بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه زنجان

صورتجلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

شماره: ۵-م-۷۸۸

تاریخ: ۱۳۹۰/۱۱/۱۸

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی‌عصر (عج) جلسه دفاع از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد

خانم / آقای: **مجید کاظمی** رشته: **مهندسی برق** گرایش: **قدرت**

تحت عنوان: : کنترل وپایداری گذرای میکرو شبکه ها در حالت بهره برداری متصل به شبکه و مستقل از شبکه

در تاریخ **۱۳۹۰/۱۱/۱۸** با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه زنجان برگزارگردید و نظر هیأت داوران بشرح زیر می‌باشد:

قبول (با درجه : عالی ..... امتیاز: ۱۹ .....) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود

۱- عالی(۲۰-۱۹)
۲- بسیارخوب(۱۸/۹۹ - ۱۸)
۳- خوب(۱۷/۹۹ - ۱۶)
۴- قابل قبول(۱۵/۹۹ - ۱۴)
۵- غیر قابل قبول (کمتر از ۱۴)

عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنما	دکتر ابوالفضل جلیلوند	دانشیار	
۲- استاد راهنما	دکتر رضا نوروزیان	استادیار	
۳- استاد مشاور	دکتر کاظم مظلومی	استادیار	
۴- استاد ممتحن	دکترسعید جلیل زاده	دانشیار	
۵- استاد ممتحن	دکترسید هادی حسینی	استادیار	
۶- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر فرهاد بیات	استادیار	
۷- نماینده: مسئ برق	مهندس طالش		

دکتر رضا نوروزیان
معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی
دانشکده

دکتر محمدحسین شهیر
مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه

مدیریت تحصیلات تکمیلی و استعدادهای درخشان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان:

کنترل و پایداری گذرای میکروشبکه ها درحالت بهره برداری متصل به شبکه ومستقل از شبکه

نگارش:

مجید کاظمی

اساتید راهنما:

دکتر ابوالفضل جلیلوند

دکتر رضـا نوروزیـــان

استاد مشاور: **دکتر کاظم مظلومی**

بهمن ۹۰

تقدیر وتشکر

حمد وسپاس خالق یکتا را که هدایت‌کننده انسانها بسوی سعادت وکمال است. اینک که به لطف الهی مراحل کار تحقیقاتی این پایان‌نامه به اتمام رسیده‌است، برخود لازم می‌دانم از اساتید راهنمای ارجمند و گرامی آقایان دکتر ابوالفضل جلیلوند و دکتر رضا نوروزیان و استاد مشاور محترم جناب آقای دکتر کاظم مظلومی که با بزرگواری و صرف اوقات ارزشمند خود اینجانب را در کلیه مراحل انجام این پژوهش یاری رساندند و همچنین از کلیه دوستان و عزیزانی که مرا در تدوین این پایان نامه کمک کردند کمال تشکر و سپاس را داشته‌باشم.

تقدیم می‌دارم به :

پدر ومادر عزیزم

« دوشمع فروزان زندگی وخزانه امید خداونددرکوره راه پرتلاطم زندگی‌ام

آنان که سپید مو گشتند تا سپیدرویم ببینند

وآنان که وجودم برایشان همه رنج است و وجودشان برایم همه مهر»

و

همسر عزیزم

«که برایم الگوی شکیبایی، مهربانی وفداکاری است

او که حس بودنش به من شوق زیستن می‌دهد»

این پایان‌نامه با حمایت مالی شرکت برق منطقه‌ای استان زنجان تحقق یافته‌است لذا برخود لازم می‌دانم از زحمات و الطاف مدیرعامل‌محترم شرکت برق منطقه‌ای جناب‌آقای‌اسکندری به خاطرحمایت‌های مالی و معنویشان و نیز جناب‌آقای‌مهندس‌خالقی که در اوقات مختلف اینجانب را از نقطه نظرات مشورتی خود بهره‌مند ساختند، کمال تقدیر و تشکر را داشته باشم.

امید است که این پایان‌نامه بتواند در جهت تحقق اهداف آن شرکت مؤثر واقع شود.

چکیده

رشد روزافزون منابع تولید پراکنده (DG) در شبکه های فوق توزیع (MV) منجر به ایجاد دغدغه‌ها و نتایج مهمی شده است: اولاً لزوم تنظیمات مجدد بازار برق به طورجداگانه برای تولید، انتقال و توزیع. ثانیاً قابل دسترس بودن منابع تولید پراکنده و ژنراتورهای کوچک با راندمان بالا و قیمت پایین که بر اساس تکنولوژی های جدید ساخته شده‌اند. ثالثاً مشکلاتی از قبیل گسترش یافتن شبکه های انتقال و توزیع و ایجاد نیروگاه های بزرگ ، که اهمیت استفاده از منابع تولید پراکنده را بیش از پیش نمایان می کند.

