بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی

گروه مهندسی برق

گرایش قدرت

جایابی منابع تولیدات پراکنده (DG) به‌منظور بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات در سیستم‌های توزیع

از:

یاسر بستانی املشی

استاد راهنما:

دکتر حسین افراخته

استاد مشاور:

دکتر علی کرمی

مهر ماه ۱۳۸۹

تقدیر و تشکر:

در اینجا بر خود لازم می‌دانم که از کلیه افرادی که به نحوی مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند، تشکر و قدردانی نمایم. بخصوص از استاد علم و اخلاق، جناب آقای دکتر حسین افراخته که با همراهی و راهنمایی خویش مرا در انجام این پایان‌نامه یاری رساندند و همیشه و در تمام مدت علم‌آموزی خویش نزد ایشان، مطالب گهرباری از ایشان آموختم. به خاطر تمام آموخته‌هایم از ایشان سپاسگزارم و همواره یکی از افتخارات اینجانب شاگردی ایشان بوده و خواهد بود. همچنین از جناب آقای دکتر کرمی که افتخار شاگردی ایشان را در دوره کارشناسی ارشد داشته‌ام، تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

تقدیم به:

- ساحت مقدس امام زمان (عج) که ظهورش را تشنه‌ایم و دیده‌اش را منتظر
- پدر و مادر عزیزم به‌خاطر همه دلسوزی‌ها و فداکاریهایشان
- برادران و خواهرانم که همواره مشوق من بوده‌اند
- روان پاک مادر بزرگم که مهربان، فداکار و دلسوز بود

فهرست مطالب

چکیده فارسی ..... د
چکیده انگلیسی ..... ذ
فصل اول – مقدمه ۱
فصل دوم – منابع تولیدات پراکنده (DG) و تاثیر آنها برشبکه‌های توزیع ۵
۲-۱ مقدمه ٦
۲-۲ تعاریف تولید پراکنده ۶
۲-۲-۱ هدف ۷
۲-۲-۲ مکان ۷
۲-۲-۳ مقادیر نامی ۸
۲-۲-۴ ناحیه تحویل توان ۹
۲-۲-۵ فن‌آوری ۹
۲-۲-۶ عوامل محیطی ۱۱
۲-۲-۷ روش بهره‌برداری ۱۲
۲-۲-۸ مالکیت ۱۲
۲-۲-۹ سهم تولیدات پراکنده ۱۲
۲-۳ اثرات تولیدات پراکنده بر شبکه‌های توزیع ۱۵
۲-۳-۱ عدم قطعیت در میزان تولید ۱۵
۲-۳-۲ کنترل ولتاژ ۱۵
۲-۳-۳ تلفات ۱۶
۲-۳-۴ فلیکر ولتاژ ۱۶
۲-۳-۵ هارمونیک ۱۶
۲-۳-۶ سطح اتصال کوتاه ۱۷
۲-۳-۷ پایداری ۱۸
۲-۳-۸ ولتاژ شبکه‌های توزیع ۱۸
۲-۴ نتیجه‌گیری ۱۹
فصل سوم – مروری بر شبکه‌های توزیع، شاخص‌های قابلیت اطمینان و تلفات در شبکه ۲۰
۳-۱ مقدمه ۲۱
۳-۲ ساختار شبکه‌های توزیع ۲۱
۳-۲-۱ شبکه‌های باز (شعاعی - درختی) ۲۱
۳-۲-۲ شبکه‌های بسته ۲۱
۳-۲-۲-۱ شبکه حلقوی ۲۱
۳-۲-۲-۲ شبکه غربالی ۲۲
۳-۳ تلفات در سیستم‌های توزیع ۲۲

