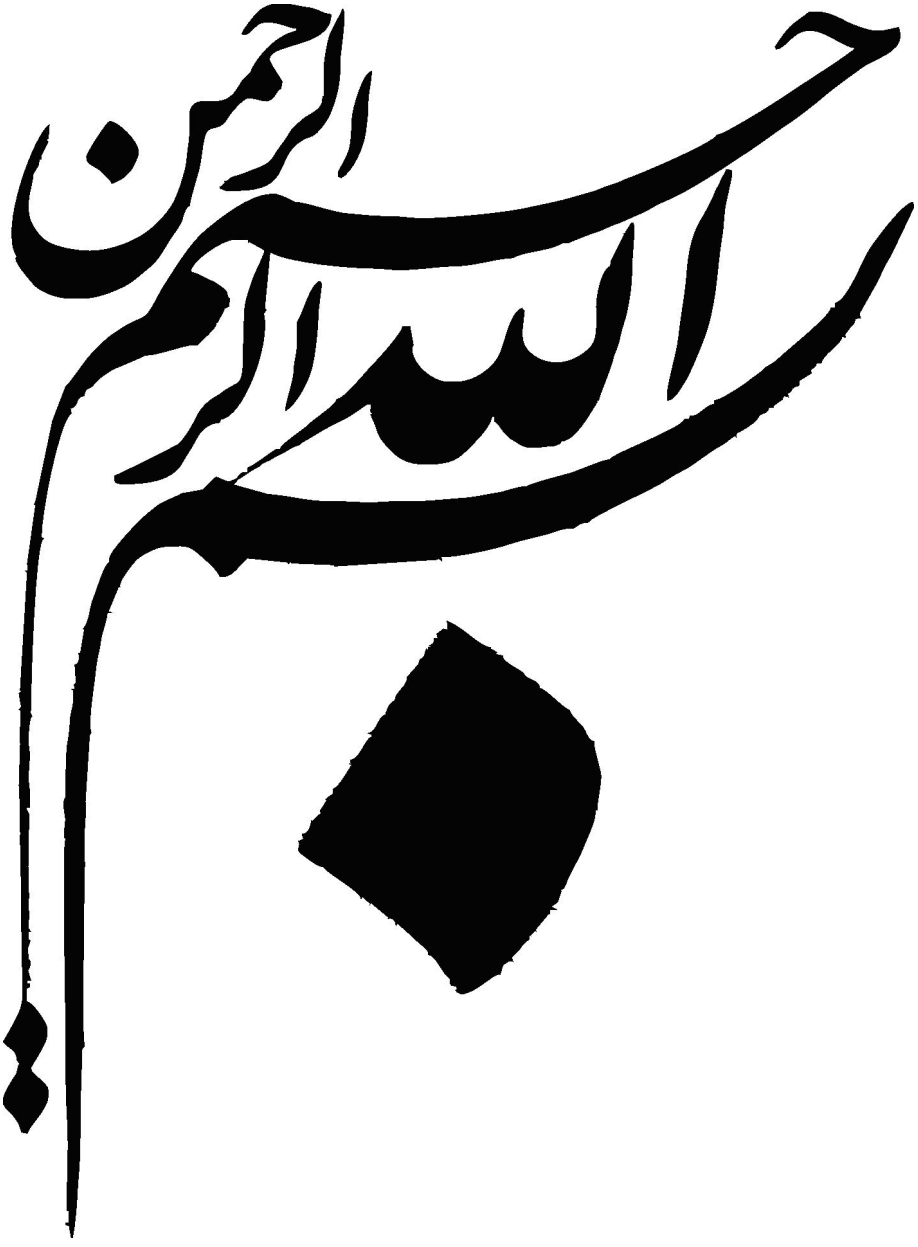

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه تفرش

دانشکده مهندسی برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

تعیین بهینه مکان نصب نیروگاه‌های CHP در بخشی از شبکه توزیع شهر همدان از نقطه نظر فنی و اقتصادی

استاد راهنما اول:

آقای دکتر مجتبی پیشوایی

استاد راهنما دوم:

آقای دکتر محمد حسن مرادی

دانشجو:

محمد فیروزفر

۱۳۹۰

تقدیم به:

پدر و مادر عزیزم به پاس زحمات بی دریغشان که در تمام مراحل زندگی و تحصیل، همچون کوه مرا مورد حمایت خویش قرار داده و از هیچ گونه کمکی مضایقه نکردند.

تقدیر و تشکر:

با تشکر از جناب آقای دکتر محمد حسن مرادی به جهت راهنمایی‌های دلسوزانه ایشان در پیشبرد این پایان نامه که در صورت نبود فرمایشات و راهنمایی‌های آن بزرگوار انجام این پروژه هرگز محقق نمی‌گشت. همچنین از جناب آقای دکتر مجتبی پیشوایی به خاطر راهنمایی‌های ارزنده ایشان کمال تشکر را دارم.

چکیده

در این پایان‌نامه به بحث و بررسی تولیدات پراکنده و علی‌الخصوص نیروگاه‌های تولید همزمان برق و حرارت (Combined Heat and Power) از جهت مقوله جایابی در سیستم‌های توزیع پرداخته شده است. جایابی DG در سیستم توزیع می‌تواند با در نظر گرفتن کمیت‌های مختلفی صورت گیرد. تابع هدف در جایابی DG در اینجا شامل سه ترم کاهش تلفات، بهبود پروفیل ولتاژ و پایداری ولتاژ می‌باشد که با استفاده از روش‌های بهینه سازی، بهترین مکان قرار گرفتن نیروگاه ابتدا در سیستم ۳۳ باس مرجع و سپس در سیستم توزیع شهر همدان مشخص شده است. لازم به ذکر است که پروژه‌ای با همین موضوع در شرکت توزیع همدان به تصویب رسید و با موفقیت انجام شد و و کارشناسان آن شرکت در زمینه دادن مجوز برای احداث مولدهای مقیاس کوچک به سرمایه‌گذاران بخش خصوصی، با توجه به اولویت‌های ذکر شده در این پایان نامه عمل می‌کنند.

روش پیشنهادی مبتنی بر توابع عضویت فازی برای جایابی بهینه DG با استفاده از توابع عضویت فازی در سیستم توزیع برای جایابی دسته خاصی از انواع تولیدات پراکنده نیز بیان شده و این روش پیشنهادی با روشی مبتنی بر الگوریتم حرکت پرندگان یا PSO (Particle Swarm Optimization) مقایسه شده است.

در پایان نیز شرایط خاص در تحلیل اقتصادی برای نصب و بهره‌برداری از CHP آورده شده است. همچنین مباحث مربوط به سرمایه گذاری در احداث نیروگاه در ایران با توجه به قیمت‌های واقعی نیروگاه‌ها، هزینه‌های نصب و راه-اندازی، مباحث مربوط به تحریم‌ها، قراردادهای منعقده با شرکت‌های توزیع، دوره بازگشت سرمایه و غیره بیان گردیده است. لازم به ذکر است که در این پایان نامه و پروژه انجام شده با همکاری آقایان محمد عابدینی و فرهاد سمائی صورت گرفت که هر کدام به ترتیب در قسمت‌های روش پخش بار انجام شده در پایان نامه و قسمتی از مطالعه مباحث اقتصادی نصب مولد CHP همکاری بسیاری داشتند.