یکی از کاربردهای مهم منابع تولید پراکنده را می‌توان در استفاده آنها در رخدادهای جزیره‌ای در شبکه‌های فشار متوسط (فوق توزیع) عنوان کرد. حالت جزیره‌ای هنگامی رخ می‌دهد که یک بخش از سیستم توزیع از شبکه اصلی جدا می‌شود اما به سبب وجود منابع تولید پراکنده می‌تواند به عملکرد عادی خود ادامه دهد. به این شبکه جداشده که شامل منابع تولید پراکنده مختلف و بارهای گوناگون می‌باشد میکروشبکه(Micro-grid) می‌گویند.

پس از ایجاد حالت جزیره‌ای و تشکیل میکروشبکه به دلیل وجود منابع تولید پراکنده قابلیت اطمینان بالا رفته و مصرف‌کننده‌ها بدون خاموشی خواهند بود. شناسایی حالت جزیره‌ای، کنترل و حفظ پایداری میکروشبکه‌ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. در این پایان نامه ابتدا میکروشبکه‌ها تعریف شده، سپس مدلسازی میکروشبکه به همراه منابع تولید پراکنده انجام شده‌است. در ادامه،رفتار میکروشبکه در سناریوهای مختلف با توجه به منابع تولید پراکنده موجود مورد بررسی قرار می‌گیرد . در انتها روشی برای کنترل مناسب منابع تولید پراکنده جهت بهبود عملکرد میکروشبکه‌ها وکمک به حفظ پایداری آنها ارائه شده است.

کلمات کلیدی:میکروشبکه ، منابع تولید پراکنده ، حالت جزیره‌ای

فهرست مندرجات

عنوان صفحه

۱)**فصل اول** ۱
۱-۱) مقدمه ۲
۱-۲) تعریف میکروشبکه ۲
۱-۳)شناسایی حالت جزیره ای ۴
۱-۴)کنترل میکروشبکه ها ۵
۱-۵) مد های عملکردی میکروشبکه ها ۸
۱-۵-۱) مد عملکرد متصل به شبکه ۹
۱-۵-۲)مد عملکردی مستقل ازشبکه(جزیره ای) ۱۰
۲) **فصل دوم** ۱۳
۲-۱)مقدمه ۱۴
۲-۲) انرژی ۱۴
۲-۲-۱)انرژی های تجدیدپذیر ۱۶
۲-۲-۲)اهمیت انرژی های تجدیدپذیر ۱۶
۲-۲-۳)تاریخچه و وضعیت کنونی انرژی های تجدیدپذیر ۱۷
۲-۳) بادو انرژی آن ۱۸
۲-۳-۱) منبع اصلی باد و عوامل ایجاد آن ۱۹
۲-۳-۲) توان و انرژی باد ۲۰
۲-۳-۳) توان قابل تبدیل توسط توربین بادی ۲۱
۲-۴) توربین های بادی ۲۳
۲-۴-۱) نیروگاههای بادی ۲۳
۲-۴-۲) انواع توربین های بادی ۲۴
۲-۴-۳) نحوه عملکرد توربین های بادی ۲۷
۲-۴-۴)مشخصه‌های عملکردی توربین بادی ۲۸
۲-۴-۵) دیاگرام توان و مشخصات مکانیکی توربین بادی ۳۱
۲-۴-۶) بررسی پایداری توربین بادی ۳۲
۲-۵) دیزل ژنراتور ۳۳
۲-۵-۱) موتور دیزل ۳۴
۲-۵-۲) نحوه کارکرد موتور دیزل..... ۳۴