۳-۳-۱ تلفات بی‌باری ۲۳
۳-۳-۲ تلفات باربرداری ۲۳
۳-۴ مروری بر قابلیت اطمینان در شبکه‌های توزیع ۲۳
۳-۴-۱ روش‌های ارزیابی ۲۴
۳-۴-۲ شاخص‌های مبتنی بر مشترک ۲۶
۳-۴-۳ شاخص‌های مبتنی بر بار و انرژی ۲۷
۳-۴-۴ تعیین شاخص‌های قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع ۲۸
۳-۵ نتیجه‌گیری ۳۳
فصل چهارم – برآورد ظرفیت خروجی نیروگاه‌های بادی ۳۴
۴-۱ مقدمه ۳۵
۴-۲ انرژی بادی ۳۵
۴-۳ مروری بر انرژی جنبشی باد ۳۵
۴-۴ روش خوشه‌بندی FCM ۳۶
۴-۵ مدل چند حالته زنجیره مارکوف ۳۹
۴-۶ مطالعه موردی ۴۱
۴-۷ نتیجه‌گیری ۴۳
فصل پنجم – جایابی تولیدات پراکنده ۴۵
۵-۱ قسمت اول: جایابی تولیدات پراکنده ۴۶
۵-۱-۲ مروری بر الگوریتم PSO ۴۶
۵-۱-۳ شبکه آزمون ۴۹
۵-۱-۴ جایابی یک واحد DG با هدف کاهش تلفات ۵۰
۵-۱-۴-۱ تابع هدف برای جایابی یک واحد DG ۵۰
۵-۱-۵ تعیین بهینه همزمان مکان، ظرفیت و تعداد تولیدات پراکنده با هدف کاهش تلفات ۵۳
۵-۱-۵-۱ فرمول‌بندی مسئله ۵۳
۵-۱-۵-۲ نتایج شبیه‌سازی بر روی شبکه آزمون ۵۵
۵-۱-۶ تعیین بهینه همزمان مکان، ظرفیت و تعداد تولیدات پراکنده به منظور افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تلفات ۵۸
۵-۱-۶-۱ فرمول‌بندی مسئله بر اساس قابلیت اطمینان و کاهش تلفات ۵۹
۵-۱-۶-۲ نتایج حاصل از شبیه‌سازی روش پیشنهادی ۶۳
۵-۲ قسمت دوم: جایابی تولیدات پراکنده با در نظر گرفتن تغییرات بار ۶۷
۵-۲-۱ مقدمه ۶۷
۵-۲-۲ مدل‌سازی بارهای مصرفی در شبکه‌های توزیع ۶۷
۵-۲-۳ جایابی تولیدات پراکنده با هدف کاهش تلفات با در نظر گرفتن تغییرات بار ۷۰

۵-۲-۴ جایابی تولیدات پراکنده به منظور افزایش قابلیت اطمینان و کاهش تلفات
با در نظر گرفتن تغییرات بار ۷۲
۵-۳ نتیجه‌گیری ۷۳
فصل ششم – نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۷۴
۶-۱ دست‌آوردها ۷۵
۶-۲ پیشنهادات جهت ادامه کار ۷۵
مراجع ۷۷

فهرست شکل‌ها و نمودارها

فصل دوم : منابع تولیدات پراکنده (**DG**) و تاثیر آنها برشبکه‌های توزیع

شکل ۲-۱ سهم خطای ایجاد شده بوسیله تولیدات پراکنده بر روی سطح اتصال کوتاه ۱۷

فصل سوم : مروری بر شبکه‌های توزیع، شاخص‌های قابلیت اطمینان و تلفات در شبکه

شکل ۳-۱ سطوح سلسله مراتبی برای یک سیستم قدرت ۲۴
شکل ۳-۲ سیستم شعاعی با سه نقطه بارگذاری ۲۵
شکل ۳-۳ شبکه شعاعی مورد بحث ۲۸

فصل چهارم : برآورد ظرفیت خروجی نیروگاه‌های بادی

شکل ۴-۱ منحنی توان یک توربین بادی ۳۶
شکل ۴-۲ منحنی مقادیر اندازه گرفته شده سرعت باد در بازه‌های زمانی مختلف ۳۹
شکل ۴-۳ دیاگرام چند حالته زنجیره مارکوف مربوط‌های سرعت باد متناظر با شکل (۴-۲) ۴۰
شکل ۴-۴ دسته‌بندی داده‌های سرعت باد به چهار دسته در مطالعه موردی ۴۱
شکل ۴-۵ دیاگرام چند حالته زنجیره مارکوف برای مراکز خوشه‌های مربوط به داده‌های سرعت باد
در منطقه مربوطه ۴۲
شکل ۴-۶ توان قابل استحصال از مطالعه موردی ۴۳

فصل پنجم : جایابی تولیدات پراکنده

شکل ۵-۱ اساس کار الگوریتم PSO ۴۸
شکل ۵-۲ شبکه ۳۳ شینه IEEE ۴۹
شکل ۵-۳ مقدار تابع هدف (۴-۱۵) در تکرارهای متوالی با الگوریتم PSO ۵۱
شکل۵-۴ مقدار پروفیل ولتاژ در شین‌های شبکه قبل و بعد از نصب DG ۵۲
شکل ۵-۵ مقدار پروفیل ولتاژ در شین‌های شبکه قبل و بعد از نصب DG ها ۵۶
شکل ۵-۶ فلوچارت جایابی تولیدات پراکنده با الگوریتم PSO ۵۷
شکل۵-۷ یک فیدر شعاعی نمونه ۵۸
شکل۵-۸ فلوچارت جایابی تولیدات پراکنده با الگوریتم PSO ۶۲
شکل ۵-۹ مقدار تابع هدف در تکرارهای متوالی با الگوریتم PSO ۶۴
شکل۵-۱۰ مقدار شاخص ENS در تکرارهای متوالی با الگوریتم PSO ۶۵
شکل ۵-۱۱ مقدار شاخص CAIDI در تکرارهای متوالی با الگوریتم PSO ۶۵
شکل ۵-۱۲ مقدار شاخص SAIDI در تکرارهای متوالی با الگوریتم PSO ۶۶
شکل ۵-۱۳ منحنی مصرف یک فیدر تجاری در یک شبانه روز ۶۷
شکل ۵-۱۴ منحنی مصرف یک فیدر صنعتی در یک شبانه روز ۶۸
شکل ۵-۱۵ مدل فازی بار مثلثی در پست‌های مصرف ۶۹
شکل ۵-۱۶ مقدار پروفیل ولتاژ قبل و بعد از حضور DG ۷۱