فهرست مطالب

پیش گفتار

فصل اول

۱-۱- مقدمه ۱

۱-۲- پخش بار شبکه توزیع ۱

۱-۳- جایابی منابع تولید پراکنده ۳

۱-۳-۱- حل مساله جایابی DG از طریق روش‌های عددی و جبری ۳

۱-۳-۲- حل مساله جایابی DG از طریق روش‌های غیر تحلیلی ۴

۱-۴- معرفی تولیدات پراکنده ۷

۱-۴-۱- نگاهی به تولید پراکنده در نقاط مختلف جهان ۸

۱-۴-۲- کاربرد منابع تولید پراکنده در سیستم توزیع ۹

۱-۴-۲-۱- پشتیبانی ولتاژ شبکه ۹

۱-۴-۲-۲- تعادل پخش بار ۹

۱-۴-۲-۳- پشتیبانی ظرفیت اضطراری شبکه ۹

۱-۴-۲-۴- بهبود قابلیت اطمینان شبکه ۱۰

۱-۴-۲-۵- پشتیبانی ظرفیت شبکه ۱۰

۱-۴-۲-۶- افزایش طول عمر تجهیزات شبکه ۱۰

۱-۴-۲-۷- راه اندازی دوباره شبکه ۱۰

۱-۴-۲-۸- تاثیر بر تلفات ۱۰

۱-۴-۲-۹- کاهش تراکم دیماند وانتقال انرژی ۱۱

۱-۴-۲-۱۰- تامین توان راکتیو ۱۱

۱-۴-۲-۱۱- بهبود کیفیت توان ۱۱

۱-۴-۳- حفاظت ۱۱

۱-۴-۴- تکنولوژی-های منابع تولید پراکنده ۱۱

۱-۴-۴-۱- پیل سوختی ۱۲

۱-۴-۴-۲- سیستم‌های فتوولتاییک ۱۲

۱-۴-۴-۳- موتورهای درون سوز با سوخت فسیلی ۱۳

۱-۴-۴-۴- توربین‌های بادی ۱۳
۱-۴-۴-۵- توربین‌های احتراق صنعتی ۱۳
۱-۴-۴-۶- میکروتوربین ۱۳
۱-۴-۴-۷- سیستم‌های زمین گرمایی ۱۴
۱-۴-۵- دلایل استفاده از منابع تولید پراکنده ۱۴
۱-۴-۶- معرفی تکنولوژی CHP ۱۵
۱-۴-۶-۱- سابقهٔ تاریخی ۱۶
۱-۴-۶-۲- راندمان سیستم‌های CHP ۱۷
۱-۴-۶-۳- خصوصیات گرمایش ناحیه‌ای ۱۹
۱-۴-۶-۴- روش‌های تولید همزمان ۲۴
۱-۴-۶-۴-۱- نیروگاههای Extraction Condensing (زیر کشدار) ۲۴
۱-۴-۶-۴-۲- نیروگاههای Back - pressure ۲۵
۱-۴-۶-۴-۳- نیروگاههای Back - pressure صنعتی ۲۵
۱-۴-۶-۴-۴- نیروگاههای Back - pressure برای استفاده در گرمایش ناحیه‌ای ۲۵
۱-۴-۶-۴-۵- توربین گاز و بویلر بازیافت حرارت ۲۵
۱-۴-۷- نیروگاه‌های مجهز به موتورهای دورن سوز با سوخت فسیلی ۲۶
۱-۴-۸- انواع سیستم‌های CHP ۲۹
۱-۴-۹- مطالعه تولید همزمان برق و حرارت در ایران ۳۱
۱-۴-۱۰- مکان‌های مناسب برای نصب CHP ۳۲

فصل دوم

۲-۱ پخش بار سیستم توزیع شعاعی ۳۳
۲-۱-۱ حل برای باسهای PQ ۳۴
۲-۱-۲- حل برای باس PV ۳۵
۲-۲- تابع هدف مسئله تعیین مکان و ظرفیت منابع تولید پراکنده ۴۰
۲-۲-۱- قیود تساوی ۴۲
۲-۲-۲- قیود حفاظتی و عملیاتی ۴۲
۲-۲-۳- شرط توان عبوری از خطوط ۴۳
۲-۳- مدل‌سازی بار ۴۳
۲-۴- مدل سازی منابع تولید پراکنده ۴۴

فصل سوم

۳-۱- مقدمه ۴۵

۳-۲- نگاهی به روشهای بهینه سازی ۴۵

۳-۳- روشهای تکاملی ۴۶

۳-۴- بهینه سازی به روش حرکت پرندگان (PSO) ۴۸

۳-۴-۱- ساختار روش PSO ۴۸

۳-۴-۲- روش جستجوی PSO ۴۹

۳-۴-۳- پیاده سازی PSO برای تعیین ظرفیت و مکان بهینه DG ۵۰

۳-۵- روش پیشنهادی بر پایه توابع عضویت فازی برای تعیین محل نصب DG ۵۱

۳-۵-۱- تابع هزینه ۵۱

۳-۵-۲- مدل توابع فازی برای ولتاژ و تلفات توان ۵۲

۳-۵-۳- پیاده سازی روش فازی برای تعیین مکان بهینه DG ۵۴

فصل چهارم

۴-۱- مقدمه ۵۵

۴-۲- اطلاعات فیدر شعاعی ۳۳ باس مورد مطالعه ۵۵

۴-۳- تعیین پارامتر های الگوریتم PSO ۵۸

۴-۳-۱- تابع هدف مرکب برای تعیین مکان و ظرفیت نصب DG ۶۰

۴-۴- توضیحات و نتایج روش مبتنی بر **FUZZY** ۶۳

۴-۵- مقایسه روش پیشنهادی و روش جایابی **DG** مبتنی بر **PSO** ۶۴

۴-۶- اجرای برنامه **PSO** بر روی فیدرهای شهر همدان ۶۵

فصل پنجم

۵- ۱- مقدمه ۸۳

۵-۲- تعریف تابع هدف فروش حرارت ۸۳

۵-۲- ۱- محاسبه β (بر اساس گونه بندی کاربری ساختمان) ۸۴

۵-۲-۲- مقدار مصرف حرارت Pis ۸۵

۵-۲-۳- تعیین X : سیستم حرارتی که استفاده میکند و نوع حرارت مورد نیاز با توجه به نوع CHP (ضریب تکنولوژی) ۸۸

