بسم الله الرحمن الرحیم

تأییدیّه هیات داوران

(برای پایان نامه)

اعضای هیئت داوران، نسخه نهائی پایان نامه خانم / آقای:

را با عنوان:

از نظر فرم و محتوی بررسی نموده و پذیرش آن را برای تکمیل درجه کارشناسی/ کارشناسی ارشد تأیید می‌کند.

اعضای هیئت داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما			
۲- استاد مشاور			
۳- استاد مشاور			
۴- استاد ممتحن			
۵- استاد ممتحن			
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی			

تقدیم

به

پدر و مادرم

که از نگاهشان صلابت

از رفتارشان محبت

و از صبرشان ایستادگی را آموختم ...

با تقدیر و تشکر شایسته از استادان بزرگوارم

دکتر مسعود علی اکبر گلکار و دکتر سید مسعود مقدس تفرشی

که با نکته‌های دلاویز و گفته‌های بلند، صحیفه‌های سخن را علم پرور نمودند

و همواره راهنما و راه‌گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده‌اند.

۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق–قدرت

مدلسازی و طراحی کنترلر جهت بهبود پایداری ولتاژ در میکروشبکه (Micro-Grid)

توسط:

محسن اکبری

اساتید راهنما:

دکتر مسعود علی‌اکبر گلکار

دکتر سید مسعود مقدس تفرشی

زمستان ۱۳۹۰

چکیده

موضوع پایداری در میکروشبکه‌ها همچون سیستم‌های قدرت سنّتی، مؤلفه مهمی برای مدیریت انرژی و برنامه‌ریزی می‌باشد. پایداری ولتاژ و فرکانس از مهمترین مواردی است که اخیراً در زمینه میکروشبکه-ها مطالعه شده است. هدف از انجام این پایان‌نامه، طراحی و مدلسازی عناصر و کنترلرها و ارائه روش‌های جدیدی برای کنترل ولتاژ در یک میکروشبکه هیبرید AC/DC و در شرایط وقوع اغتشاشات مختلف می-باشد. همچنین توانایی این روش‌ها در کنترل فرکانس شین AC نیز نشان داده خواهد شد.

در این پایان‌نامه، کنترلرهای PI بدلیل دارا بودن مزایای ساختار ساده و پیاده‌سازی آسان، طراحی و مدلسازی گردیده و بمنظور بهینه‌سازی پارامترهای آن‌ها از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات (PSO) استفاده گردیده است. بر مبنای نتایج بدست آمده، کنترلرهای ولتاژ PI دارای بهترین عملکرد در تمامی شرایط بهره‌برداری میکروشبکه نمی‌باشند. در ادامه، کنترلرهای ولتاژ مبتنی بر تبدیل موجک گسسته، مدلسازی و طراحی گردیده‌اند که قادر به بازیابی بسیار سریع ولتاژ نسبت به کنترلرهای PI در شرایط وقوع اغتشاشات می‌باشند. همچنین در این پایان‌نامه، کنترلرهای ولتاژ PI فازی خودتنظیم طراحی و پیشنهاد گردیده‌اند که نتایج، نشان‌دهنده توانایی آن‌ها در کنترل ولتاژ میکروشبکه در تمامی شرایط بهره‌برداری می‌باشند.

کلید واژه: الگوریتم بهینه‌سازی، تبدیل موجک، کنترل منطق فازی، کنترل ولتاژ، کنترلر PI، میکروشبکه.

Abstract

The stability is an important topic to plan and manage the energy in the microgrids as the same as the conventional power systems. The voltage and frequency stability is one of the most important issues recently studied in microgrids. Our objectives of thesis are the modelling and designing of the components and controllers, and presentation of the new methods for the voltage control of the AC/DC hybrid microgrid under the different disturbances. Also, the ability of these methods in the AC bus frequency control will be shown.

Since the PI controllers have the advantages of simple structure and easy implementation, so they were designed and modelled in this thesis. The Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm is used to optimize the controllers' parameters. According to the achieved results, the PI voltage controllers have not the best performance in all the operation conditions of the microgrid. Then, the discrete wavelet transform (DWT)-based voltage controllers are modeled and designed which will be able to quickly restore and stabilize the voltage under disturbances as compared to the PI controllers. Furthermore, in this thesis, the PI-type self-tuning fuzzy controllers are designed and proposed. The results show their ability and robustness to control the microgrid voltage under all the operation conditions.