فهرست جداول

فصل دوم : منابع تولیدات پراکنده (**DG**) و تاثیر آنها برشبکه‌های توزیع

جدول ۲-۱ مقادیر نامی تعریف شده برای تولیدات پراکنده در برخی مراکز تحقیقاتی ۸
جدول ۲-۲ طبقه‌بندی تولیدات پراکنده با توجه به مقادیر نامی توان تولیدی ۹
جدول ۲-۳ فن‌آوری‌های به کار رفته در تولیدات پراکنده ۱۰
جدول ۲-۴ اثرات برخی از فن‌آوری‌های تولید انرژی الکتریکی بر محیط زیست ۱۱
جدول ۲-۵ تعریف کشورهای مختلف از تولیدات پراکنده ۱۳
جدول ۲-۶ سیاست‌های موجود در کشورهای مختلف برای استفاده از تولیدات پراکنده ۱۴
جدول ۲-۷ سطح اتصال کوتاه برای انواع مختلف تولیدات پراکنده ۱۸

فصل سوم : مروری بر شبکه‌های توزیع، شاخص‌های قابلیت اطمینان و تلفات در شبکه

جدول ۳-۱ داده‌های سیستم شکل (۳-۲) ۲۵
جدول ۳-۲ شاخص‌های قابلیت اطمینان نقاط بارگذاری در سیستم شکل (۳-۲) ۲۶
جدول ۳-۳ پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه (۳-۳) ۲۹
جدول ۳-۴ پارامترهای قابلیت اطمینان شبکه (۳-۳) ۲۹
جدول ۳-۵ شاخص‌های قابلیت اطمینان برای سیستم شکل (۳-۳) ۳۰
جدول ۳-۶ شاخص‌های قابلیت اطمینان با نصب کلید و فیوز ۳۲

فصل چهارم : برآورد ظرفیت خروجی نیروگاه‌های بادی

جدول ۴-۱ نرخ تغییر حالت در دیاگرام (۴-۵) ۴۲
جدول ۴-۲ نتایج شبیه‌سازی مطالعه موردی ۴۲

فصل پنجم : جایابی تولیدات پراکنده

جدول ۵-۱ مقدار پارامترهای موجود در الگوریتم PSO در تابع هدف (۵-۳) ۵۱
جدول ۵-۲ پاسخ نهایی الگوریتم PSO ۵۱
جدول ۵-۳ مقایسه نتایج بدست آمده از نصب DG در مکان‌های مختلف ۵۲
جدول ۵-۴ مقدار پارامترهای بکار رفته در الگوریتم PSO برای بهینه‌سازی تابع هدف ۵۴
جدول ۵-۵ مقادیر تابع هدف با نصب واحدهای تولید پراکنده ۵۵
جدول ۵-۶ تعداد، مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده ۵۵
جدول ۵-۷ مقدار تلفات اکتیو قبل و بعد از نصب منابع DG ۵۶
جدول ۵-۸ مقدار پارامترهای موجود در الگوریتم PSO در تابع هدف (۵-۱۰) ۶۳
جدول ۵-۹ مقدار تابع هدف با تعداد واحدهای تولید پراکنده ۶۳
جدول ۵-۱۰ تعداد، مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده ۶۴
جدول ۵-۱۱ مقدار تلفات اکتیو و شاخص‌های قابلیت اطمینان قبل و بعد از نصب DG ۶۴
جدول ۵-۱۲ تعداد، مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده با مدل فازی بار ۷۰
جدول ۵-۱۳ مقدار تلفات اکتیو قبل و بعد از نصب منابع DG با مدل فازی بار ۷۱
جدول ۵-۱۴ تعداد، مکان و ظرفیت بهینه تولیدات پراکنده ۷۲
جدول ۵-۱۵ مقدار تلفات اکتیو و شاخص‌های قابلیت اطمینان قبل و بعد از نصب DG با مدل فازی بار ۷۳

چکیده

جایابی منابع تولیدات پراکنده (DG) به منظور بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات در سیستم‌های توزیع