۵- ۲-۴- فاصله (d) ۸۸
۵-۲-۵- ضریب سوخت رسانی ۸۸
۵-۳- روش بررسی بر روی فیدرهای نمونه ۸۹
۵-۳-۱- فیدر مدنی ۸۹
۵-۳-۲- فیدر اندیشه ۹۳
۵-۴- بررسی شرایط موجود در ایران ۹۵
۵-۴-۱- اطلاعات مربوط به پک مولد ۹۶
۵-۴-۲- اطلاعات مربوط به نصب و راه اندازی ۹۶
۵-۴-۳- اطلاعات مربوط به پک CHP ۹۷
۵-۴-۴- اطلاعات مربوط به گمرک ۹۷
۵-۴-۵- اطلاعات مربوط به پرسنل و آموزش ۹۷
۵-۴-۶- اطلاعات مربوط به تعمیر و نگهداری و گارانتی ۹۷
۵-۴-۷- محاسبه دوره بازگشت سرمایه ۹۸

فصل ششم

۶-۱- نتیجه‌گیری ۱۰۰
۶-۲- پیشنهادها برای کارهای آینده ۱۰۱
مراجع ۱۰۲

پیش گفتار

سیستم‌های قدرت الکتریکی از چهار قسمت اصلی تشکیل شده‌اند: تولید، انتقال، توزیع و مصرف. شبکه‌های توزیع و انتقال سهم مشابه‌ای در عملکرد سیستم قدرت دارند و هر دو انرژی الکتریکی در سطوح ولتاژ مختلف را از یک نقطه به نقاط دیگر انتقال می‌دهند. شبکه‌های توزیع به علت نسبت پایین $\frac{X}{R}$ و ا فت ولتاژ که می‌تواند سبب تلفات توان قابل توجه‌ای در طول فیدر شود مشهور می‌باشند. تخمین زده شده است که بیشتر از ۱۳ درصد مجموع توان تولید شده در شبکه‌های توزیع تلف می‌شود[۱]. از مجموع تلفات توان حقیقی سیستم قدرت، تقریبا ۷۰ درصد آن به سطح توزیع مرتبط می‌باشد[۲و۳] .طبق تحقیقاتی که توسط عزیم و همکارانش صورت گرفت معلوم گردید که ۲۳ درصد توان تولیدی در هند به صورت تلفات در توزیع و انتقال از دست می‌رود[۴]. پیوستن منابع تولید پراکنده DG[1] به شبکه‌های توزیع تاثیر مثبت بسزایی در کاهش تلفات و بهبود پروفایل ولتاژ سیستم توزیع دارد در نتیجه بخاطر مزایایی که این نوع تکنولوژی ها داشتند، شرکت‌های برق شروع به تغییر در زیر ساخت‌های برق کرده و مکان، اندازه و تعداد این نوع DG ها را متناسب با ساختار شبکه مورد ارزیابی قراردادند. برای بدست آوردن ماکزیمم سود از به کارگیری DG در سیستم توزیع، باید در تعیین محل و میزان توانی که توسط DG به شبکه تزریق می‌گردد دقت کافی را به خرج داد به عبارت دیگر برای بدست آوردن بهترین نتیجه از به کارگیری DG، مکان و اندازه DG ها باید متناسب با شبکه توزیع بهینه انتخاب شود. هدف از این پروژه تعیین مکان و اندازه DG با در نظر گرفتن شاخص‌های فنی برای بهبود عملکرد سیستم توزیع با حضور منابع تولید پراکنده می‌باشد که با استفاده از روش‌های غیرتحلیلی[2] صورت می‌گیرد.

[1] Distributed generation
[2] heuristic

ساختار این پایان‌نامه را می‌توان به صورت زیر معرفی نمود.

- در فصل اول نگاهی به مقالات مرتبط با جایابی منابع تولید پراکنده و روش‌های پخش بار در سیستم توزیع می‌اندازیم و منابع تولید پراکنده و ویژگی‌های آنها معرفی می‌شود و تاثیرات حضور این منابع در سیستم توزیع مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. علاوه بر این موارد در این فصل تکنولوژی‌های مختلف DG ها نیز معرفی می‌گردند. نوعی خاص از DG با نام تولیدات همزمان برق و حرارت CHP[3]
- در فصل دوم روش پخش بار در سیستم توزیع مورد استفاده در این پایان‌نامه معرفی شده و تابع هدف مسئله تعیین مکان و ظرفیت DG با در نظر گرفتن قیود امنیتی و عملیاتی فرموله بندی می‌شود.
- در فصل سوم به معرفی روش‌های بهینه‌سازی پرداخته و روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم پرندگان (PSO[4]) برای مسئله جایابی DG به صورت ریاضی فرمول‌بندی می‌شوند و همچنین روش پیشنهادی برای تعیین بهینه مکان نصب DG بر پایه روش FUZZY معرفی و فرموله‌بندی می‌گردد.
- در فصل چهارم به معرفی شبکه نمونه حاوی ۳۳ باس برای سیستم توزیع پرداخته و روش جایابی بر روی این سیستم را با تابع هدف خاص ذکر شده اجرا می‌کنیم. در ادامه روش پیشنهادی را با تابع هدف جدید بر روی سیستم نمونه اجرا کرده سپس روش جایابی به روش PSO را با تابع هدف جدید برای مقایسه با روش پیشنهادی مجددا پیاده سازی کرده و با نتایج حاصل از روش پیشنهادی مقایسه می‌کنیم. در پایان این فصل نتایج حاصل از اجرای برنامه برای جایابی CHP در شبکه توزیع شهر همدان شرح داده شده است
- فصل پنجم به مباحث اقتصادی در مورد نصب و بهره برداری از CHP می‌پردازد و در انتهای فصل نیز مسائل اقتصادی طرح احداث نیروگاه CHP در حالت کلی و همچنین با توجه به شرایط خاص کشور ایران آورده شده است.
- در فصل ششم نتایج و پیشنهادها برای کارهای آینده بیان می‌شود.

[3] Combined Heat and Power
[4] Particle Swarm Optimization

فصل اول

مروری بر مقالات وکارهای انجام شده در موضوع پایان نامه و معرفی تولیدات پراکنده

۱-۱- مقدمه

مقالات منتشر شده در این زمینه که مرتبط با این پایان‌نامه می‌باشند در این قسمت بررسی می‌گردد. این فصل به سه قسمت تقسیم شده است:

- در قسمت اول نگاهی به روش‌های بخش بار در شبکه توزیع می‌اندازیم. پیش زمینه کلی درباره‌ی روش‌های مرسوم نشان داده می شود و در ادامه روش‌های توسعه داده شده معرفی می شوند .
- مسئله حضور DG در این قسمت مطالعه می شود. کارهای بهینه سازی اندازه و مکان DG توسط روش‌های جبری، عددی و روش‌های ابتکاری که تاکنون انجام گرفته نیز معرفی می شوند.
- در قسمت سوم نیز به معرفی DG و CHP (Combined Heat and Power) به عنوان نوع ویژه‌ای از تولیدات پراکنده می‌پردازیم.

