری طبیعی و اضطراری شبکه انجام شود.

برای شبکه های ۳ فاز متعادل معمولاً مطالعه بر روی مدل تک خطی شبکه کافی است. در رابطه با هر پست ۴ کمیت توان حقیقی، توان راکتیو، قدر مطلق ولتاژ و زاویه ولتاژ وجود دارد. ۳ نوع اصلی پست در محاسبات پخش بار تعریف می شوند و در هر پست ۲ تا از این ۴ پارامتر معلوم هستند. یکی از پست های شبکه به عنوان پست مرجع در نظر گرفته می شود که توان حقیقی و راکتیو لازم برای تغذیه تلفات خطوط را تولید کند. چرا که این توان تا قبل از محاسبه نهایی پخش بار نامشخص است. در این پست قدر مطلق و زاویه ولتاژ مشخص است. بقیه پستهای سیستم بعنوان پست کنترل ولتاژ یا پست بار در نظر گرفته می شوند. در پستهای کنترل ولتاژ مقادیر توان حقیقی و قدر مطلق ولتاژ مشخص است در صورتی که در پست های بار مقادیر توان حقیقی و راکتیو داده شده است. معادلات شبکه بوسیله شماره کد های پستهای مختلف مشخص می شود. از شماره کد برای مشخص نمودن نوع پستها، محل جبران کننده ها، محل خازن ها، راکتورها و مشخصات دیگر استفاده می شود.

دو ملاحظه اصلی در تهیه یک برنامه کامپیوتری موثر، توصیف ریاضی مسأله و کاربرد روشهای عددی برای حل آن است. آنالیز مسأله باید رابطه بین این دو فاکتور را در نظر بگیرد. برای حل ریاضی پخش بار لازم است معادلات غیر خطی سیستم را در نظر بگیریم. حل این معادلات غیر خطی بوسیله روشهایی تکراری انجام می شود. جوابها باید از قوانین کیر شیف تبعیت کنند و جمع کل توانهای ورودی و خروجی هر پست با هم برابر و جمع ولتاژها در یک حلقه برابر صفر گردند. یکی از این اصول بعنوان معیار برای همگرایی سیستم در حل تکراری سیستم مورد استفاده قرار می گیرد. محدودیتهای دیگر در حل پخش بار شبکه، محدودیت ظرفیت توان راکتیو منابع قدرت و محدوده تغییرات نسبت تبدیل ترانسفورماتورها در ترانسفورماتورهای قابل تغییر زیر بار و حداکثر توان انتقالی بین نقاط مختلف شبکه هاست. توان اکتیو و راکتیو در هر پست از رابطه زیر به دست می آید:

$$P_p - JQ_p = E_p * I_p$$

$$(1-1)$$

فصل ۲

روش های حل پخش بار شبکه های بهم

پیوسته

روش های حل معادلات شبکه بسیار متنوع است در ادامه روش های مهم مورد بررسی قرار می گیرد:

۲-۱ روش تکراری گوس با استفاده از ماتریس Y_{bus}

برای حل مسأله پخش بار، ولتاژ اولیه تمام پستها برابر فرض می شود بجز پست مرجع که ولتاژ آن

مشخص است، سپس جریان پست های مختلف، بجز پست مرجع که با S مشخص می شود از رابطه زیر به

دست می آید:

$$I_p = \frac{p_p - jQ_p}{E_p^*} \quad P=1,2,3,\dots,n \quad p \neq s \quad (1-2)$$

که در آن n تعداد پست های موجود در شبکه می باشد، رفتار شبکه از رابطه زیر به دست می آید:

$$I_{bus} = Y_{bus} \cdot E_{bus} \quad (2-2)$$

با فرض زمین به عنوان پست مرجع، معادله را برای پست های شبکه به صورت زیر می توان نوشت:

$$E_p = \frac{1}{Y_{pp}} \left(I_p - \sum_{q=1, q \neq p}^n Y_{pq} \cdot E_q \right) \quad P=1,2,3,\dots,n \quad p \neq s \quad (3-2)$$

اگر جریان I_p را از معادله (۱-۱) در رابطه فوق جایگذاری نماییم خواهیم داشت:

$$E_p = \frac{1}{Y_{pp}} \left[\frac{p_p - jQ_p}{E_p^*} - \sum_{q=1, q \neq p}^n Y_{pq} E_q \right] \quad P=1,2,\dots,n \quad p \neq s \quad (4-2)$$

در حل معادلات به روش گوس با استفاده از معادله بالا، به این صورت عمل می کنیم که مقادیر پیش فرض ولتاژ پستها را در معادله جایگزین می کنیم و با توجه به مشخص بودن دیگر پارامترها، مقادیر ولتاژ

E_p را برای تمام پستها به دست می آوریم. مقادیر محاسبه شده برای ولتاژ پستها را مجدداً در رابطه فوق

قرار می دهیم و مقادیر دیگری برای ولتاژ پستها محاسبه می نماییم. در هر مرحله مقادیر محاسبه شده را

با مقادیر محاسبه شده در مرحله قبل مقایسه مقایسه می شود و در صورتی که تفاوت ولتاژ در تمام پست

ها در دو مرحله متوالی کمتر از مقدار ناچیزی بود، مقادیر ولتاژ پستهای محاسبه شده در مرحله آخر آنالیزگاه پروژه برق

بعنوان مقدار نهایی در نظر گرفته می شود. سپس توان در پست مرجع و توان عبوری از خطوط محاسبه می گردد. برای کاهش زمان محاسبات لازم است عملیات ریاضی لازم برای رسیدن به جواب را به حداقل