یاسر بستانی املشی

امروزه با رشد روزافزون تقاضای انرژی الکتریکی، تجدید ساختار و نیز حرکت سیستم‌های قدرت از ساختار سنتی به سمت ساختار رقابتی و در جهت کاهش مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی در نیروگاه‌های بزرگ سبب شده است که تولیدات پراکنده جایگاه ویژه‌ای پیدا کنند. بر اساس تعاریف منتشر شده در اتحادیه‌ها و آژانس‌های انرژی، تولید پراکنده به منابعی اطلاق می‌گردد که ظرفیت آنها از چند کیلو وات تا حدود ۱۰ مگا وات باشد. تولید پراکنده (DG) با حذف هزینه‌های غیرضروری انتقال و توزیع، نیروی برق را در مکانی نزدیک به مصرف‌کننده تولید می‌کند. استفاده از تولیدات پراکنده، برای جبران رشد بار و ظرفیت خطوط انتقال، بهبود کیفیت توان و ارتقای قابلیت اطمینان در سیستم‌های توزیع در حال افزایش است. این واحدها در پست‌ها و فیدرهای توزیع و در نزدیکی بارها قرار می‌گیرند. همچنین، پیش‌بینی می‌گردد که تولیدات پراکنده در آینده سهم قابل توجهی در تولید انرژی الکتریکی بر عهده گیرند. دلیل این امر مزایای متعدد این منابع است که از جمله آنها می‌توان به کاهش تلفات، بهبود قابلیت اطمینان و بهبود پروفیل ولتاژ اشاره کرد. نکته‌ی قابل توجه دیگر آن است که نباید فقط اثرات مثبت استفاده از منابع تولید پراکنده را در تمامی نقاط شبکه انتظار داشت. از طرف دیگر، با توجه به قیمت نسبتا بالای تکنولوژی‌های بکار رفته در این منابع در کنار مزایای مربوطه، ضروری است مکان نصب و ظرفیت آنها بصورت بهینه تعیین گردد.

در این تحقیق، روشی جدید برای بهبود قابلیت اطمینان و کاهش تلفات در سیستم‌های توزیع به کمک الگوریتم PSO ارائه شده است. با استفاده از این روش می‌توان تعداد، مکان و ظرفیت منابع تولیدات پراکنده را بصورت بهینه برای سیستم‌های توزیع شعاعی تعیین کرد. با روش پیشنهادی شاخص‌های قابلیت اطمینان شبکه ضمن کاهش تلفات در شبکه بهبود می‌یابد. همچنین، با توجه به ماهیت متغیر بار در شبکه‌های توزیع و اثر این تغییرات در بهینه‌سازی ذکر شده، بارهای متغیر به صورت فازی مدل‌سازی شده است. در نهایت، روش پیشنهادی به شبکه شعاعی ۳۳ شینه IEEE اعمال و نتایج بدست آمده با در نظر گرفتن مدل‌های فازی و ثابت برای بارهای مصرفی متغیر با زمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

کلید واژه: بهینه‌سازی، سیستم‌های توزیع، تلفات، تولیدات پراکنده(DG)، قابلیت اطمینان

Abstract

Vector Control of Unbalance Induction Motor

Mohammad Jannati

All of electrical machines can be modeled as an equivalent two phase machine. For example a balanced three phase induction motor can be modeled as an equivalent balanced two phase induction motor (The Park Model). In the same way an unbalanced induction motor can be modeled as an unbalanced two phase induction motor. This project shows this concept by modeling a faulty induction motor with one of its three feeding phases cut out. Moreover it shows that the speed control of this faulty motor can be done by a few modifications in the conventional vector control method. This new vector control is suitable for unbalanced induction motors such as the single phase induction motor with dissimilar main and auxiliary windings. Computer simulation shows the good performance of the proposed method.

Keywords: Unbalanced, Induction motor, Modeling, Vector control.

فصل اول

مقدمه

مقدمه

امروزه با پیشرفت تکنولوژی و تغییر ساختار جوامع، لزوم تداوم تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مشترکین بیش از پیش احساس می‌شود. قطع شدن منابع تغذیه الکتریکی چه از نظر اجتماعی و چه از نظر اقتصادی، بر هر دو بخش تولید کننده توان و مصرف‌کننده آن تاثیرات عمده‌ای می‌گذارد. بنابراین مهمترین وظیفه صنعت برق هر کشور را می‌توان تامین انرژی الکتریکی مشترکین به صورت اقتصادی و با قابلیت اطمینان قابل قبول برشمرد.

بخش‌های اصلی یک سیستم قدرت را می‌توان در سه گروه عمده تولید، انتقال و توزیع طبقه‌بندی نمود که از میان آنها، سیستم‌های توزیع ارتباط بین تولیدکننده و مصرف‌کننده را ایجاد می‌نماید. ساختار معمول در شبکه‌های توزیع به صورت شعاعی است که در آن توان از طرف منبع به سوی بارهای مختلف جاری می‌شود.

