

دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی رشته برق - قدرت

بهنام نوری

استاد راهنما : دکتر امیر باقری

تابستان ۹۵

۱	چکیده
۲	فصل اول
۳	معرفی شبکه توزیع
۳	مقدمه
۴	۱-۱- سیستم های توزیع
۴	۱-۲- انواع سیستم های توزیع
۴	۱-۲-۱- شبکه شعاعی
۴	۱-۲-۲- شبکه حلقوی
۵	۳-۱- شاخص های تأثیرگذار در شبکه های توزیع
۵	۱-۳-۱- فرکانس
۵	۱-۳-۲- پروفیل ولتاژ
۵	۱-۳-۳- تلفات توان اکتیو و راکتیو
۵	۱-۳-۴- ظرفیت جریانی هادیها
۵	۱-۴-۱- پخش بار در شبکه توزیع
۶	۱-۴-۲- نیوتن-رافسون و روش های مشابه آن
۶	۱-۴-۳- روش های پیشرو/پسرو
۶	۱-۴-۴- روش های مستقیم
۸	فصل دوم
۸	تولیدات پراکنده
۹	۱-۲- تولید پراکنده
۹	۲-۲- اهداف استفاده از DG
۹	۳-۲- محل نصب
۹	۴-۲- ظرفیت
۱۱	۵-۲- منطقه تحویل توان
۱۱	۶-۲- تأثیر DG بر عملکرد سیستم توزیع
۱۱	۷-۲- تأثیر DG بر روی عبور توان از شبکه
۱۱	۸-۲- تأثیر DG بر روی کاهش تلفات
۱۱	۹-۲- تأثیر DG بر روی بهبود پروفیل ولتاژ
۱۲	۱۰-۲- تأثیر DG روی قابلیت اطمینان سیستم
۱۴	فصل سوم
۱۴	تولیدات پراکنده بادی و ذخیره کننده های انرژی الکتریکی
۱۵	۱-۳- توربین بادی
۱۶	۲-۳- توربینهای بادی چگونه کار می کنند؟
۱۶	۳-۳- طراحی و ساخت توربین های بادی
۱۶	۴-۳- اجزای تشکیل دهنده توربین بادی
۱۸	۵-۳- مزایای بهره برداری از انرژی باد
۱۹	۶-۳- ذخیره سازی

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان

۱۹	۷-۳- روشهای ذخیره سازی برق در ایستگاههای قدرت
۱۹	۷-۳-۱- باتری های جریانی
۲۱	۷-۳-۲- ذخیره سازی هوای فشرده (Compressed Air Energy Storage (CAES)
۲۲	۷-۳-۳- ذخیره ساز چرخ طیار (Flywheel Energy Storage (FES)
۲۳	۷-۳-۴- ذخیره ساز حرارتی برق (Electric Thermal Storage (ETS)
۲۴	۷-۳-۵- ذخیره ساز مغناطیسی ابر رسانا (Superconducting Magnetic Energy Storage (SMES)
۲۵	۷-۳-۶- ذخیره ساز ابر خازن (Super Capacitor)
۲۶	فصل چهارم
۲۶	نتایج شبیه سازی
۲۷	مقدمه
۲۷	۴-۱- شبکه نمونه
۳۰	۴-۲- مرحله اول
۳۰	اجرای پخش بار بدون حضور منابع تولید پراکنده
۳۲	۴-۳- مرحله دوم
۳۲	اضافه کردن واحدهای بادی و بهینه سازی با GA
۳۴	۴-۳-۱- الگوریتم ژنتیک
۳۵	۴-۳-۲- مراحل اجرای الگوریتم ژنتیک و عملگرهای آن
۳۵	۴-۳-۲-۱- کد کردن
۳۵	۴-۳-۲-۲- کروموزوم
۳۶	۴-۳-۲-۳- جمعیت
۳۶	۴-۳-۲-۴- مقدار برازندگی
۳۷	۴-۳-۲-۵- عملگر تقاطع
۳۸	۴-۳-۲-۶- عملگر جهش
۳۸	۴-۳-۲-۷- عملگر انتخاب
۳۹	۴-۳-۳- معیار اتمام اجرای الگوریتم ژنتیک
۴۰	۴-۳-۴- تابع هدف مسئله
۴۱	۴-۴- مرحله سوم
۴۱	اضافه کردن ذخیره کنندگان در حضور تولید پراکنده
۴۴	نتیجه گیری

دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان دانشکده مهندسی گروه برق آزمایشگاه پژوهش برق دانشگاه زنجان

چکیده

در شبکه های توزیع در نقاطی که دور از منبع قرار دارند بر اثر تلفات زیاد پروفیل ولتاژ افت بیش از حدی خواهند داشت. در سال های اخیر برای بهبود این امر از تولید کننده های پراکنده **Distributed**

Generation (DG) استفاده می شود. حال مطالب متنوعی در خصوص مکان یابی و ظرفیت بهینه **DG** و

احداث آن بر روی نقاط شبکه با هدف کاهش تلفات، بهبود مناسب پروفیل ولتاژ و ارتقاء قابلیت اطمینان وجود دارد.

امروزه تولید کننده پراکنده بادی استفاده بیشتری نسبت به انواع دیگر آن دارد و از آنجایی که تولید پراکنده

بادی قابلیت اطمینان خوبی ندارد و پیک تولید با پیک مصرف مطابق نمی باشد برای رفع این مشکل از

ذخیره کننده های انرژی الکتریکی می توان استفاده نمود که چند سالی است در سطح شبکه توزیع مورد

بحث و بررسی قرار گرفته شده است.

در این پروژه ابتدا شبکه توزیع ۲۱ باسه بدون هیچ گونه تولید پراکنده و ذخیره کننده انرژی الکتریکی مورد

بررسی قرار داده ایم و سپس تولید کننده ها و ذخیره کننده ها را با در نظر گرفتن تأثیر هزینه احداث و

صرفه جویی که در امر بهره برداری دارد بررسی کرده ایم.

مابان نامہ کارسناسی

فصل اول

معرفی شبکه توزیع

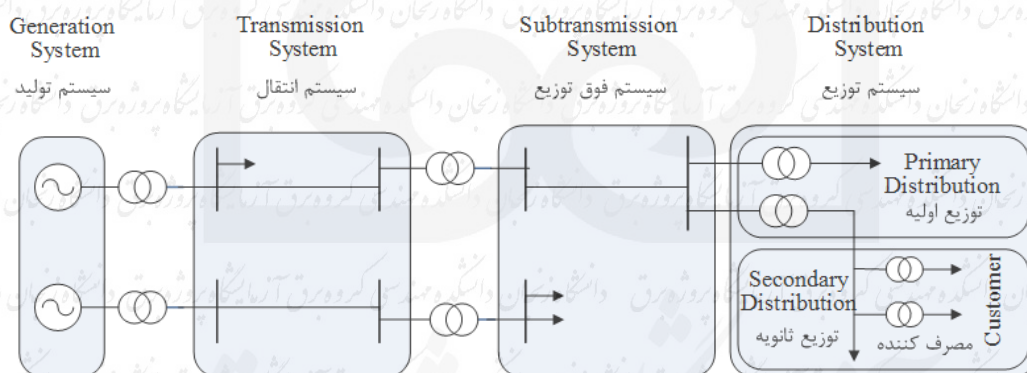
مقدمه

امروزه به هیچ وجه نمیتوان تأثیر انرژی الکتریکی را بر زندگی انسان انکار کرد. انرژی برق اصلی ترین و ضروری ترین عامل زیربنایی در ایجاد راهبرد و توسعه صنایع در یک کشور میباشد. اما این انرژی به سادگی به دست مصرف کننده نمیرسد.

در این فصل، ابتدا به طور مختصر به سیستم توزیع و مشخصات آن اشاره می گردد. سپس لزوم پخش بار و انواع پخش بار و اینکه کدام یک از این پخش بارها برای شبکه توزیع مناسب تر است بررسی می گردد.