Keywords**:** fuzzy logic control, microgrid, optimization algorithm, PI controller, voltage control, wavelet transform.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل ۱- مقدمه .....

۱-۱- پیش‌گفتار ۱

۱-۱-۱- سیستم‌های قدرت متمرکز ۱

۱-۱-۲- مفهوم تولید پراکنده ۲

۱-۱-۳- مفهوم میکروشبکه ۴

۱-۲- پایداری ۸

۱-۲-۱- پدیده پایداری در سیستم‌های قدرت ۸

۱-۲-۲- مفهوم پایداری میکروشبکه ۹

۱-۲-۲-۱- بررسی پایداری ولتاژ در میکروشبکه ۱۰

۱-۲-۲-۲- روش‌های تعیین پایداری در میکروشبکه‌ها ۱۱

۱-۳- ساختار کنترلی میکروشبکه‌ها ۱۲

۱-۴- انگیزه‌های مطالعه ۱۴

۱-۵- اهداف موردنظر از انجام مطالعه ۱۵

۱-۶- ساختار پایان‌نامه ۱۶

فصل ۲- مروری بر مطالعات گذشته .....

۲-۱-مقدمه ۱۷

۲-۲- مروری بر مطالعات گذشته ۱۷

۲-۳- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری ۳۲

فصل ۳- مدلسازی عناصر و کنترلرها در میکروشبکه پیشنهادی .....

۳-۱- مقدمه ۳۵

۳-۲- آرایش و مدلسازی میکروشبکه پیشنهادی ۳۵

۳-۲-۱- آرایش میکروشبکه ۳۷

۳-۲-۲- بهره‌برداری میکروشبکه ۳۸

۳-۲-۳- مدلسازی واحدهای میکروشبکه ۳۹
۳-۲-۳-۱- مدلسازی واحد PV ۳۹
۳-۲-۳-۲- مدلسازی ذخیره‌ساز باتری ۴۱
۳-۲-۳-۳- مدلسازی ذخیره‌ساز ابرخازن ۴۳
۳-۲-۳-۴- مدلسازی واحد DFIG ۴۳
۳-۲-۴- طراحی کنترلر مبدل واحدهای میکروشبکه ۴۶
۳-۲-۴-۱- مد بهره‌برداری موازی ۴۶
۳-۲-۴-۲- مد بهره‌برداری جزیره‌ای ۵۲
۳-۳- جمع‌بندی ۵۴

فصل ۴- ارائه روش‌های کنترلی مورد استفاده در پایان‌نامه

۴-۱- مقدمه ۵۵
۴-۲- استفاده از الگوریتم PSO بمنظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۵۵
۴-۳- استفاده از تکنیک تبدیل موجک بمنظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۶۱
۴-۳-۱- تبدیل موجک پیوسته ۶۲
۴-۳-۲- تبدیل موجک گسسته ۶۳
۴-۴- استفاده از تکنیک منطق فازی بمنظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۶۶
۴-۴-۱- اصول منطق فازی ۶۷
۴-۴-۲- کنترلر PI فازی خودتنظیم ۶۹
۴-۵- جمع‌بندی ۷۱

فصل ۵- نتایج شبیه‌سازی

۵-۱- مقدمه ۷۲
۵-۲- نتایج شبیه‌سازی ۷۲
۵-۲-۱- کنترل میکروشبکه پیشنهادی مبتنی بر الگوریتم PSO ۷۲
۵-۲-۲- استفاده از تکنیک تبدیل موجک بمنظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۸۳
۵-۲-۳- استفاده از تکنیک منطق فازی بمنظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۸۷
۵-۳- نتیجه‌گیری ۹۱

فصل ۶- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری ۹۲
۶-۲- پیشنهادات ۹۲

فهرست مراجع ۹۴

واژه نامه فارسی به انگلیسی ۹۹

واژه نامه انگلیسی به فارسی ۱۰۲

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱: خلاصه‌ای از مطالعات گذشته ۳۳
جدول ۳-۱: پارامترهای تابلوی خورشیدی ۴۰
جدول ۳-۲: پارامترهای DFIG ۴۵
جدول ۴-۱: جدول قوانین فازی ۷۱