تغییر ساختار در صنعت برق موجب دگرگونی قوانین و معیارهای اقتصادی در سیستم قدرت شده است. این تغییرات فرآیند طراحی و بهره‌برداری از سیستم را تحت تاثیر قرار داده و موجب گردیده است که اهداف، معیارها و محدودیت‌های جدیدی در این فرآیندها وارد شود. یکی از پدیده‌هایی که در صنعت برق و به ویژه در سیستم‌های تجدیدساختار یافته به سرعت در حال گسترش است؛ پیدایش واحدهای تولیدی کوچک موسوم به تولیدات پراکنده[1] (DG) در سیستم‌های توزیع است. با پیشرفت تکنولوژی، افزایش راندمان و کاهش قیمت فن‌آوری‌های مرتبط با تولیدات پراکنده و نیز هماهنگی این تولیدات با معیارهای اقتصادی سیستم‌های تجدید ساختار یافته مانند ریسک‌پذیری پایین، انتظار می‌رود که این منابع نقش فزاینده‌ای را در صنعت برق ایفا نماید. تولید پراکنده به هر نوع تکنولوژی تولید الکتریسیته با ابعاد کوچک اطلاق می‌شود که عموماً در محل مصرف و یا نزدیک آن قرار می‌گیرد. منابع انرژی اولیه این تولیدات، انرژی‌های تجدیدپذیر و یا تجدیدناپذیر است که دارای تکنولوژی‌های مختلفی هستند. اما عامل مشترک در همه آنها این است که این منابع معمولاً صرف نظر از نحوه تولید توان در آنها، ظرفیت تولیدی کمی (تا ۱۰۰ مگا وات) داشته و به شبکه‌های توزیع متصل می‌شوند.

امروزه با رشد روزافزون تقاضای انرژی الکتریکی، حرکت سیستم‌های قدرت از ساختار سنتی به سمت ساختارهای مدرن و رقابتی و نیز مشکلات اقتصادی و محیطی مربوط به نیروگاه‌های بزرگ، سبب شده است تولیدات پراکنده جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص دهند. پیش‌بینی می‌گردد که تولید پراکنده سهم قابل توجهی از تولید برق آینده جهان را بر عهده گرفته که یکی از دلایل این امر مزایای بسیار زیاد این منابع است. توسعه بکارگیری واحدهای تولید پراکنده، دلایل مختلفی داشته که از

1- Distribution Generation

جمله آنها می‌توان به عواملی چون توجه به محیط زیست، کاهش تلفات، آزادسازی ظرفیت سیستم، کاهش هزینه‌های بهره‌برداری مربوط به دوره منحنی پیک بار، بهبود پروفیل ولتاژ، تاخیر و یا رفع نیاز به توسعه سیستم، بهبود قابلیت اطمینان و بازدهی شبکه‌های توزیع اشاره کرد.

از جمله عوامل مهم در بهره‌برداری و طراحی بهینه سیستم‌های توزیع، کاهش تلفات و بهبود قابلیت اطمینان در سیستم توزیع است. با توجه به اینکه در شبکه‌های توزیع، نسبت مقدار مقاومت به راکتانس بسیار محسوس است، در نتیجه توان اکتیو از توان راکتیو اهمیت بیشتری خواهد داشت.

یکی دیگر از عواملی که بیش از سایر عوامل شرکت‌های توزیع را به نصب و راه‌اندازی تولیدات پراکنده ترغیب می‌نماید، بهبود قابلیت اطمینان سیستم توزیع است. قابلیت اطمینان سیستم‌های توزیع که گسترده‌ترین بخش سیستم قدرت به شمار می‌آید، از مباحث اساسی در مطالعات سیستم‌های قدرت است. بطور کلی قابلیت اطمینان یک سیستم عبارت از احتمال عملکرد رضایت‌بخش یک سیستم تحت شرایط کار مشخص برای مدت زمان معین است که به عنوان یکی از پارامترهای مهم در ارزیابی یک سیستم قدرت به شمار می‌آید. نتایج حاصل از ارزیابی قابلیت اطمینان شبکه‌های توزیع در قالب شاخص‌های نقاط بار و کل سیستم ارائه می‌گردد. شاخص‌های نقاط بار مقادیر: متوسط نرخ وقوع خطا (λ)، متوسط زمان خاموشی (r) و متوسط زمان خاموشی سالیانه (U) را در بر می‌گیرد. همچنین، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کل سیستم، انرژی تامین نشده[2] (ENS) سیستم است.