۱-۱- سیستم های توزیع

در طی دهه های اخیر با توسعه سیستم های قدرت، روش رساندن انرژی الکتریکی به مصرف کننده ها به طور کلی به این صورت بوده است که، پس از تولید توان لازم توسط نیروگاه ها، ولتاژ از طریق ترانسفورماتورها تا حد مطلوب بالا رفته، سپس انرژی الکتریکی از طریق خطوط طولی تا نزدیکی مصرف کننده ها انتقال داده می شود. آنگاه پس از یک یا چند مرحله کاهش ولتاژ توسط ترانسفورماتورها، توان به مصرف کننده می رسد. بنابراین یک سیستم متداول قدرت را می توان شامل چهار قسمت تولید، انتقال، فوق توزیع و توزیع دانست [۱].



شکل ۱-۱: شمای کلی از انتقال تا توزیع

سیستم توزیع را می توان به دو بخش سیستم توزیع اولیه و ثانویه تقسیم بندی کرد. سیستم توزیع

اولیه شامل پست های HV/MV و فیدرهای MV است. در سیستم توزیع ثانویه، فیدرهای MV

ترانسفورماتورهای MV/LV را تغذیه می نمایند. این ترانسفورماتورها توسط فیدرهای LV انرژی الکتریکی

را به مصرف کنندگان نهایی تحویل می‌دهند. مبنای تحقیقات این رساله سیستم توزیع اولیه می‌باشد که شامل پست‌های فوق توزیع، فیدرهای توزیع فشار متوسط و نقاط بار می‌باشد. نقاط بار در واقع ترانسفورماتورهای توزیع MV/LV می‌باشند.

۱-۲- انواع سیستم‌های توزیع

سیستم‌های توزیع انواع مختلفی دارند که بنا بر کاربرد و قابلیت اطمینانشان طراحی می‌شوند که شامل شبکه‌های شعاعی و حلقوی می‌شوند که در ادامه به توضیح آن‌ها می‌پردازیم [۳ و ۲]:

۱-۲-۱- شبکه شعاعی

این شبکه از یک سمت تغذیه می‌شود، در چنین شبکه‌ای یک یا چند هادی از منبع جریان به تابلوی اصلی تقسیم کشیده می‌شوند. در شبکه‌ی شعاعی ممکن است هر مصرف‌کننده‌ای مستقیماً از تابلوی اصلی تغذیه نماید. در چنین حالتی ضریب اطمینان کار شبکه خوب است. زیرا در صورت وقوع اتصالی در یکی از انشعابات فقط یک مصرف‌کننده بدون جریان می‌ماند. این شبکه که جهت تغذیه مصرف‌کننده‌های بزرگ نصب می‌شود، در کارخانجات و تأسیسات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در وضعیت دیگری از این شبکه چندین مصرف‌کننده به وسیله‌ی یک خط انشعاب از تابلوی اصلی تقسیم تغذیه می‌شوند. بدیهی است در این حالت به محض پدید آمدن اتصالی و یا نقضی در خط انشعاب، کلیه مصرف‌کننده‌هایی که از این خط تغذیه می‌شوند بدون جریان خواهند شد. این چنین شبکه‌ای در مصارف خانگی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

یکی دیگر از موارد کار برد شبکه‌های باز، توزیع انرژی الکتریکی نواحی مختلف شهرها و روستاها می‌باشد. در چنین حالتی اگر خط توزیع فشار ضعیف هوایی باشد، بایستی در سر هر تیری که انشعاب از آن گرفته می‌شود فیوز نصب نمود.

۱-۲-۲- شبکه حلقوی

در محل‌هایی که قطع اتفاقی جریان برق مجاز نمی‌باشد، جهت بالا بردن ضریب اطمینان کار شبکه‌های الکتریکی بهتر است که شبکه‌ها از دو پست مختلف تغذیه شوند. در این صورت باز از کار افتادن یکی از دو خط تغذیه کننده، قدرت مورد نیاز خط تقسیم انرژی مصرف‌کننده‌ها می‌تواند از سمت دیگر تأمین گردد.