۱-۲- پخش بار شبکه توزیع

برنامه‌های پخش بار نقش مهمی را در بررسی سیستم قدرت بر عهده دارند. موضوع پخش بار با مطالعه دامنه ولتاژ و زاویه باس‌ها، توانهای اکتیو و راکتیو، همچنین محاسبه‌ی بارگیری خطوط و نیز محاسبه تلفات اکتیو و راکتیو برای شرایط عملیاتی معینی سر و کار دارد. این مقادیر نوعا از طریق روش‌های عددی که از طریق تکرار محاسبه می‌گردند، برای بررسی عملکرد سیستم قدرت استفاده می‌شوند. در نیم قرن گذشته، روش‌های بسیاری برای حل مساله پخش بار معرفی شده است : دان استن [۵][5] اولین شخصی بود که در سال ۱۹۵۴ روش عددی برای حل برنامه پخش بار را معرفی کرد. وارد و هال [۶][6] افرادی بودند که مسئله عددی برای حل پخش بار را در سال ۱۹۵۶ فرمول بندی کردند. بیشتر روش‌های گذشته بر پایه ماتریس ادمیتاس و روش تکرار گوس سایدل[۷] (GS) بنا نهاده شده است. مشخصه همگرایی ضعیف در دو روش گوس سایدل زمانی که ابعاد شبکه بزرگ باشد و یا شرایط ناپایداری سبب تغییر در روش GS شد [۷و۸]، روش‌های دیگری هم

[5] Dunstan
[6] Hale
[7] Gauss-Seidel

چون نیوتن رافسون[۸] (NR) و هم چنین روش مجزا [۹] و روش مجزای سریع[۹] (FD) ارائه شدند [۳۵]. اگر چه روش NR نسبت به روش‌های دیگر سریع‌تر همگرا می‌شود اما محاسبات آن درهر تکرار زمان زیادی را به خود اختصاص می‌دهد.

با وجود بهبود عملکرد روش‌های پخش بار در شبکه‌های انتقال و قسمت‌های مرتبط به آن، روش‌های مذکور برای انجام پخش بار در شبکه توزیع کارایی لازم را ندارند زیرا که سیستم‌های توزیع[۱۰] (DS) ماهیتی متفاوت با شبکه های انتقال دارند. شبکه‌های توزیع به صورت شعاعی بوده و یا دارای حلقه‌های ضعیفی می‌باشند در حالی که شبکه‌های انتقال به صورت حلقه‌ای تشکیل شده اند. شبکه‌های توزیع دارای ولتاژ پایین و نسبت $\frac{X}{R}$ پایینی می‌باشند. همچنین این نوع شبکه‌ها از قسمت‌های عظیمی تشکیل شده که در شبکه توزیع شده‌اند. کوپلینگ متقابل بین فازها نیز در شبکه توزیع نادیده گرفته می‌شود. تمام این شرایط سبب می‌گردد تا سیستم توزیع را در گروه سیستم قدرت ناپایدار[۱۱] دسته-بندی کرد.

شبکه‌های توزیع به علت داشتن نسبت $\frac{X}{R}$ پایین سبب می‌شود تا هر دو روش مرسوم NR و FD واگرا شوند [۱۰و۱۱]. همچنین کوچک بودن نسبت $\frac{X}{R}$ مانع از ساده‌سازی و مجزا کردن ماتریس ژاکوبین می‌شود. در مرجع [۱۲] پخش بار شبکه توزیع را بر اساس روش نیوتون حل کردند، در این روش اگر چه ماتریس ژاکوبین یک بار محاسبه می-شود اما با تکرارهای بیش از روش‌های مرسوم به همگرایی می‌رسد. به علاوه بانک‌های خازنی شنت نیز در این روش نادیده گرفته شده است. باران[۱۲] و همکارانش [۱۳] روش دیگری را برای محاسبه پخش بار در شبکه توزیع پیشنهاد دادند. در این روش آنها از سه معادله درجه دوم برای نمایش توان‌های اکتیو و راکتیو ولتاژ باس‌ها در هر تکرار در تعیین اندازه‌ی بهینه خازن‌ها استفاده کردند با این حال آنها به صورت یک قانون پیشنهاد داده شده بر اساس روش NR ماتریس ژاکوبین را در هر تکرار محاسبه کردند که این امر زمان زیادی را صرف می‌کرد. در مرجع [۱۴و۱۵] یک معادله درجه دوم برای ارتباط دامنه‌ی باسی فرستنده و گیرنده ارائه شد. در این روش زاویه ولتاژ باس‌ها در طول محاسبات به منظور افزایش سرعت همگرایی نادیده گرفته شده بود. پخش بار شعاعی بوسیله [۱۶و۱۷] معرفی شد که از روش‌های پخش بار غیر از نیوتن رافسون که بر پایه روش نردبانی بود استفاده کردند. در این روش جریان نیز در محاسبات وارد شده و در جاروب به سمت عقب ولتاژ باس‌ها که شامل ولتاژ پست نیز می‌باشد محاسبه می‌شد. اگر مقدار اختلاف بین ولتاژ پست محاسبه شده از مقدار تعیین شده، ناچیز بوده آنگاه تعداد تکرارها متوقف می‌شود در غیر این صورت ولتاژ باس پست در حالت اولیه خود تنظیم می‌شود و ولتاژ باس‌های سیستم توزیع برای بار دوم با تعداد تکراری مشابه به صورت حرکت رو به جلو حل و محاسبه می‌شوند. هر دو روش نردبانی و روش پس رو–پیش رو، روش‌های بدون محاسبه مشتق بوده که از قوانین مداری ساده پیروی می‌کنند . مرجع [۱۸] روش پیش رو – پس رو را بهبود بخشید و ماتریس‌هایی را استخراج نمود که دقت محاسبات را افزایش می‌داد. تشکیل این ماتریس‌ها برای سیستم‌های توزیع با ابعاد بزرگ کاری پرزحمتی خواهد بود. در این پروژه، روش پخش بار که در مرجع [۱۹] که برای تعیین خازن و مرجع [۲۰] به کاربرده شده است، در حضور DG توسعه داده شده که دارای سرعت همگرایی و دقت بالایی می‌باشد.

[8] Newton -Raphson
[9] Fast decoupled
[10] Distribution systems
[11] ILL-CONDITION
[12] Baran

۱-۳- جایابی منابع تولید پراکنده

مزایای تولید پراکنده سبب شده تا آن را به یک وسیله موثر در شبکه قدرت تبدیل کند. حضور DG دارای مزایایی است که از جمله، تغذیه بارهای حساس در زمان قطع توان، کاهش تراکم شبکه‌های توزیع انتقال، بهبود عملکرد سیستم با کاهش تلفات و بهبود پروفایل ولتاژ را می‌توان نام برد. از معایب نصب DG نیز می‌توان به تزریق هارمونیک به شبکه، نیاز به داشتن طرح کنترلی پیچیده و نیز پخش توان در جهت معکوس در شبکه اشاره کرد. اگر چه مسئله حضور DG در شبکه قدرت موضوع جدیدی نیست اما مسئله نفوذ بالای آن از جمله مواردی است که باید مورد مطالعه و توجه قرار گیرد و نصب DG باید بر اساس مطالعه مسائل مختلفی متناسب با عملکرد شبکه انجام شود. مسئله جایابی DG در پاسخ به دو سوال معلوم می شود :

محل مناسب برای نصب DG کجاست و اندازه‌ی مناسب آن را چگونه باید انتخاب کرد؟

روش‌های گوناگونی بر پایه آنالیز عددی و غیر تحلیلی برای تعیین مکان و ظرفیت DG ارائه کرده‌اند که در ادامه نگاهی به این روش‌ها خواهیم کرد.