نکته‌ای که باید به آن توجه کرد آن است که نباید همه تاثیرات مثبت استفاده از DG را در تمام نقاط شبکه انتظار داشت. زیرا ممکن است در بعضی از حالات، تعارض عملیاتی به وجود آمده و این مسئله نشان می‌دهد که تولیدات پراکنده می‌تواند تاثیرات منفی هم در شبکه ایجاد نماید. بدیهی است با انتخاب محل بهینه نصب DG و نیز تولید توان بهینه مورد نیاز در شبکه توزیع، می‌توان این اثرات نامطلوب را به حداقل ممکن رساند. بنابراین مهم‌ترین گام در بکارگیری منابع تولید پراکنده در این شبکه‌ها، مطالعه اقتصادی و فنی برای تعیین مکان و ظرفیت مناسب آنهاست. قطعا بدون شناخت و انجام مطالعات امکان‌سنجی، نمی‌توان به قابلیت‌های بالقوه این تولیدات در شبکه‌های توزیع و منافع اقتصادی حاصل از آن دست یافت.

در این پایان‌نامه، برنامه‌ریزی و طراحی یک سیستم توزیع با هدف بهبود همزمان شاخص‌های قابلیت اطمینان و نیز کاهش تلفات توان حقیقی در سیستم‌های توزیع در حضور تولیدات پراکنده انجام شده است. با در نظر گرفتن عوامل فوق، مکان و

2- Energy Not Supplyed

ظرفیت بهینه این منابع برای نصب در شبکه‌های توزیع بدست می‌آید. همچنین، تعداد بهینه DG نیز در این تحقیق مد نظر قرار گرفته است. بهبود عوامل فوق با در نظرگرفتن تابع هدفی که مشتمل بر هزینه هر کدام از عوامل فوق در طول دوره مطالعه است، با تعیین تعداد، مکان و ظرفیت بهینه این تولیدات در شبکه‌های توزیع عملی خواهد بود.

در اکثر مطالعات انجام شده در جایابی تولیدات پراکنده، معمولا مقدار بار با توان ثابت مد نظر قرار می‌گیرد. از جمله عواملی که این روش را از روش‌های موجود متمایز می‌کند، لحاظ نمودن عدم قطعیت[3] در مقدار بارهای مصرفی است. برای مدل‌سازی عدم قطعیت در بار مصرفی، از تئوری فازی استفاده شده است که به صورت یک عدد فازی مثلثی نشان داده می‌شود. روش مورد استفاده برای شبیه‌سازی، الگوریتم PSO[4] است که امروزه به عنوان یکی از الگوریتم‌های فراابتکاری[5] در مقایسه با روش‌های تحلیلی، بطور روزافزون در حل مسائل پیچیده بهینه‌سازی بکار گرفته می‌شود.

نتایج حاصل از شبیه‌سازی با روش پیشنهادی نشان می‌دهد که با تعیین بهینه مکان، ظرفیت و همچنین تعداد بهینه تولیدات پراکنده، شاخص‌های قابلیت اطمینان و تلفات اکتیو شبکه بهبود پیدا خواهد کرد.

ساختار این پایان‌نامه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است:

در فصل دوم مروری بر تولیدات پراکنده شده و معایب و مرایای آن بیان خواهد شد. در فصل سوم ساختار شبکه‌های توزیع، شاخص‌های قابلیت اطمینان و تلفات توان مطرح خواهد شد. در فصل چهارم روشی برای برآورد احتمالاتی از ظرفیت خروجی نیروگاه‌های بادی ارائه خواهد شد. در فصل پنجم روش‌های پیشنهادی برای جایابی منابع تولیدات پراکنده مطرح و نتایج حاصل از شبیه‌سازی مورد تجزیه تحلیل قرار می‌گیرد. در فصل ششم، نتیجه‌گیری و پیشنهادات برای ادامه کار مطرح و در فصل هفتم نیز مراجع و ضمائم مورد استفاده در این تحقیق ارائه خواهد شد.