عنوان صفحه

۲-۵-۳)دیزل ژنراتور ۳۶
۳) **فصل سوم**..... ۳۸
۳-۱) مقدمه ۳۹
۳-۲) مدل باد ۳۹
۳-۳) ژنراتور القایی با تغذیه دوگانه(DFIG) ۴۲
۳-۴) مدلسازی DFIG..... ۴۴
۳-۴-۱) مدل تحلیلی معادلات ژنراتور ۴۵
۳-۴-۲) مدل المان محدود ژنراتور ۴۸
۳-۴-۳) کانورترهای سمت شبکه و روتور ۵۰
۳-۴-۳-۱) کانورتر سمت شبکه ۵۱
۳-۴-۳-۲) کانورتر سمت روتور ۵۲
۳-۴-۳-۳) حفاظت اضافه جریان روتور_crowbar ۵۲
۳-۵) مشخصات فیزیکی و مدل دینامیکی توربین بادی ۵۴
۳-۶) دیزل ژنراتور ۵۶
۳-۶-۱) موتور دیزل ۵۶
۳-۶-۲) گاورنر ۵۸
۳-۶-۳) کلاچ ۶۰
۳-۶-۴) ژنراتور سنکرون ۶۱
۴)**فصل چهارم**..... ۶۶
۴-۱)مقدمه ۶۷
۴-۲)شبیه سازی میکروشبکه مورد مطالعه ۶۷
۴-۳)شبیه سازی عملکرد میکروشبکه‌ها در مد متصل به شبکه اصلی ۶۹
۴-۴)شبیه سازی عملکرد میکروشبکه در مد مستقل از شبکه اصلی ۷۴
۴-۴-۱) رخداد جزیره‌ای برنامه‌ریزی شده ۷۵
۴-۴-۲) رخداد جزیره‌ای بدون برنامه‌ریزی(اتفاقی) ۸۰
۵) **فصل پنجم**..... ۸۶
۵-۱) مقدمه ۸۷
۵-۲) روش های کنترل توربین بادی ۸۷
۵-۲-۱) کنترلروتور توربین بادی ۸۸
۵-۲-۱-۱) توربین باکنترل ایستا ۹۰
۵-۲-۱-۲) توربین با کنترل ایستای فعال ۹۰

عنوان صفحه

۵-۲-۲) کنترل برج نگهدارنده توربین بادی ۹۱
۵-۲-۳) کنترل‌های محور توربین بادی ۹۳
۵-۲-۴) کنترل‌های ژنراتور توربین بادی ۹۴
۵-۳) نواحی عملکرد توربین بادی جهت استخراج توان ۹۴
۵-۴) ماکزیمم توان استخراجی و کنترلر سرعت ۹۵
۵-۵) کنترل فرکانس اولیه ۹۸
۵-۶) کنترل توان راکتیو و تنظیم ولتاژ ترمینال ۹۹
۵-۷) ارائه روش پیشنهادی جهت کنترل و استخراج توان ماکزیمم DFIG ۱۰۰
۵-۷-۱) کنترل کانورتر سمت روتور ۱۰۳
۵-۷-۲) کنترل کانورتر سمت شبکه ۱۰۴
۵-۸) شبیه سازی‌ها و ارزیابی روش کنترلی پیشنهادی در سناریوهای مختلف ۱۰۸
۵-۸-۱) عملکرد میکروشبکه در مد متصل به شبکه و وقوع تند باد ۱۰۹
۵-۸-۲) عملکرد میکروشبکه در مد متصل به شبکه و تغییر خطی سرعت باد ۱۱۴
۵-۸-۳) رخداد جزیره‌ای برنامه ریزی شده ۱۱۹
۵-۸-۴) رخداد جزیره‌ای بدون برنامه ریزی ۱۲۳
۶) **فصل ششم** ۱۲۸
۶-۱) نتیجه گیری ۱۲۹
۶-۲) پیشنهادات ۱۲۹
منابع ومراجع ۱۳۰