۱-۳-۱- حل مساله جایابی DG از طریق روش‌های عددی و جبری

مرجع [۲۱] قانون مشهور $\frac{۳}{۴}$ را که برای تعیین محله بهینه خازن استفاده می‌شد برای تعین مکان بهینه DG نمایش داد که درآن یک DG به اندازه ی $\frac{۳}{۴}$ بار استفاده شده در طول $\frac{۳}{۴}$ پایین تر از پست نصب گردید. در این روش فرض شده که بار به طور یکنواخت توزیع شده و اندازه‌ی هادی‌ها در سراسر شبکه توزیع یکسان می‌باشد. این فرضیات تنها برای تعیین یک DG در شبکه توزیع مناسب است.

کاشم[۱۳] و همکارانش [۲۲] ، یک روش عددی را برای تعیین اندازه‌ی بهینه DG بر پایه آنالیز حساسیت تلفات توان پیشنهاد کردند. این روش بر پایه مینیمم کردن تلفات توان در حضور DG بنا نهاده شده بود. روش پیشنهاد شده بر روی شبکه عملی در تاسمانیا، استرالیا آزمایش شد. در این روش فرض شده که بارها به صورت یکنواخت توزیع شده و ضریب قدرت در طول فیدر مشابه می‌باشد. هم چنین فرض شده که هیچ جریان خارجی به باس‌های سیستم تزریق نمی‌شود (مانند خازن‌ها با محدودیت‌های عملی) . وانگ [۲۳] روش عددی برای تعیین مکان بهینه DG را با انواع بارها مورد مطالعه قرار داد. تابع هدف ارائه شده در این مقاله نیز مینیمم کردن تلفات توان حقیقی می‌باشد. در این روش واحدهای DG فرض شده که دارای ضریب قدرت واحد می‌باشد و نقطه خطوط توزیع هوایی بدون در نظر گرفتن خازن‌های شنت بررسی شده‌اند. باس کاندید شده برای نصب DG بر پایه ماتریس ادمیتانس، توان ژنراتورها و بار شبکه توزیع می‌باشد. در این مقاله اندازه DG در تابع هدف مد نظر قرار نگرفته است.

گریفین[۱۴] و همکارانش [۲۴] مکان بهینه نصب DG را برای دو نوع بار که به صورت یکنواخت توزیع شده‌اند و یا به صورت یکنواخت افزایش می‌یابند پیشنهاد کردند. تابع هدف نیز مینیمم کردن تلفات شبکه می‌باشد و نتیجه حاصل از این مقاله را می‌توان به این صورت ارائه کرد که محل بهینه DG وابستگی زیادی به بار توزیع شده در طول فیدر دارد.

---
[13] Kashem
[14] Griffin

در [۲۵] از تغییرات افزایشی در تلفات توان نسبت به تغییر فاکتور حساسیت توان حقیقی تزریق شده که بوسیله الگرد[15][۲۶] توسعه داده شده بود استفاده کرد. فاکتور استفاده شده در این مقاله تعیین باسی است که می‌تواند سبب تلفات شود زمانی که DG بر روی آن نصب می‌شود. با استفاده از روش پیشنهاد داده شده آنها باس‌ها را بر اساس فاکتور حساسیت رتبه بندی کردند. مشکل این روش طولانی بودن فرآیند تعیین مکان بهینه نصب DG در شبکه توزیع می‌باشد هم چنین آنها تنها مکان DG را بهینه کردند و تنها برای نصب یک DG در شبکه توزیع این روش پیشنهاد شده است.

در مرجع [۲۷] مکان و اندازه‌ی بهینه DG بر پایه بررسی مطالعات پخش بار صورت گرفته است. دو شاخص برای تعیین باس بهینه برای نصب DG استفاده شده است. شاخص اول مربوط به حساسیت ولتاژ است که مستقیما از ماتریس ژاکوبین از پخش بار NR استخراج می‌شود و شاخص دوم نیز مربوط به افزایش تلفات حقیقی ناشی از تزریق توان اکتیو و راکتیو می‌باشد. اندازه‌ی DG با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی هم چون: محدودیت ولتاژ باس‌ها، توان عبوری از خطوط و محدودیت جریان خطا بهینه شده است. این فرآیند نیز طولانی بوده و برای یک DG پیشنهاد شده است.

مرجع [۲۸] نیز اندازه‌ی بهینه‌ی DG با یک روش برنامه ریزی خطی بر روی شبکه ایرلند حل کردند. در مرجع [۲۹] مکان بهینه DG بر پایه در نظر گرفتن پخش بار اقتصادی[16] و پایداری بار برای جلوگیری از واژگونی ولتاژ ارائه گردید. تابع هدف نیز با استفاده از یک روش درون یابی حل شده است. خروجی برنامه رتبه بندی باس‌ها جهت نصب DG می‌باشد. اندازه‌ی بهینه DG در این تحقیق مورد مطالعه قرار نگرفت.

مرجع [۳۰] جایابی DG را با استفاده از روش درون یابی نقطه‌ی با هدف کاهش تلفات و بهبود پروفایل ولتاژ ارائه کرده است. اگر چه در این مقاله مکان بهینه نصب DG را مشخص می‌کند اما برای یک شبکه توزیع با ابعاد بزرگ واقع-بینانه نمی‌باشد.

وان [۳۱] تنها مسئله اندازه‌ی DG را بر اساس روش تعمیم یافته گرادیان کاهشی معرفی کرده است. در این روش تابع هدف ارزیابی شده مینیمم کردن تلفات شبکه می‌باشد. در این مقاله تنها محدودیت‌های پخش بار مد نظر قرار گرفته و شرایط بررسی و قیود نامساوی مد نظر قرار نگرفته است.

هدایتی و همکارانش [۳۲] روش پخش بار را برای آنالیز باس‌های حساس به واژگونی ولتاژ مطرح کردند. باس‌های حساس در این مقاله رتبه بندی شده و مکان‌های مناسب برای نصب DG معرفی می‌شوند. روش تکرار برای تعیین مکان بهینه نصب DG به کار گرفته شده است. ابتدا برای یک ظرفیت مشخص DG که به شبکه توزیع متصل شده است برنامه پخش بار اجرا شده و تلفات توان حقیقی، پروفایل ولتاژ و ظرفیت توان عبوری از خطوط محاسبه می‌شود. در تکرار بعدی DG دیگری با ظرفیت یکسان به باس حساس اضافه می‌شود و نتایج محاسبه می‌شود. این فرآیند تکرار تا زمانی ادامه می-یابد تا خروجی به مقدار قابل قبولی برسد. در این روش تکرار که ارائه شد، اندازه‌ی بهینه DG تعیین نمی‌شود.