3- Particle Swarm Optimazation
4- Metahuristic

فصل دوم

منابع تولیدا ت پراکنده (DG) و تاثیر آنها بر شبکه‌های توزیع

۲-۱- مقدمه

در سالهای اخیر اقدامات مختلفی برای بهینه‌سازی و تغییر سیستم‌های قدرت از ساختار سنتی به ساختاری جدید تحت عنوان "تجدید ساختار" صورت گرفته است. از طرف دیگر، محدود شدن شبکه‌های توزیع بین بخش‌های تولید و انتقال از یک سو و مراکز بار از سویی دیگر آن را به یک شبکه پسیو تبدیل نموده است. لیکن استفاده از واحدهای تولیدی کوچک همچون توربین‌های گازی، بادی، پیل‌های سوختی و ... در قالب منابع تولید پراکنده (DG)، در سالهای اخیر باعث تغییر وضعیت این شبکه از یک شبکهٔ پسیو به یک شبکهٔ اکتیو گردیده است. تحقیقات انجام شده توسط EPRI[6] نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۱۰ نزدیک به ۲۵ درصد منابع را، تولیدات پراکنده تشکیل خواهند داد که این رقم طبق تحقیقات NGF[7] تا ۳۰ درصد نیز پیش‌بینی شده است. تولیدات پراکنده دارای مزایای متعددی است. شاید مهمترین مزیت آن، نزدیکی به مصرف‌کننده و در نتیجه کاهش و یا حذف هزینه‌های مربوط به توزیع و انتقال باشد. در کنار آن می‌توان به حذف محدودیت مکانی و جغرافیایی تولیدات کوچک نسبت به نیروگاههای بزرگ، عدم نیاز به ریسک بالا، زمان نصب کمتر، شرایط زیست‌محیطی بهتر، کیفیت و قابلیت اطمینان بیشتر، پیشرفت تکنولوژی در زمینهٔ ساخت ژنراتورهای کوچک با توان تولیدی بالا و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر مانند باد و خورشید اشاره کرد [1-7]. در ادامه ضمن تبیین تولیدات پراکنده، تاثیرآنها بر روی شبکه‌های توزیع بررسی خواهد شد.

۲-۲- تعاریف تولید پراکنده

در مراجع مختلف از عناوین زیر برای تولیدات پراکنده (DG) استفاده شده است :

Distributed Generation, Dispersed Generation, Embedded Generation, Distributed Utility, Distributed Resources, Decentralized Generation

اما تاکنون تعریف جامع و کاملی برای تولیدات پراکنده ارائه نگردیده است [1-7]. برای رسیدن به تعریفی کامل از این تولیدات، در ابتدا باید عوامل و معیارهای زیر مورد بررسی قرار گیرند:

- هدف
- مکان
- مقادیر نامی

---

[6] - Electric Power Research Institute

[7] - Natural Gas Foundation

- ناحیه تحویل توان
- فن‌آوری
- تأثیر محیطی
- روش بهره‌برداری
- مالکیت
- سهم این تولیدات

در ادامه، چگونگی تأثیر هر یک از عوامل فوق در تعریف تولیدات پراکنده بررسی خواهد شد.

۲-۲-۱- هدف

در مورد هدف از استفاده تولیدات پراکنده در میان تعاریف ارائه شده، تشابه زیادی وجود دارد. طبق تعریف، هدف از بکارگیری تولیدات پراکنده، ایجاد منابع تولید توان اکتیو است. بنابراین با توجه به این مسئله، ضرورت توانایی تولید توان راکتیودر منابع تولید پراکنده مد نظر قرار نمی‌گیرد [8-9].

۲-۲-۲- مکان

در مورد مکان تولیدات پراکنده نظرات متفاوتی وجود دارد. غالب نظرات، مکان تولیدات پراکنده را در محل شبکه توزیع می‌دانند؛ عده‌ای نیز مکان آن را در محل مصرف‌کننده و گاهی نیز مکان تولیدات پراکنده در محل خطوط انتقال معرفی می‌شود [8-9].

نکتهٔ شایان ذکر آن است که باید تعریف واحد و مشخصی از خطوط انتقال و توزیع وجود داشته باشد. به این منظور باید مشخص شود تا چه سطح ولتاژی مربوط به بخش‌های توزیع و انتقال است. در بازارهای رقابتی، قوانین و آیین‌نامه‌های دولتی تعیین‌کننده این مسئله هستند. حال سؤال آن است که تعریف یک واحد تولیدی کوچک براساس مکان نصب چیست؟ به‌عنوان مثال، آیا یک نیروگاه بادی یا سیستم‌های تولید همزمان حرارت و توان (CHP[8]) که به شبکه انتقال وصل می‌شوند، می‌توانند به‌عنوان یک واحد تولیدی کوچک در نظر گرفته شوند یا خیر؟ برای سؤال فوق ۲ حالت زیر قابل بررسی است:

[8] -Combined Heat & Power (CHP)

حالت اول: سیستم‌های CHP هستند که در مکان‌های صنعتی بزرگ به منظور تأمین بار مصرفی آن بخش احداث می‌گردند تا در زمانهای کاهش توان مصرفی داخلی، مازاد تولید خود را به‌طور مستقیم به شبکهٔ انتقال تزریق کنند. به دلیل آنکه این سیستم‌ها مستقیماً به مصرف‌کننده متصل هستند، می‌توانند به‌عنوان تولیدات پراکنده در نظر گرفته شوند.