فهرست شکلها

عنوان صفحه

شکل ۱-۱ شماتیک یک میکروشبکه نوعی به همراه سیستم مدیریت و کنترل..... ۶
شکل ۲-۱ زنجیره تبدیل انرژی ۱۴
شکل ۲-۲ رشد مصرف انرژی در جهان..... ۱۵
شکل ۲-۳ سهم منابع انرژی در بازار انرژی از سال ۱۹۸۰ الی ۲۰۳۰ ..... ۱۸
شکل ۲-۴ بادهای جهانی ۱۹
شکل ۲-۵ برخورد ستونی از باد با روتور ایده‌آل تئوری بتز..... ۲۱
شکل ۲-۶ بازده آیرودینامیکی Cp در رابطه باTSR برای انواع توربین‌ها..... ۲۵
شکل ۲-۷ انواع توربین‌های بادی با محور افقی از نظر جهت برخورد باد..... ۲۶
شکل ۲-۸ توربین محور عمودی از نوع داریوس با توجه به مکان قرار گیری تجهیزات..... ۲۶
شکل ۲-۹ رفتار باد هنگام عبور از تیغه‌ها ۲۷
شکل ۲-۱۰ نیروهای وارد بر تیغه‌ها و زاویه حمله ۲۸
شکل ۲-۱۱ نمونه‌ای از یک منحنیCp-λ..... ۲۹
شکل ۲-۱۲ مشخصه توان بر اساس سرعت برای باد به عنوان نمونه..... ۳۰
شکل ۲-۱۳ دیاگرام جریان توان در یک توربین بادی..... ۳۱
شکل ۲-۱۴ دیاگرام نحوه عملکرد موتور دیزل..... ۳۵
شکل ۲-۱۵ نمونه‌ای از مشخصه سرعت توان یک موتور دیزل..... ۳۶
شکل ۲-۱۶ دیاگرام کنترلی دیزل ژنراتور ۳۷
شکل ۳-۱ تغییرات منحنی احتمال باد توسط تغییر در پارامتر k..... ۴۱
شکل ۳-۲ تغییرات منحنی احتمال باد توسط تغییر در پارامتر c..... ۴۱
شکل ۳-۳ ساختار توربین بادی مجهز به DFIG..... ۴۴
شکل ۳-۴ کانورترهای DFIG مجهز به Crowbar..... ۵۰
شکل ۳-۵ مدل ساده کانورتر سمت شبکه ۵۱
شکل ۳-۶ شماتیک مداری اتصال Crowbar به روتور..... ۵۳
شکل ۳-۷ مشخصه C_p بر حسب λ به ازای مقادیر مختلف β ۵۵
شکل ۳-۸ منحنی توان توربین بادی..... ۵۶
شکل ۳-۹ بلوک دیاگرام یک دیزل موتور به همراه گاورنر..... ۵۸
شکل ۳-۱۰ بلوک دیاگرام ساده سازی شده یک دیزل موتور به همراه گاورنر..... ۵۹
شکل ۳-۱۱ بلوک دیاگرام سیستم کلاچ ۶۰
شکل ۳-۱۲ بلوک دیاگرام کنترلی ژنراتور سنکرون ۶۵
شکل ۴-۱ شماتیک سیستم مورد مطالعه ۶۹
شکل ۴-۲ ولتاژ خروجی ژنراتور القایی DFIG..... ۷۰

شکل۴-۳ ولتاژ خروجی دیزل ژنراتور ۷۰
شکل ۴-۴ ولتاژ دوسر بار ۷۰
شکل ۴-۵ ولتاژ موثر باس ۷۰
شکل ۴-۶ توان‌های اکتیو و راکتیو DFIG ۷۲
شکل ۴-۷ توان‌های اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۷۲
شکل ۴-۸ توان‌های اکتیو و راکتیو Load2 ..... ۷۳
شکل ۴-۹ توان‌های اکتیو و راکتیو Load3 ..... ۷۳
شکل ۴-۱۰ توان‌های اکتیو و راکتیو Load4 ..... ۷۴
شکل ۴-۱۱ شماتیک فرکانس سیستم ۷۴
شکل ۴-۱۲ ولتاژ خروجی DFIG ۷۵
شکل ۴-۱۳ ولتاژ خروجی دیزل ژنراتور ۷۶
شکل ۴-۱۴ ولتاژ دوسر بار ۷۶
شکل ۴-۱۵ ولتاژ موثر باس بار ۷۶
شکل ۴-۱۶ توان‌های اکتیو و راکتیو DFIG ۷۷
شکل ۴-۱۷ توان‌های اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۷۷
شکل ۴-۱۸ توان‌های اکتیو و راکتیو Load2 ..... ۷۸
شکل ۴-۱۹ توان‌های اکتیو و راکتیو Load3 ..... ۷۸
شکل ۴-۲۰ توان‌های اکتیو و راکتیو Load4 ..... ۷۹
شکل ۴-۲۱ شماتیک فرکانس سیستم ۷۹
شکل ۴-۲۲ شماتیک تک خطی سیستم و محل رخداد خطا ۸۰
شکل ۴-۲۳ ولتاژ خروجی ژنراتورالقاییDFIG ۸۱
شکل ۴-۲۴ ولتاژ خروجی ژنراتورالقایی دیزل ژنراتور ۸۱
شکل ۴-۲۵ ولتاژ دوسر بار ۸۲
شکل ۴-۲۶ ولتاژ موثر باس بار ۸۲
شکل ۴-۲۷ توان‌های اکتیو و راکتیو DFIG ۸۳
شکل ۴-۲۸ توان‌های اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۸۳
شکل ۴-۲۹ توان‌های اکتیو و راکتیو Load2 ..... ۸۴
شکل ۴-۳۰ توان‌های اکتیو و راکتیو Load3 ..... ۸۴
شکل ۴-۳۱ توان‌های اکتیو و راکتیو Load4 ..... ۸۵
شکل ۴-۳۲ منحنی تغییرات فرکانس سیستم ۸۵
شکل ۵-۱ منحنی تغییرات $C_p - \lambda$ توربین به ازای مقادیر مختلف β ۸۹
شکل ۵-۲ پره توربین کنترل زاویه ۸۹
شکل ۵-۳ نمونه‌ای توربین کنترل زاویه انحراف و کنترل زاویه پره ۹۲
شکل ۵-۴ منحنی توان مکانیکی بر طبق سرعت باد ۹۷