۱-۳-۲- حل مساله جایابی DG از طریق روش‌های غیر تحلیلی

روش‌های غیر تحلیلی برای حل مساله بهینه سازی به علت ارزیابی فضای جستجو بسیار کارآمد می‌باشند. روش‌های بهینه سازی هم چون الگوریتم ژنتیک [۳۴-۳۳] ،روش‌های ترکیبی هم چون ژنتیک و فازی[۳۵] و روش جستجوی تابو

[15] Elgerd
[16] Optimal power flow

[۳۵]، روش ترکیبی ژنتیک و تابو [۳۶] ،روش مورچگان[17] [۳۷] و روش بهینه سازی حرکت پرندگان [۳۸] و برنامه‌های تکاملی در مقالات متنوع برای تعیین مسئله جایابی DG مطرح شده‌اند.

تانگ[18] و همکارانش [۳۳] مسئله جایابی DG را بهبود بخشید. روش GA در این مقاله استفاده شد تا با ارزیابی تابع سودمندی DG که بر پایه آنالیز هزینه‌ها می‌باشد، ظرفیت DG را مشخص کند. مشکل این روش را می‌توان بدین صورت معرفی کرد که در آن مکان بوسیله شرکت برق تعیین شده و تنها اندازه‌ی DG در مکان‌های تعیین شده مشخص می‌شود.

در مرجع [۳۹] مینیمم کردن تلفات توان حقیقی شبکه توزیع به وسیله GA پیشنهاد گردید که درآن اندازه‌ی DG بدون در نظر گرفتن هیچ قیدی تعیین گردید. در این مقاله از روش NR برای محاسبه تلفات به کار گرفته شده است. در این مقاله تنها یک DG مورد بررسی قرار گرفته شده است.

حسن و همکارانش [۴۰] مسئله جایابی DG را با روش ژنتیک مورد مطالعه قرار دادند. تابع هدف به کار گرفته شده منیمم کردن تلفات توان حقیقی شبکه توزیع می‌باشد. در این مقاله نوع DG مورد مطالعه قرار گرفته، به صورت PV مدل شده است.

مرجع [۳۴]، در این مقاله DG به صورت یک مسئله برنامه نویسی چند هدف با محدودیت فرموله شده، که با استفاده از GA حل شده است. تابع هدف ارائه شده به دو صورت، یک تابع هدفی اصلی که مینیمم می‌شود و دیگری تابع هدف وابسته است که قیود را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. هزینه تعمیرات شبکه، تلفات و انرژی خریداری شده (از انتقال و DG) بوسیله توابع هیبریدی مینیمم می‌شود.

در مقاله [۴۱] مکان نصب DG از قبل معلوم فرض شده و از روش جستجوی تابو برای تعیین اندازه‌ی DG با هدف طراحی شبکه سیستم توزیع تعیین گردید. تابع هدف ارائه شده مینیمم کردن تلفات شبکه می‌باشند. بار در این مقاله به صورت منبع جریان ثابت با ضریب قدرت ثابت در نظر گرفته شده است.

کیم و همکارانش [۴۲] و گندم‌کار [۴۳] یک روش هیبریدی برای حل مساله اندازه‌ی DG پیشنهاد کرده‌اند. در این مقاله روش ژنتیک – فازی برای تعیین مکان اندازه‌ی بهینه یک DG معرفی شده است. در مقاله دوم ژنتیک و شبیه‌سازی گداخت[19] (SA) برای تعیین میزان توان خروجی ارائه شده است. در هر دو مقاله اندازه‌ی DG به عنوان یک مسئله غیر خطی فرموله شده است. که قیود مرزی نیز مد نظر قرار گرفته است. در مقاله دوم قیود تساوی پخش بار نیز مد نظر قرار گرفته است. مقاله اول برای چند DG حل شده است اما در مقاله دوم تنها یک DG مد نظر قرار گرفته است. در هر دو مقاله DG را بر روی تمام باس‌ها برای تعیین اندازه و مکان بهینه DG قرار می دهند.

همدانی گلشن [۴۴] روش جستجوی تابو را برای بهینه کردن اندازه‌ی DG مطرح کرده است که منابع راکتیو هم چون خازن، راکتور و یا هر دو نیز در سیستم توزیع مد نظر قرار گرفته است. تابع هدف ارائه شده توسط این مقاله مینیمم کردن هزینه تلفات توان راکتیو، بار خطوط و هزینه منابع راکتیو اضافه شده است. در این تحقیق محل DGها ومنابع راکتیو بهینه نشده است.

حقی فام و فلقی [۳۵] روش جستجوی مورچگان را برای بهینه سازی مکان و اندازه‌ی DG پیشنهاد کرده‌اند. تابع هدف برای مینیمم کردن هزینه‌ی شبکه ارائه شده است به عنوان مثال مجموع هزینه‌های DG، هزینه‌های نگهداری،

[17] Ant colony optimization
[18] Teng
[19] Simulated annealing

هزینه تلفات شبکه و هزینه‌ای که از طریق خط انتقال خریداری می‌شود. اندازه‌ی DG به عنوان مقداری گسسته در نظر گرفته شده است. DGها در این مقاله به صورت ضریب توان ثابت معرفی شده‌اند و ضریب توان بارهای شبکه دارای ضریب قدرت ۰.۹ می‌باشند. بنابراین می‌توان بیان کرد که مدل خازن‌های شنت غیر عملی می‌باشد بویژه زمانی که با یک شبکه توزیع بزرگ مواجه شویم.

راج و همکارانش [۳۸] مسئله جایابی DG را به دو مرحله مختلف تقسیم کردند. آنها PSO را برای تعیین اندازه‌ی یک و چند DG به کار بردند و مکان را نیز از طریق پخش بار NR برای باس‌هایی که دارای پروفایل ولتاژ ضعیفی می-باشند، کاندیدا کردند. PSO تلفات شبکه را مینیمم می‌کرد و تنها محدودیت که توسط نویسندگان مد نظر قرار گرفته است، حدود ولتاژ باس‌ها می‌باشد. محدودیت با استفاده از ضریب پنالتی در تابع هدف مورد ارزیابی قرار گرفته است.

رحمان و همکارانش [۴۵] شاخص‌هایی را برای تعیین باس‌های مناسب جهت نصب یک DG استخراج کردند. اندازه‌ی DG نیز با استفاده از یک روش تکاملی ارزیابی شده است. تابع هدف ارائه شده مینیمم کردن تلفات تنها با قید مرزی ولتاژ باس‌ها در ناحیه مجاز خود می‌باشد. اندازه‌ی DG تعیین شده در این کار واقع بینانه نمی‌باشد زیرا که محدودیت خطوط، تساوی پخش بار و محدودیت اندازه‌ی DG مد نظر قرار نگرفته است. در مرجع [۴۶] از الگوریتم ژنتیک تعمیم یافته برای طراحی سیستم توزیع با هدف منیمم کردن هزینه و بهبود پایداری ولتاژ استفاده شده است. در مرجع [۴۷] از الگوریتم ژنتیک برای تعیین ظرفیت نصب DG با هدف کاهش تلفات و بهبود پروفایل ولتاژ به کار گرفته شده است. در این مقاله تابع هدف بدون در نظر گرفتن قیود عملیاتی و کاربردی مورد بررسی قرار گرفته است. مرجع[۴۸] به منظور تعیین مکان و اندازه DG تابعی مرکب، که هدف مینیمم کردن شاخص‌های فنی برای بهبود عملکرد سیستم می‌باشد را توسط GA حل کرده است. در این مقاله بار به صورت ثابت فرض نشده و تغییرات بار نیز مد نظر قرار گرفته است. راج و همکارانش در [۴۹] مکان نصب DG را با هدف کاهش تلفات و در نظر گرفتن بار وابسته به ولتاژ و فرکانس تعیین کردند.