حالت دوم: نیروگاه‌های بادی که دارای ظرفیت توان متوسط هستند، به دلیل مسائل مربوط به ظرفیت شبکه، به‌طور مستقیم به خطوط انتقال وصل می‌گردند. لذا نمی‌توانند به عنوان تولیدات پراکنده مد نظر قرار گیرند. بنابراین با توجه به موارد ذکر شده، می‌توان گفت که مکان تولیدات پراکنده جایی است که به‌طور مستقیم به‌شبکه توزیع یا مصرف‌کننده متصل گردند.

۲-۲-۳- مقادیر نامی

تاکنون در مورد حداکثر مقادیر ظرفیت نامی تولیدات پراکنده وحدت نظری وجود ندارد. جدول (۲-۱) مقادیر نامی تعیین شده برای تولیدات پراکنده در برخی از مراکز تحقیقاتی را نشان می‌دهد [8-9].

جدول(۲-۱)- مقادیر نامی تعریف شده برای تولیدات پراکنده توسط برخی مراکز تحقیقاتی

نام مرکز تحقیقاتی	مقدار نامی
EPRI	از چند کیلووات تا ۵۰ مگاوات
GRI (Gas Research Institute)	از ۲۵ کیلووات تا ۲۵ مگاوات
Preston & Rostler	از چند کیلووات تا ۱۰۰ مگاوات
Cardell	از ۵۰۰ کیلووات تا یک مگاوات
CIGRE	از ۵۰ کیلووات تا ۱۰۰ مگاوات

از طرف دیگر، وجود قوانین دولتی متفاوت دلیلی بر یکسان نبودن مقادیر نامی تولیدات پراکنده است. به‌عنوان مثال، در بازارهای انگلستان و ولز نیروگاه‌هایی با ظرفیت تولیدی کمتر از ۱۰۰ مگاوات وجود دارد که از طریق کنترل مرکزی مورد بهره‌برداری قرار نمی‌گیرند و اگر ظرفیت کمتر از ۵۰ مگاوات باشد، توان خروجی نمی‌تواند از طریق بازار عمده فروشی، خرید و فروش گردد. به همین دلیل، منظور از DG عمدتاً تولیدات کمتر از ۱۰۰ مگاوات

می‌باشد. طبق قوانین سوئد به ظرفیت‌های تولیدی تا ۱۵۰۰ کیلو وات تولیدات پراکنده گفته می‌شود. به بیان دیگر، در سوئد تولیدات تا حداکثر ۱۵۰۰ کیلووات به‌عنوان DG شناخته می‌شوند. طبق قوانین این کشور، یک نیروگاه بادی با ۱۰۰ واحد تولیدی ۱۵۰۰ کیلوواتی نیز تولید پراکنده محسوب می‌گردد. زیرا برای واحدهای بادی به‌جای ظرفیت کل نیروگاه، ظرفیت نامی هر واحد، معیار تعیین کننده بوده، در صورتی که برای واحدهای آبی معیار تعیین کننده، ظرفیت کل نیروگاه است. در نهایت، می‌توان براساس مقادیر نامی توان تولیدی، طبـــــقه‌بندی دیگری از تولیدات پراکنده ارائه کرد که در جدول (۲-۲) نمونه‌ای از آن داده شده است.

جدول(۲-۲)- طبقه‌بندی تولیدات پراکنده با توجه به مقادیر نامی توان تولیدی

مقادیر نامی	کلاس
۱ وات تا ۵ کیلووات	Micro DG
۵ کیلووات تا ۵ مگاوات	Small DG
۵ مگاوات تا ۵۰ مگاوات	Medium DG
۵۰ مگاوات تا ۳۰۰ مگاوات	Large DG

۲-۲-۴- ناحیهٔ تحویل توان

عـــــموماً توان تولید شده توسط DG ها در شبکهٔ توزیع مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عبارت دیگر، ناحیهٔ تحویل تـوان DG در شبکه‌های توزیع می‌باشند [9-8]. اما این تعریف بطور عمومی نمی‌تواند برای بیان مفهوم واقعی تولیدات پراکنده مورد استفاده قرار گیرد. به‌عنوان مثال، منطقه‌ای را در نظر بگیرید که به وسیله یک نیروگاه بادی تغذیه می‌شود. اگر بر اثر تغییرات جوی و شبکه (تغییرات سرعت باد، تغییر تقاضای بار و ...) این نیروگاه توانی بیش از آنچه که مورد نیاز شبکهٔ توزیع است تولید نماید، توان مازاد تولید شده به شبکهٔ اصلی داده خواهد شد که این مسئله با تعریف فوق در مورد ناحیهٔ تحویل توان DG در تناقض است.

۲-۲-۵- فن‌آوری

معمولاً عبارت "تولیدات پراکنده" همراه با یکی از انواع فن‌آوری‌های تولید انرژی خاص مانند انرژیهای تجدیدپذیر و یا تجدیدناپذیر به کار می‌روند که برخی از انواع این فن‌آوری‌های بکار رفته در جدول (۲-۳) داده شده است [9-8].