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱: یک میکروشبکه AC بعنوان یک ساختار نوعی از میکروشبکه‌ها ۷
شکل ۱-۲: طبقه‌بندی مسایل پایداری سیستم قدرت ۹
شکل ۱-۳: طبقه‌بندی مسایل پایداری میکروشبکه‌ها ۹
شکل ۲-۱: میکروشبکه مبتنی بر اینورترمورد مطالعه در [۲۱] ۱۸
شکل ۲-۲: دیاگرام بلوکی کنترل افت ولتاژ برمبنای استراتژی کنترل افت ۱۹
شکل ۲-۳: نمونه‌ای از مشخصه افت در استراتژی کنترل افت ۱۹
شکل ۲-۴: نمایش افت ولتاژ توسط یک اندوکتانس مجازی ۱۹
شکل ۲-۵: مشخصه‌های V_I و L_{vir}_I برای $V=f(Q)$، k_Q=0.00192 V/Var ۲۰
شکل ۲-۶: بارگذاری خازنی VSI ۲۰
شکل ۲-۷: جریان خروجی یک اینورتر در شرایط "تحریک خودی" ۲۱
شکل ۲-۸: منحنی مرزی برای "تحریک خودی": الف) ناحیه پایداری؛ ب) ناحیه "تحریک خودی" ۲۱
شکل ۲-۹: منابع ولتاژ دارای کوپلینگ مقاومت اهمی ۲۲
شکل ۲-۱۰: نمونه‌ای از مشخصه افت در استراتژی کنترل افت معکوس ۲۲
شکل ۲-۱۱: میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۳] برای کنترل ولتاژ ۲۳
شکل ۲-۱۲: میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۳] برای کنترل توان اکتیو ۲۳
شکل ۲-۱۳: مدل میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۴] ۲۴
شکل ۲-۱۴: میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۵] ۲۵
شکل ۲-۱۵: میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۶] ۲۶
شکل ۲-۱۶: میکروشبکه مورد مطالعه در [۲۹] ۲۷
شکل ۲-۱۷: میکروشبکه مورد مطالعه در [۳۳] ۲۸
شکل ۲-۱۸: میکروشبکه مورد مطالعه در [۳۴] ۲۹
شکل ۲-۱۹: میکروشبکه مورد مطالعه در [۳۵] ۲۹
شکل ۲-۲۰: آرایش میکروشبکه مورد مطالعه در [۳۷] ۳۰
شکل ۲-۲۱: آرایش میکروشبکه مورد مطالعه در [۳۸] ۳۰
شکل ۲-۲۲: ساختار میکروشبکه مورد مطالعه در [۴۰] ۳۱

شکل ۲-۲۳: ساختار میکروشبکه مورد مطالعه در [۴۱] ۳۲
شکل ۳-۱: آرایش میکروشبکه هیبرید AC/DC پیشنهادی ۳۷
شکل ۳-۲: مدار معادل یک سلول خورشیدی ۳۹
شکل ۳-۳: دیاگرام بلوکی برای رابطه (۳-۲) ۳۹
شکل ۳-۴: دیاگرام بلوکی برای رابطه (۳-۳) ۴۰
شکل ۳-۵: دیاگرام بلوکی برای رابطه (۳-۱) ۴۰
شکل ۳-۶: مدل غیرخطی باتری ۴۱
شکل ۳-۷: اتصال ژنراتور القایی روتور سیم‌بندی شده به میکروشبکه به صورت DFIG ۴۴
شکل ۳-۸: الگوریتم کنترل MPPT برای واحد PV ۴۷
شکل ۳-۹: دیاگرام بلوکی کنترلر مبدل بوست در مد بهره‌برداری موازی میکروشبکه ۴۷
شکل ۳-۱۰: طرح کنترلی ذخیره‌ساز انرژی ترکیبی باتری و ابرخازن در مد بهره‌برداری موازی ۴۸
شکل ۳-۱۱: دیاگرام بلوکی کنترلر مبدل اصلی در مد بهره‌برداری موازی میکروشبکه ۴۹
شکل ۳-۱۲: طرح کنترل DTC برای مبدل طرف رتور در واحد DFIG و مد بهره‌برداری موازی میکروشبکه ۵۱
شکل ۳-۱۳: الگوریتم کنترل MPPT برای واحد DFIG ۵۱
شکل ۳-۱۴: طرح کنترلی مبدل طرف شبکه در واحد DFIG و مد بهره‌برداری موازی ۵۱
شکل ۳-۱۵: دیاگرام بلوکی کنترلر گام DFIG ۵۲
شکل ۳-۱۶: دیاگرام بلوکی کنترل مبدل اصلی برای شرایط کارکرد جزیره‌ای ۵۳
شکل ۴-۱: یک حالت ابتدایی نمونه در یک الگوریتم ۴ ذره‌ای PSO ۵۶
شکل ۴-۲: نحوه محاسبه تبدیل موجک گسسته ۳ مرحله‌ای بکمک ایده بانک فیلتر برای یک سیگنال دلخواه ۶۵
شکل ۴-۳: کنترلر ولتاژ MRPI برای ذخیره‌سازهای باتری و ابررسانا بمنظور کنترل ولتاژ شین DC ۶۶
شکل ۴-۴: کنترلر ولتاژ MRPI برای اینورتر بمنظور کنترل ولتاژ شین ac ۶۶
شکل ۴-۵: ساختار سیستم کنترل فازی ۶۸
شکل ۴-۶: ساختار کنترلر PI فازی خودتنظیم ۶۹
شکل ۴-۷: توابع عضویت برای ورودی e ۷۰
شکل ۴-۸: توابع عضویت برای ورودی Δe ۷۰
شکل ۴-۹: توابع عضویت برای خروجی k_p ۷۰
شکل ۴-۱۰: توابع عضویت برای خروجی k_i ۷۰