در این مقاله تنها نصب یک منبع تولید پراکنده مورد مطالعه قرار گرفته و ظرفیت آن نیز ثابت فرض گردیده است.

مرجع [۵۰] مکان بانک‌های خازنی و منابع تولید پراکنده را توسط الگوریتم ژنتیک تعیین کرده است. در این مقاله هدف منیمم کردن هزینه‌های انرژی و تلفات سیستم می‌باشد. ظرفیت DG در این مقاله بهینه نشده و برای سطوح مختلف بار تغییر داده شده است. در مرجع [۵۱] از روش عددی[20] برای تعیین مکان وظرفیت DG استفاده شده است. در این مقاله نیز قیود مربوط به پخش بار مد نظر قرار داده نشده است. گلکار و همکارانش در مرجع [۵۲] مکان و ظرفیت نصب واحدهای DG را با استفاده از الگوریتم ژنتیک توسعه یافته تعیین کرده‌اند. در این مقاله قیود امنیتی و عملیاتی نیز مد نظر قرار گرفته است اما تابع هدف ارزیابی شده تنها مینیمم کردن تلفات سیستم می‌باشد. در مرجع [۹۳] از الگوریتم زنبور عسل به منظور تعیین اندازه و ظرفیت DG استفاده شده است. تابع هدف استفاده شده در این مقاله نیز مینیمم کردن تلفات شبکه ۳۳ و ۶۹ باس می‌باشد. در مرجع [۹۴] مقایسه‌ای میان روش الگوریتم ژنتیک و روش بهینه سازی غیر خطی صورت گرفته است. تابع هدف استفاده شده در این مقاله نیز مینیمم کردن تلفات و هزینه‌های انرژی می‌باشد. در این مقاله نشان داده شده که نصب اشتباه DG می‌تواند سبب افزایش تلفات در شبکه شود.

[20] Ordinal optimisation

در جدول زیر به طور خلاصه دسته بندی جامعی از مقالات مختلف در زمینه جایابی تولیدات پراکنده که در قبل اشاره شد آورده شده است:

نویسنده	تابع هدف	روش حل	مدل بار	مدل DG	سال انتشار
KIM [۴۲]	مینیمم کردن تلفات	GA-FUZZY	یکنواخت	منبع توان ثابت	۲۰۰۲
Willis [۲۱]	مینیمم کردن تلفات	عددی قانون ۲/۳	یکنواخت	منبع توان ثابت	۲۰۰۰
Haghifam [۳۵]	مینیمم کردن هزینه های سرمای گذاری	ACO	متغییر با زمان	منبع توان ثابت	۲۰۰۸
Golshan [44]	مینیمم کردن هزینه ها تلفات توان	تابو	یکنواخت	منبع توان ثابت	۲۰۰۸
Rag [38]	مینیمم کردن تلفات وبهبود پروفایل ولتاژ	PSO & LOAD FLOW	یکنواخت	منبع توان ثابت	۲۰۰۹
Hassan [۱۰]	ماکزیمم سود DG و مینیمم کردن هزینه های تلفات	GA	یکنواخت	PV	۲۰۰۵
Hawary [۹۳]	مینیمم کردن تلفات	زنبور عسل	یکنواخت	منبع توان ثابت	۲۰۰۹
Glokar [۵۲]	مینیمم کردن تلفات	GA	یکنواخت	منبع توان ثابت	
Cadena [۱۶]	مینیمم کردن هزینه های سرمای گذاری و تلفات	ابتکاری	پیک بار	منبع توان ثابت	۲۰۰۸
Kumar [۴۹]	مینیمم کردن تلفات	روش عددی	وابسته به ولتاژ و فرکانس	منبع توان ثابت	۲۰۰۸
Jabr [۲۳]	مینیمم کردن تلفات و ماکزیمم کردن ظرفیت DG	روش عددی	یکنواخت	CHP	۲۰۰۹
Grifin [۲۴]	مینیمم کردن تلفات	GA	افزایشی	منبع توان ثابت	۲۰۰۰
Singh [۲۲]	منیمم کردن هزینه های DG	GA	وابسته به ولتاژ	منبع توان ثابت	۲۰۰۹
Allan [۳۰]	مینیمم کردن تلفات	تکاملی	یکنواخت	نوع P	۲۰۰۹

۱-٤- معرفی تولیدات پراکنده

با توجه به رشد سریع و سالیانه جمعیت و تغییر الگوی زندگی، افزایش تقاضا برای انرژی الکتریکی همواره به عنوان یکی از چالش‌های بزرگ صنعت برق مطرح بوده و تامین برق با قیمت قابل قبول را با مشکل مواجه ساخته است. از سوی دیگر تجدید ساختار و قانون زدایی در صنعت برق، تغییر در شرایط اقتصادی و رقابت در این صنعت را به همراه آورده است. طراحی و توسعه سیستم‌های توزیع به عنوان یک بخش مهم و تاثیر گذار درسیستم قدرت، یکی از وظایف مهم شرکت‌های توزیع محسوب می‌شود. طراحان این شرکت‌ها همواره تلاش می‌کنند تا با استفاده از روش‌های بهینه برای تامین بار سیستم به قابلیت اطمینان و قیمت قابل قبول دست یابند.

سیستم‌های توزیع در حال حاضر براساس تخمین از داده های نادرست از بار طراحی شده اند بنابراین اختلاف ناچیزی بین تقاضا و میزان بار پیش بینی شده وجود دارد از این رو سرویس‌دهی شبکه توزیع همواره قابل سوال می‌باشد. وجود یک سیستم توانمندی که خود را براساس رشد تقاضا در آینده هماهنگ سازد و محدودیت‌های اقتصادی، محیطی و قابلیت اطمینان را برآورده نماید ضروری است. در سیستم‌های انرژی الکتریکی امروزی، DG به عنوان تکنولوژی جدید، می‌تواند به عنوان روش مناسبی برای تغذیه شبکه‌های توزیع مطرح شود.