عملکرد شبکه‌های حلقه‌ای، مانند عملکرد شبکه‌های از دو سو تغذیه شونده می‌ماند با این تفاوت که در یک شبکه، حلقه ابتدا و انتهای خط هادی به یک نقطه (منبع) تغذیه کننده متصل می‌باشد. چنین شبکه‌ای بیشتر برای تغذیه نقاط با تراکم مصرف زیاد به کار می‌رود. حفاظت شبکه‌های از دو سو تغذیه

شونده و شبکه‌های حلقه‌ای احتیاج به وسایل حفاظتی حساس و دقیقی مانند رله‌های جریان زیاد جهت دار دارد. با اجرای صحیح سیستم حفاظت شبکه‌های از دو سو تغذیه شونده و شبکه‌های حلقه‌ای هنگام پدید آمدن اتصال کوتاه در یکی از خطوط کلیه پست‌های ترانسفورماتور بدون هیچ گونه اشکالی به کار خود ادامه بدهند. مشکل این شبکه ان است که اگر یک اتصال کوتاه در نزدیکی منبع اتفاق بیفتد حتما یکی از شاخه ها جریان زیادی می کشد و در نتیجه افت ولتاژ در انتهای آن شاخه زیاد خواهد بود.

۱-۳-۳- شاخص‌های تأثیرگذار در شبکه‌های توزیع

شاخص‌های متعددی کار کرد شبکه‌های توزیع مطرح می‌شوند که عبارت‌اند از:

۱-۳-۱- فرکانس

مهمترین شاخص شبکه فرکانس میباشد که باید در محدوده مجاز قرار بگیرد. در شبکه تریع ما روی فرکانس هیچ تأثیری نمیتوانیم داشته باشیم. این موضوع از طرف دیسپاچینگ ملی باید کنترل شود.

۱-۳-۲- پروفیل ولتاژ

شاخص دیگری که در شبکه‌های توزیع مورد توجه قرار می‌گیرد پروفیل ولتاژ است. در خطوط انتقال باید توجه داشت که مقدار افت ولتاژ از مقدار تعریف شده خود تجاوز نکند.

۱-۳-۳- تلفات توان اکتیو و راکتیو

اگر چه قابلیت اطمینان دغدغه ی اصلی در شرکت‌های برق است، اما مسأله‌ای کلیدی در ارتباط با باردهی، تأثیرات محیطی و مباحث اقتصادی، بحث تلفات شبکه است.

۱-۳-۴- ظرفیت جریانی هادی‌ها

هادی‌های استفاده شده در شبکه می‌بایست توان و ظرفیت عبور جریانی که از آن می‌گذرد را داشته باشند تا هم تلفات کاهش پیدا کند و هم هادی مشکلی پیدا نکند و بایستی با توجه به مقدار جریان، هادی مناسب انتخاب شود.

۱-۴-۱- پخش بار در شبکه توزیع

هدف اصلی از پخش بار پیدا کردن ولتاژ شین‌های مختلف می‌باشد که با کمک این ولتاژها می‌توان

شارش توان‌های اکتیو و راکتیو در خطوط مختلف را برای یک شرایط بارگذاری مشخص به دست آورد. تقریباً در همه موضوعات مربوط به توسعه، بهره‌برداری و مدیریت شبکه‌های قدرت از قبیل کاهش تلفات، کنترل

ولتاژ، برنامه‌ریزی توان راکتیو، خازن‌گذاری، تحلیل امنیت و ... پخش بار جزء اولویت‌های اصلی محسوب می‌شود. کلیات پخش بار در شبکه‌های توزیع مشابه شبکه‌های انتقال می‌باشد. اما خصوصیات منحصر به فرد شبکه‌های توزیع یعنی بارهای سه فاز نامتقارن، ساختار شعاعی، و نسبت R/X بالا، استفاده از روش‌های مرسوم پخش بار شبکه‌های انتقال را در شبکه‌های توزیع با مشکل مواجه کرده است. از این‌رو، روش‌های تحلیل شبکه‌های توزیع متفاوت از روش‌های سنتی تحلیل شبکه‌های انتقال می‌باشد. پخش بارهای سنتی به دلیل همگرایی کند، کارایی مناسبی در تحلیل این شبکه‌ها ندارند. از طرفی با توجه به نامتعادل بودن سیستم‌های توزیع پخش بار آن‌ها باید به صورت سه فاز انجام شود. روش‌های مختلفی برای پخش بار سیستم‌های توزیع ارائه شده است. هر یک از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارند. بعضی از این روش‌ها بر اساس روش‌های سنتی شبکه انتقال بسط داده شده‌اند. بعضی دیگر بر اساس توپولوژی و ساختار این شبکه‌ها توسعه یافته‌اند. این روش‌ها را می‌توان به سه دسته کلی به شرح زیر تقسیم کرد:

۱-۴-۱- نیوتن-رافسون و روش‌های مشابه آن

این گروه از روش‌ها عموماً توسعه و بسط روش‌های سنتی پخش بار در شبکه‌های انتقال هستند و مبنای اصلی آن‌ها تشکیل ماتریس ژاکوبین و به‌روز کردن آن در هر تکرار می‌باشد. تفاوت اساسی در نحوه تشکیل این ماتریس است. عموماً ویژگی‌های خاص شبکه‌های توزیع از قبیل شعاعی بودن در این روش‌ها به‌وضوح مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و این یکی از معایب اصلی این روش‌ها می‌باشد زیرا استفاده از این خصوصیات حل شبکه‌های توزیع را ساده‌تر می‌کند. تاریخچه این گروه از روش‌ها به اصلاح روش‌های سنتی پخش بار برای شرایط سخت شبکه برمی‌گردد. سپس روش‌های عمومی که بر اساس ساختار حلقوی شبکه انتقال می‌باشند، در شبکه‌های توزیع توسعه یافتند. یکی از این روش‌ها که بسیار رایج بوده و از ترکیب روش Z -bus و روش گوس-سایدل استفاده می‌کند در ارائه شده است. به‌علت نسبت R/X بالا در شبکه‌های توزیع روش Fast Decoupled سنتی قابل استفاده نیست. از این‌رو، مقالات زیادی سعی کرده‌اند که این روش را برای به‌کارگیری در این گونه شبکه‌ها توسعه دهند [۴-۸].

در سال‌های اخیر روش‌های جدیدی در زمینه پخش بار شبکه‌های توزیع ارائه شده‌اند که به جای حل معادلات ولتاژ از حل معادلات جریان استفاده می‌کنند که از آن‌ها به‌عنوان روش‌های تزریق جریان نام برده می‌شود [۹]. این روش‌ها تحولی را در روش‌های نیوتن-رافسون ایجاد کرده و باعث بهبود کارایی آن‌ها و ایجاد قابلیت مقایسه با سایر روش‌ها شده‌اند.

۱-۴-۲- روش‌های پیشرو/پسرو

این روش‌ها که به صورت گسترده در حل شبکه‌های توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرند، بر اساس

ساختار شعاعی شبکه‌های توزیع پایه‌ریزی شده‌اند. ایده اصلی این روش‌ها توسط شیرمحمدی و همکارانش در سال ۱۹۸۸ ارائه شد. آن‌ها با کمک محاسبه جریان شاخه‌ها با استفاده از یک تکنیک جبران‌سازی و قانون جریان کیرشهف یک روش جدید پخش بار را در شبکه‌های توزیع ارائه کردند. توسعه و بهبود بیشتر این روش‌ها با تکیه بر ساده‌سازی و کاهش حجم محاسبات از دیگر کارهایی است که در این زمینه انجام گرفته است. یکی از مهم‌ترین مشکلات این روش‌ها، همگرایی ضعیف آن‌ها در شبکه‌های حلقوی ضعیف می‌باشد. دو گام اساسی این روش شامل جاروب پیشرو و پسرو می‌باشد. این دو گام را به‌طور ساده می‌توان به‌صورت زیر بیان کرد:

جاروب پیشرو: در این گام تمام طول شبکه از شین مرجع که همان پست فوق توزیع می‌باشد تا انتهای فیدر جاروب می‌شود و معمولاً یکی از پارامترهای شبکه مانند ولتاژ شین‌ها در این مرحله به روزرسانی می‌شود. به عبارت دیگر در این مرحله با داشتن جریان شاخه‌ها از تکرار قبلی و استفاده از ساختار شعاعی شبکه، می‌توان ولتاژهای شین‌ها را به‌روز کرد. به‌طور کلی، در این گام پارامتری به‌روز می‌شود که ماهیت تغییرات آن از ابتدای فیدر به سمت انتهای آن می‌باشد. بارزترین نمونه آن ولتاژ شین‌ها می‌باشد.