شکل ۵-۱: مقدار تابع هدف برحسب تعداد تکرار برای الگوریتم PSO ۷۳
شکل ۵-۲: ولتاژ بخش AC در حالت جزیره‌شدگی ۷۴
شکل ۵-۳: فرکانس بخش AC در حالت جزیره‌شدگی ۷۴
شکل ۵-۴: ولتاژ بخش DC در حالت جزیره‌شدگی ۷۴
شکل ۵-۵: پایدارساز ولتاژ پیشنهادی در DFIG ۷۵
شکل ۵-۶: ولتاژ بخش AC در حالت وقوع خطای سه‌فاز ۷۶
شکل ۵-۷: فرکانس بخش AC در حالت وقوع خطای سه‌فاز ۷۶
شکل ۵-۸: ولتاژ بخش DC در حالت وقوع خطای سه‌فاز ۷۶
شکل ۵-۹: تغییرات سطح تابش خورشید ۷۷
شکل ۵-۱۰: ولتاژ بخش dc در حالت تغییر سطح تابش خورشید ۷۸
شکل ۵-۱۱: جریان باتری در حالت تغییر سطح تابش خورشید ۷۸
شکل ۵-۱۲: جریان ذخیره‌ساز ابرخازن در حالت تغییر سطح تابش خورشید ۷۸
شکل ۵-۱۳: ولتاژ بخش DC در حالت تغییر بار DC ۷۹
شکل ۵-۱۴: جریان باتری در حالت تغییر بار DC ۷۹
شکل ۵-۱۵: جریان ذخیره‌ساز ابرخازن در حالت تغییر بار DC ۸۰
شکل ۵-۱۶: ولتاژ بخش AC در حالت تغییر بار AC ۸۰
شکل ۵-۱۷: فرکانس بخش AC در حالت تغییر بار AC ۸۱
شکل ۵-۱۸: ولتاژ بخش DC در حالت تغییر بار AC ۸۱
شکل ۵-۱۹: جریان ذخیره‌ساز باتری در حالت تغییر بار AC ۸۱
شکل ۵-۲۰: جریان ذخیره‌ساز ابرخازن در حالت تغییر بار AC ۸۲
شکل ۵-۲۱: ولتاژ بخش DC در حالت اتصال به شبکه بالادست ۸۲
شکل ۵-۲۲: ولتاژ بخش AC در حالت جزیره‌شدگی براتی نقاط کار مختلف: الف) ۱۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC، ب) ۲۰ kW بار DC و ۵۰ kW بار AC، ج) ۲۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC ۸۴
شکل ۵-۲۳: شکل ۵-۲۲: فرکانس بخش AC در حالت جزیره‌شدگی: الف) ۱۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC، ب) ۲۰ kW بار DC و ۵۰ kW بار AC، ج) ۲۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC ۸۵
شکل ۵-۲۴: شکل ۵-۲۳: ولتاژ بخش DC در حالت جزیره‌شدگی: الف) ۱۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC، ب) ۲۰ kW بار DC و ۵۰ kW بار AC، ج) ۲۰ kW بار DC و ۳۰ kW بار AC ۸۶
شکل ۵-۲۵: ولتاژ بخش DC در حالت اتصال به شبکه بالادست ۸۷