رسانید. بدین منظور از تکرار محاسبه پارامترهای یکسان در تکرارهای مختلف خودداری و به صورت زیر عمل می کنیم. با فرض:

$$L_p = \frac{1}{Y_{pp}} \quad Y_{pq}L_p = Y_{Lpp} \quad , (p_p - jQ_p)L_p = kL \quad (5-2)$$

خواهیم داشت:

$$E_p = \frac{KL_p}{E_p^*} - \sum_{q=1, q \neq p}^n Y_{Lpq} E_q \quad q=1, 2, \dots, n \quad q \neq s \quad (6-2)$$

روش معمول برای پخش بار، فرض یک سیستم متعادل سه فاز و به کار بردن معادل تک فاز [تک خطی] برای مولفه مثبت شبکه است. نظر به این که کوپلاژ متقابل (بین فازها) در این حالت وجود

ندارد (بطریقی کوپلاژ بین فازها در معادل شبکه در نظر گرفته شده است)، ماتریس ادمیتانس شبکه به

سادگی تشکیل داده می شود که بسیاری از المانهای آن صفر است. شکل (۲-۱) را در نظر بگیرید، پست

شماره ۲ بعنوان پست مرجع در نظر گرفته می شود. ماتریس ادمیتانس شبکه نیز در شکل نشان داده شده

است برای حل این شبکه بوسیله روش گوس، معادله ولتاژ پستها به صورت زیر در نظر گرفته می شود:

$$E_p^{k+1} = \frac{KL_p}{E_p^{*k}} - \sum_{q=1, q \neq p}^6 Y_{Lpq} E_q \quad p = 1, \dots, 6 \quad q \neq 2 \quad (5-2)$$

که در آن k شماره تکرار برای رسیدن به جواب می باشد. $\frac{KL_p}{E_p^{*k}}$

دانشجویان محترم:

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

نتیجه:

همانگونه که اشاره شد یکی از موارد کاربردهای مسئله پخش بار، در هنگام طراحی و بهره برداری چه در سطح فشار ضعیف و فشار متوسط است. از مواردی که لازم است در هنگام طراحی یک شبکه لحاظ شوند

می توان به میزان افت ولتاژ، جریان عبوری از هر خط و تلفات کل شبکه اشاره کرد، جهت به دست آوردن این مقادیر لازم است که در مسئله پخش بار در مورد شبکه مورد طراحی، حل شده و موارد مذکور به به دست آیند.

نوع توپولوژی شبکه و نوع بارها نقش اساسی و مهمی در انتخاب روش پخش بار مناسب برعهده دارد هر یک از روش های ارائه شده در این پروژه قادر است با در نظر گرفتن بارها و توپولوژی شبکه، پخش بار مناسب آن شبکه را حل کند.

[۱] طراحی و بهره برداری از سیستم های تولید انرژی. مسعود علی اکبر گلکار. برق

نیرو-انتقال/انتشارات دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی/۱۳۸۷

[۲] stot,B."Decoupled newton load flow"IEEE Transaction on

Power & Aparatus,vol-pas ۹۱ pp ۱۹۵۵-۸۷ ۱۹۷۲

[۳] stot,B.,and O.Alsac,"fasy decoupled load flow" IEEE

Transaction on Power & Aparatus,vol-pas ۹۳ pp ۸۵۹-۸۶۸ ۱۹۷۵

[۴]Golkar M.A.,"A new metyod for load flow study of radial

distribution systems",international symposium on Electric

power engineering,Stockholm power tech(IEEE),PP.۷۳۳-۷۳۷,

Stockholm-sweden ,june ۱۹۹۵

[۵]D.Shirmohammadi & H.w Hang & G.x.luo,"Acompensation-

based power flow method for weakly meshed & apparatus vol

۳ no ۲ ۱۹۸۸

[۶]W.F.Tinney,"compensation method for network solutions by

Triangular factorization",proc.of pica

conference,boston,mass,may ۲۴-۲۶,۱۹۷۷

[۷]Borkowsk,B.,"probabilistic load flow",IEEE Trans pas-

۹۳,pp.۷۵۲-۷۵۹,۱۹۷۴

[۸]Dapazo,J.f.,Kliten,O.A.and sasson A.M,"stoshastic load

flows"IEEE trans.vol.pas-۹۴,pp۲۹۹-۳۰۹,march/April ۱۹۷۵

[۹] Macdonald, p., "Mathematics and statistics for scientists and Engineers" D. van nostrad company Ltd.

[۱۰] Allan, R.N, and Al-shakarchi, M.R.G, "probabilistic a.a.load flow", proc.IEE .vol-۱۲۳, (۶), PP, ۵۳۱-۵۳۹, ۱۹۷۶

[۱۱] Allan, R.N, and Al-shakarchi, M.R.G, "probabilistic a.a.load flow", proc.IEE .vol-۱۲۴, (۲), PP, ۱۵۴-۱۶۰, ۱۹۷۷

[۱۲] stot, B., and O.Alsac, "fasy decoupled load flow" IEEE Transaction on Power & Aparatus, vol-pas ۸۳ pp ۲۵۹-۸۲۲ ۱۹۷۹

[۱۳] Dapazo, J.f., Kliten, O.A. and sasson A.M, "stoshastic load flows" IEEE trans.vol.pas-۸۹, pp۲۰۲-۳۰۹, April ۱۹۸۰