جاروب پسرو: در این گام از انتهای فیدر به سمت ابتدای آن، فیدر جاروب می‌شود و معمولاً یکی از پارامترهای مرتبط با پارامتر جاروب پیشرو در این گام به‌روز می‌شود. به عبارت دیگر اگر در جاروب پیشرو ولتاژ شین‌ها به‌روز شده باشد، در این گام با کمک ولتاژ شین‌های به‌دست آمده از جاروب قبلی، از انتهای فیدر جریان شاخه‌ها به‌روز می‌شوند.

۱-۴-۳- روش‌های مستقیم

ساختار ساده و شعاعی شبکه‌های توزیع امکان استفاده از روش‌های بسیار ساده را برای حل آن‌ها فراهم می‌کند. از جمله این روش‌ها، روش‌های مستقیم می‌باشند. این روش‌ها همانند یک مدار ساده الکتریکی با فیدرهای توزیع برخورد کرده و آن‌ها را حل می‌کنند. اکثر آن‌ها با کمک یک ماتریس امپدانس ساده مقدار افت ولتاژ شین‌های شبکه نسبت به شین مرجع را محاسبه می‌کنند. در واقع ساختار اصلی معادلات در این روش‌ها به‌صورت رابطه ساده قانون اهم ($V=ZI$) در خواهد آمد. نویسنده در [۱۰] با کمک دو ماتریس، ولتاژ شین‌ها را به‌عنوان تابعی از جریان شاخه‌ها، امپدانس خطوط، و ولتاژ شین مرجع بیان کرده است. از مزیت‌های مهم این روش‌ها سادگی و کارایی بهتر آن‌ها می‌باشد. اگرچه تا به حال، جنبه‌های مختلف شبکه‌های توزیع با کمک این روش‌ها مدل‌سازی نشده است. در یک بیان ساده برای این روش‌ها می‌توان گفت که در آن‌ها ابتدا مسیر جریان تزریقی شین‌ها مشخص می‌شود و سپس یک ماتریس امپدانس مشترک بر اساس مسیر مشترک جریان‌های تزریقی تعریف می‌شود. آنگاه با کمک این ماتریس و تبدیل ولتاژ شین‌ها به امپدانس معادل می‌توان ولتاژهای باس‌ها را به‌روز کرد.

دانشجویان محترم:

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

نتیجه گیری

در روند پروژه هر چقدر ما بتوانیم از تولید پراکنده به صورت مفید استفاده نماییم یعنی از حداکثر

امکان تولید استفاده کنیم هزینه کمتری را بابت برق مصرفی پرداخت می کنیم. در ضمن بدلیل اختلاف

زمانی بین تولید پراکنده و پیک مصرف هر چقدر ما بتوانیم انرژی تولید شده را ذخیره کرده و در ساعات

پیک به شبکه پس بدهیم بدلیل اختلاف قیمت برق در ساعات پر باری و کم باری برق با قیمت کمتر را

ذخیره کرده و با قیمت بالاتر به شبکه پس می دهیم. همچنین بدلیل نزدیکی منابع ذخیره کننده و تولید

کننده پراکنده بادی به مصرف کننده می توانیم تلفات در خطوط را کاهش دهیم. به طور کلی هر چه بتوانیم

جریان کشیده شده از فیدر را در ساعات پیک مصرف کم کنیم و به نوعی در ساعات دیگر مصرف کنیم می

توانیم در هزینه صرفه جویی کنیم.