شکل ۵-۲۶: ولتاژ بخش AC در حالت جزیره‌شدگی: الف) PI کنترلر ب) کنترلر مبتنی بر تبدیل موجک ج) کنترلر فازی خودتنظیم ۸۸
شکل ۵-۲۷: فرکانس بخش AC در حالت جزیره‌شدگی: الف) PI کنترلر ب) کنترلر مبتنی بر تبدیل موجک ج) کنترلر فازی خودتنظیم ۸۹
شکل ۵-۲۸: ولتاژ بخش DC در حالت جزیره‌شدگی: الف) PI کنترلر ب) کنترلر مبتنی بر تبدیل موجک ج) کنترلر فازی خودتنظیم ۹۰

فصل اول

مقدمه

۱–۱– پیشگفتار

پایداری سیستم‌های قدرت همانند گذشته همچنان به عنوان موضوع اصلی در بهره‌برداری ایمن از سیستم‌های قدرت مطرح است. زیرا موضوع پایداری، مؤلفه مهمی برای مدیریت انرژی و برنامه‌ریزی در هر سیستم قدرت می‌باشد.

از طرف دیگر، استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر و نیز استفاده بهینه‌تر از منابع انرژی اصلی (که با عمل تولید در نزدیک بار محقق می‌گردد) منجر به افزایش واحدهای تولید پراکنده (DG[1]) در شبکه توزیع فشار ضعیف و متوسط گشته است. کاربرد واحدهای DG در سیستم‌های توزیع، نوع جدیدی از سیستم‌های قدرت بنام میکروشبکه را معرفی می‌نماید. چنین سیستم‌هایی می‌توانند به شبکه قدرت اصلی متصل شده (مد موازی) و یا بطور مستقل یعنی بصورت مد جزیره‌ای مورد بهره‌برداری قرار بگیرند که در هر دو مد بهره‌برداری بایستی تغذیه‌ای پیوسته را برای مراکز بار یا مصرف‌کنندگان فراهم آورند. لذا این مفهوم منجر به تعریف جدیدی از بهره‌برداری واحدهای DG گشته که نیازمند طرح‌های کنترلی پیچیده در سیستم خواهد بود.

۱–۱–۱– سیستم‌های قدرت متمرکز

[1] Distributed Generation

امروزه، توان الکتریکی اغلب از طریق نیروگاه‌های متمرکز تولید می‌گردد، که معمولاً متشکل از توربین‌های آبی بزرگ، موتورهای احتراقی با سوخت فسیلی یا راکتورهای هسته‌ای می‌باشند. توان تولیدی این مراکز، مقداری بین ۱۵۰ MW و ۸۰۰ MW است. سپس توان تولیدی توسط اقتصادی‌ترین و مؤثرترین روش، از طریق خطوط انتقال به مراکز بار منتقل می‌گردد. تولید توان متمرکز برای چندین دهه مورد استفاده قرار گرفته است. با وجود این، تعدادی عیوب در چنین سیستم‌هایی وجود دارند، که قابل-توجه‌ترین آن‌ها مسأله قابلیت اطمینان و دسترسی منبع تغذیه بمنظور کاهش خاموشی بوده و خطوط انتقال طویل نیز تلفات اقتصادی بسیار زیادی را بهمراه خواهند داشت. بعلاوه، با توجه به این حقیقت که زیرساخت‌های بسیاری از سیستم‌های قدرت موجود، بمدت طولانی مورد استفاده قرار گرفته و عمر اغلب آن‌ها رو به پایان می‌باشد، لذا دیگر بسیاری از سیستم‌های قدرت نمی‌توانند افزایش نیازهای توان الکتریکی را پاسخگو باشند و نگهداری آن‌ها نیز نیازمند بودجه مالی فراوانی خواهد بود. در نتیجه، سیستم‌های مذکور امروزی تحت فشارهای شدیدی بهره‌برداری می‌گردند. خاموشی شمال شرق آمریکا که در ماه آگوست ۲۰۰۳ بدلیل اضافه بار موجود در یک منطقه انتقال اصلی رخ داد، یک مثال نوعی از اینگونه مشکلات است. همچنین در بسیاری از موارد، از دیدگاه زیست‌محیطی، احداث یک نیروگاه بزرگ جدید گزینه مناسبی نبوده و حتی در صورت تصمیم بر احداث نیروگاه جدید، انتخاب و تهیه مکان آن بعنوان چالش‌های واقعی مطرح خواهند گردید. بمنظور حل نمودن این مسایل اجتناب‌ناپذیر در سیستم-های قدرت متمرکز، استفاده از واحدهای تولید پراکنده (DGها) در شبکه‌های توزیع بعنوان یکی از چندین راه‌حل مؤثر و عملی، می‌تواند مورد توجه قرار گیرد و همانطور که در ابتدا بیان گردید این کاربرد منجر به ظهور شبکه‌های توزیع کوچکتر موسوم به میکروشبکه‌ها خواهد گردید [۱].