منابع تولید پراکنده در واقع واحدهای تولیدی می‌باشند که معمولا ظرفیت آنها پایین بوده و در نزدیکی بار به سیستم متصل می‌شوند. بهره گیری از منابع تولید پراکنده تاثیرات مثبت فراوانی هم برای مصرف کننده و هم برای شرکت‌های

توزیع دارد زیرا که سبب کاهش هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم، به تعویق انداختن احداث تجهیزات جدید، بهبود پروفایل ولتاژ و کاهش تلفات سیستم می‌گردد. همچنین اهمیت اقتصادی DG در سال‌های اخیر افزایش یافته است که از مهم‌ترین این دلایل می توان به موارد زیر اشاره کرد [۵۳] .

- تشویق دولت به منظور سرمایه‌گذاری منابع انرژی‌های نو و تولید همزمان گرما و انرژی
- خطر سرمایه‌گذاری پایین در نتیجه هزینه‌های کم و آماده سازی سریع واحدهای DG
- هزینه پایین انتقال انرژی، در نتیجه تولید توان در نزدیکی مصرف کننده
- بازده بالای برخی از تکنولوژی‌های تولید پراکنده

تعریف تولید پراکنده

تولید پراکنده در صنعت مفهوم جدیدی می‌باشد. آنالیز منابع از متون نشان می‌دهد که هنوز یک تعریف کلی و پذیرفته شده ازتولید پراکنده ارائه نشده است. بعلاوه در ارتباط با میزان تولید واحدهای تولید پراکنده نیز اتفاق نظری وجود ندارد. خلاصه‌ای از این تعاریف را می‌توان به صورت زیر معرفی نمود :

- کنفرانس بین المللی سیستم‌های الکتریکی فشار قوی[۲۱] ، تولید پراکنده را به عنوان واحدهایی که به صورت متمرکز برنامه ریزی نشده، معمولا به شبکه توزیع متصل بوده و دارای ظرفیتی حداکثر از ۵۰ تا ۱۰۰ مگاوات باشند تعریف کرده است .
- انجمن مهندسین الکتریسیته [۲۲]و الکترونیک تولید پراکنده را به عنوان یک واحد تولیدی که به اندازه کافی از نیروگاه‌های متمرکز کوچک دور می‌باشند، بیان می‌کند.
- انستیتو تحقیقات گاز، تولید پراکنده را معمولا بین ۲۵ کیلووات تا ۲۵ مگاوات بیان می‌کند.
- انستیتو تحقیقات توان الکتریکی تولید پراکنده را تولید از مقادیر کیلووات کم تا ۵۰ مگاوات معرفی می کند.
- آژانس بین المللی انرژی، تولید پراکنده را واحدهای تامین کننده توان در محل بار یا واحدهایی که توان را به طور مستقیم به شبکه‌های توزیع تغذیه می‌کنند، بیان می‌کند.

ولی باید گفت که بین مولفین و موسسات متفاوت در مورد DG توافقی وجود دارد وآن اینکه هدف تولید پراکنده تهیه یک منبع توان اکتیو می‌باشد. طبق این تعریف، تولید پراکنده نیازی به داشتن قابلیت تامین توان راکتیو ندارد با این وجود در بسیاری از فناوری‌های مرتبط با DG به طور مستقیم یا غیر مستقیم امکان تولید توان راکتیو نیز وجود دارند[۵۳-۵۴ –۵۵].

۱-٤-۱- نگاهی به تولید پراکنده در نقاط مختلف جهان

پیشرفت‌های گذشته و نوآوری‌ها در تکنولوژی DG، آزادسازی در بازار الکتریکی، تراکم خطوط و انتقال و افزایش نگرانی‌های زیست محیطی سبب گسترش به کارگیری DG در سرتا سر جهان شده است. در سال ۲۰۰۳ حدود ۹۰ درصد

---

۲۱ CIGRE

۲۲ IEEE

توان مورد نیاز در دانمارک توسط DG سرویس داده شده است، در حالی که در اسپانیا، پرتقال و آلمان DG نزدیک به ۲۰ درصد از شبکه توزیع را تغذیه می‌کرد[۵۸].

از ۶۴۳ گیگا وات تولید بوسیله اروپا در سال ۲۰۰۵، ۱۲۲ گیگا وات بوسیله هیدرو، ۹۶ گیگا وات نیز توسط CHP و ۵۳ گیگاوات بوسیله دیگر انرژی‌های تولید شده است. نصف ظرفیت تولید توسط CHPها در مالکیت شرکت‌های برق و نصف دیگر آن نیز بوسیله تولید کنندگان مستقل تولید می‌شود. در سال ۲۰۰۵ مجموع نصب توان تولیدی از طریق باد، ۵۹.۱ گیگاوات بود . انجمن جهانی انرژی باد[۲۳] انتظار دارد که ظرفیت توان تولید شده توسط این تکنولوژی ۱۹۶۹مگا وات افزایش یابد، که در حدود ۱۹۰۰ مگا وات آن تنها در آمریکا در اوایل سال ۲۰۰۸ روی داده است.

۱-٤-۲- کاربرد منابع تولید پراکنده در سیستم توزیع

با توجه به نیازمندی‌های بار و نوع DG، کاربردهای مختلفی برای تولید پراکنده وجود دارد که در زیر آنها را معرفی می‌کنیم [۶۰-۶۱-۶۲-۶۳-۶۴-۶۵] :

۱-٤-۲-۱- پشتیبانی ولتاژ شبکه

ولتاژ و توان راکتیو در یک شبکه قدرت می‌بایست در یک محدوده مجاز حفظ و کنترل شوند. بدین منظور ژنراتورها و نیز بارها در رنج‌های توصیه شده ضریب توان کار می‌کنند تا از افت ولتاژ در مواقع پیک بار و افزایش ولتاژ در موقع کاهش مصرف جلوگیری شود. این سرویس در صورتیکه تجهیزات لازم برای کنترل و تنظیم واحدهای تولید پراکنده نصب گردند، به شبکه قابل ارائه می‌باشد. استفاده از منابع تولید پراکنده در پست‌های توزیع باعث کاهش بار مصرفی شبکه از دید شرکت تولید کننده برق می‌گردد، که این امر بطور غیر مستقیم منجر به کاهش افت ولتاژ در خطوط انتقال می‌شود. این مزیت، بخصوص در مواقع پیک بار شبکه که بروز افت ولتاژ شدید می‌تواند حتی باعث قطعی درشبکه شود، بسیار درخور توجه است.

۱-٤-۲-۲- تعادل پخش بار

تولید انرژی در یک مجموعه از منابع تولید پراکنده قابل کنترل، قادر است که میزان بارگذاری بین پست‌های شبکه را تنظیم نماید و بدین ترتیب باعث بهبود پخش بار و تعادل خطوط شود.

۱-٤-۲-۳- پشتیبانی ظرفیت اضطراری شبکه

تولید پراکنده انرژی، در بخش توزیع شبکه می‌تواند، در مواقعی که یکی از بخش‌های شبکه دچار مشکل شده است، بطور اضطراری بار مورد نیاز برخی از مصرف کنندگان را تامین نماید و بدین ترتیب تعداد مصرف کننده‌هایی که در حالت قطعی و اختلال در شبکه از مدار خارج می‌شوند، را کاهش دهد.

[23] Global Wind Energy Council