فهرست مراجع

- [1] X. Wang, J. R. McDonald, "Modern power system planning", New York: McGraw-Hill Publication, 1994.
- [2] Willis H L. Power Distribution Planning Reference Book, 2nd Ed. New York: Marcel Dekker, 2004, p. 1217.
- [3] Ault G W, Foote C E T, McDonald J R. Distribution system planning in focus. IEEE Power Eng. Review 2002; 22(1): 60-62.
- [4] S. C. Tripathy, G. D. Prasad, O. P. Malik, G. S. Hope, "Load Flow Solution for Ill-conditioned Power Systems by a Newton like Method", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-101, no. 10, pp. 3648-3657, Oct. 1982.
- [5] T. H. Chen, M. S. Chen, K. J. Hwang, P. Kotas, and E. A. Chebli, "Distribution System Power Flow Analysis: A Rigid Approach", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 6, no. 3, pp. 1146-1152, Jul. 1991.
- [6] B. Stott, O. Alsac "Fast decoupled load flow", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-93, no. 3, pp. 859-867, May 1974.
- [7] R. D. Zimmerman, H. D. Chiang, "Fast Decoupled Power Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 10, no. 4, pp. 2045-2052, Nov. 1995.
- [8] J. H. Teng, Ch. Y. Chang, "A Novel and Fast Three-Phase Load Flow for Unbalanced Radial Distribution Systems", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 17, no. 4, pp. 1238-1244, Nov. 2002.
- [9] D. R. R. Penido, L. R. de Araujo, S. Carneiro, J. L. R. Pereira, P. A. N. Garcia, "Three-Phase Power Flow Based on Four Conductor Current Injection Method for Unbalanced Distribution Networks", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 23, no. 2, pp. 494-503, May 2008.
- [10] Jen-Hao Teng, "A Direct Approach for Distribution System Load Flow Solutions", IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 3, pp. 882-887, Jul. 2003.
- [11] T. Ackerman, G. Anderson, L. Soder, "Distributed Generation: A Definition", Electric Power Systems Research, vol. 57, no. 3, pp. 195-204, Apr. 2001.
- [12] Chiradeja, R. Ramakumar, "An Approach to Quantify the Technical Benefits of Distributed Generation", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 19, no. 4, pp. 764-773, Dec. 2004.
- [13] P. A. Daly and J. Morrison, "Understanding the Potential Benefits of Distributed Generation on Power Delivery Systems", Rural Electric Power Conference, 2001, pp. A2/1-A2/3.
- [14] H. Lee Willis and Walter G. Scott, Distributed Power Generation: Planning and Evaluation, volume 10 of Power Engineering. Marcel Dekker, 2nd Edition, 2000.
- [15] Thresher R, Robinson M, Veers P. To capture the wind. IEEE Power and Energy Magazine. 2007; 5(6): 34-46.
- [16] Das B. Uncertainty modeling of wind turbine generating system in power flow analysis of radial distribution network. Elect. Power Syst. Res. 2014; 111: 141-147.
- [17] Attwa Y M, E. F. El-Saadany, Salama M. M. A, Seethapathy R. Optimal renewable resources mix for distribution system energy loss minimization. IEEE Trans. Power Syst. 2010; 25(1): 360-370.
- [18] Attwa Y M, El-Saadany E. Probabilistic approach for optimal allocation of wind-based distributed generation in distribution systems. IET Renew. Power Gener. 2011; 5(1): 79-88.
- [19] Sorudi A, Possibilistic-scenario model for DG impact assessment on distribution networks in an uncertain environment. IEEE Trans. Power Syst. 2012; 27(3): 1283-1293.
- [20] P. Poonpun, W.T. Jewell, "Analysis of the cost per kilowatt hour to store electricity", IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 23, no. 2, pp. 529-34, Jun. 2008.
- [21] M. Sedghi, M. A. Golkar, M. R. Haghifam, "Distribution network expansion considering distributed generation and storage units using modified PSO algorithm", International Journal of Electrical Power and Energy Systems, vol. 52, pp. 221-230, Nov. 2013.
- [22] M. Sedgh, A. Ahmadian, M. A. Golkar, "Optimal Storage Planning in Active Distribution Network Considering Uncertainty of Wind Power Distributed Generation", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 31, no. 1, pp. 304-306, Jan. 2016.