۱-۱-۲- مفهوم تولید پراکنده

اگرچه تکنولوژی DG، پدیده‌ای رو به افزایش در سیستم‌های قدرت الکتریکی می‌باشد، اما هنوز تعریف رسمی و مورد توافق جهانی برای آن وجود ندارد. بعنوان نمونه، تکمیل پرسشنامه کنگره بین‌المللی شبکه‌های توزیع برق (CIRED[1]) در تاریخ ۱۹۹۹، نشان‌دهنده عدم‌وجود یک توافق کلی جهانی در مورد تعریف تکنولوژی DG می‌باشد. بر اساس این پرسشنامه، برخی کشورها تکنولوژی DG را برمبنای سطح ولتاژ تعریف نموده، در حالیکه در دیگر کشورها واحدهای DG به واحدهای تولیدی متصل به سیستم‌های قدرت اطلاق می‌گردد که مستقیماً به تغذیه بارهای الکتریکی می‌پردازند. کشورهای دیگر نیز تکنولوژی DG را برمبنای برخی مشخصه‌های خاص (مانند تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر، تولید همزمان[2] برق و حرارت، یا ...) تعریف می‌نمایند [۲].

[1] Congrès International des Réseaux Electriques de Distribution (French: International Conference on Electricity Distribution)
[2] Co-generation

مؤسسه مهندسین برق و الکترونیک (IEEE[1])، تولید برق توسط واحدهایی که به اندازه کافی از نیروگاه‌های متمرکز، کوچکتر بوده و قادر به نصب در محل مصرف هستند را به عنوان تکنولوژی DG تعریف کرده است. در حالیکه آژانس بین‌المللی انرژی (IEA[2])، واحدهای تولید کننده توان در محل مصرف یا در داخل شبکه توزیع که توان را به طور مستقیم به شبکه توزیع محلی تزریق می‌کنند را بعنوان واحدهای DG معرفی می‌کند. اما در تعریف شورای بین‌المللی سیستم‌های بزرگ الکتریکی (CIGRE[3]) از واحدهای DG آمده است: تمام واحدهای تولیدی که دارای حداکثر ظرفیت تا ۱۰۰ مگاوات بوده، معمولاً به شبکه توزیع یا فوق‌توزیع متصل شده و به طور متمرکز برنامه‌ریزی و کنترل نمی‌شوند؛ همچنین در این تعریف، واحدهای DG به صورت میکرو (۱ W تا ۵ kW)، کوچک (۵ kW تا ۵ MW)، متوسط (۵ MW تا ۵۰ MW) و بزرگ (۵۰ MW تا ۳۰۰ MW) دسته‌بندی می‌شوند [۲].

مطالعات نشان می‌دهند که تمایز برجسته‌تر در تعاریف ارایه شده برای مفهوم DG، مربوط به اندازه این واحدها می‌باشد. بهرحال، گستره وسیع تعریفات امکان کاربرد وسیعی از طرح‌های ممکن تولید را می‌دهد. اما ویژگی مشترکی که در تعاریف مختلف برای تکنولوژی DG به چشم می‌خورد این است که این مولدها نسبتاً کوچک بوده و مستقیماً به شبکه توزیع متصل می‌شوند [۲].

استفاده از واحدهای DG شاید در بعضی مواقع دارای صرفه اقتصادی نباشد، اما علاوه بر صرفه اقتصادی مسائل دیگری نیز در استفاده از این واحدها دخیل هستند که باعث استفاده روزافزون از آن‌ها گشته است. بعنوان مثال IEA، پنج دلیل عمده را در علاقه به بکارگیری از تولیدات پراکنده مؤثر می‌داند [۳]:

۱- توسعه تکنولوژی تولیدات پراکنده

۲- محدودیت در ساخت خطوط انتقال جدید

۳- تقاضای مشترکین برای داشتن انرژی با قابلیت اطمینان بالاتر

۴- رقابتی شدن بازارهای انرژی الکتریکی

۵- نگرانی در رابطه با آلودگی‌های محیطی و تغییر شرایط جوّی

همچنین، تنظیمات و استانداردها بایستی برای اتصال مناسب تمامی واحدهای DG با تکنولوژی‌های مختلف رعایت گردند. مجموعه استانداردهای IEEE P1547، یکی از استانداردهایی است که مشخصات

[1] Institute of Electrical and Electronics Engineers

[2] International Energy Agency

[3] Conseil International des Grands Réseaux Électriques (French: International Council for Large Electric Systems)

واحدهای DG و نیازهای سیستم را بمنظور تسهیل نمودن اتصال آن‌ها تعیین می‌نماید. مجموعه استانداردهای IEEE P1547، بصورت زیر طبقه‌بندی می‌گردند [۴]:

۱- IEEE standard P1547.1: استاندارد برای انجام آزمایشات بر روی تجهیزاتی که واحدهای DG را به سیستم قدرت الکتریکی متصل می‌کنند.

۲- IEEE standard P1547.2: راهنما برای اتصال واحدهای DG به سیستم قدرت الکتریکی.

۳- IEEE standard P1547.3: راهنما برای مانیتورینگ، تبادل اطلاعات و کنترل واحدهای DG در سیستم قدرت الکتریکی.

۱-۱-۳- مفهوم میکروشبکه

مفهوم میکروشبکه‌ها دارای تاریخچه طولانی می‌باشد. در واقع، سیستم‌های قدرت اولیه را می‌توان نوعی از میکروشبکه‌ها تلقی نمود. بعد از دهه ۱۹۵۰، برخی از میکروشبکه‌های اولیه بدلیل سیاست‌های دولتی و مزایای عملکردی که سیستم‌های قدرت متمرکز داشتند، خارج و بدون استفاده گشتند. با وجود این، با توسعه تکنولوژی‌های جدید، نگرانی‌های زیست‌محیطی و مسایل قابلیت اطمینان، ایده میکروگرید مجدداً بهمراه منابع انرژی جایگزین متنوع مانند میکروتوربین[1]ها، منابع بادی، تابلوهای فتوولتائیک (PV[2]ها) و پیل‌های سوختی مطرح گردیده است [۱]. آغاز تحقیق مجدد بر روی این مفهوم توسط "کنسرسیوم برای راه‌حل‌های تکنولوژی قابلیت اطمینان الکتریکی (CERTS[3])" در آمریکا انجام گردید.

بطور کلی، میکروشبکه‌ها مجموعه‌ای از بارها و واحدهای تولیدی کوچک (معمولاً در حدود چند kW تا چند صد kW) است که بصورت یک سیستم قابل کنترل و متصل به شبکه توزیع ولتاژ پایین یا متوسط، مورد بهره‌برداری قرار گرفته و هم توان و هم گرما را (در صورت لزوم) برای ناحیه موردنظر فراهم می‌آورد [۵]-[۷]. از اینرو، از دیدگاه شبکه توزیع بالادست، یک میکروشبکه به عنوان یک بار یا منبع انرژی قابل کنترل عمل می‌نماید. به عنوان نمونه، یک میکروشبکه می‌تواند شبکه برق موجود در یک مرکز خرید، پارک صنعتی یا دانشگاه باشد.

در امر توسعه میکروشبکه‌ها موانع و مشکلاتی وجود دارند که بطور خلاصه عبارتند از [۸]:

۱- هزینه زیاد بمنظور اتصال واحدهای DG

۲- ممنوعیت معامله محلی (فراتر از شبکه) انرژی

[1] Micro-turbine
[2] Photo-Voltaic
[3] Consortium for Electric Reliability Technology Solutions