شکل ۵-۵ کنترلر سرعت روتور ۹۸
شکل ۵-۶ کنترلر فرکانسDFIG ۹۹
شکل ۵-۷ کنترلر ولتاژ ترمینالDFIG ۱۰۰
شکل ۵-۸ شماتیک DFIG با کانورترها و مدار کنترل ۱۰۱
شکل ۵-۹ شماتیک مداری کانورترهای DFIG و مدار Crowbar ۱۰۲
شکل ۵-۱۰ مدولاسیون پهنای پالس برای کانورتر سمت روتور ۱۰۴
شکل ۵-۱۱ بلوک دیاگرام سوئیچینگ کلیدهای کانورتر شبکه ۱۰۵
شکل ۵-۱۲ بلوک دیاگرام روش پیشنهادی کنترل توربین ۱۰۷
شکل ۵-۱۳ حلقه کنترلی زاویه Pitch ۱۰۷
شکل ۵-۱۴ بلوک دیاگرام کنترل توربین بادی در حالت جزیر ه ای ۱۰۸
شکل ۵-۱۵ شماتیک سیستم مورد مطالعه ۱۰۹
شکل ۵-۱۶ منحنی تغییرات سرعت باد ۱۱۰
شکل ۵-۱۷ منحنی تغییرات زاویه pitch ۱۱۰
شکل ۵-۱۸ منحنی تغییرات C_p ۱۱۱
شکل ۵-۱۹ توان اکتیو تولیدی DFIG ۱۱۱
شکل ۵-۲۰ توان راکتیو DFIG ۱۱۲
شکل ۵-۲۱ توانهای اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۱۱۲
شکل ۵-۲۲ ولتاژ تولیدی DFIG ۱۱۳
شکل ۵-۲۳ ولتاز تولیدی دیزل ژنراتور ۱۱۳
شکل ۵-۲۴ ولتاژ بار ۱۱۳
شکل ۵-۲۵ ولتاژ موثر باس بار ۱۱۳
شکل ۵-۲۶ منحنی فرکانس سیستم ۱۱۴
شکل ۵-۲۷ منحنی تغییرات سرعت باد ۱۱۵
شکل ۵-۲۸ منحنی تغییرات β ۱۱۵
شکل ۵-۲۹ منحنی تغییرات C_p ۱۱۵
شکل ۵-۳۰ توان اکتیو DFIG ۱۱۶
شکل ۵-۳۱ توان راکتیو DFIG ۱۱۶
شکل ۵-۳۲ توان‌های اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۱۱۷
شکل ۵-۳۳ ولتاژ تولیدی DFIG ۱۱۷
شکل۵ -۳۴ ولتاژ تولیدی دیزل ژنراتور ۱۱۸
شکل ۵-۳۵ ولتاژ دو سر بار ۱۱۸
شکل ۵-۳۶ ولتاژ موثر باس بار ۱۱۸
شکل ۵-۳۷ منحنی فرکانس سیستم ۱۱۹
شکل ۵-۳۸ توان اکتیو DFIG ۱۲۰

شکل ۵-۳۹ حالت گذرای توان اکتیو DFIG ۱۲۰
شکل ۵-۴۰ توان راکتیو DFIG ۱۲۰
شکل ۵-۴۱ توان اکتیو دیزل ژنراتور ۱۲۱
شکل ۵-۴۲ توان راکتیو دیزل ژنراتور ۱۲۱
شکل ۵-۴۳ ولتاژ تولیدی DFIG ۱۲۲
شکل ۵-۴۴ ولتاژ تولیدی دیزل ژنراتور ۱۲۲
شکل ۵-۴۵ ولتاژ دو سر بار ۱۲۲
شکل ۵-۴۶ ولتاژ موثر باس بار ۱۲۲
شکل ۵-۴۷ منحنی تغییرات فرکانس سیستم ۱۲۳
شکل ۵-۴۸ شماتیک تک خطی سیستم و محل رخداد خطا ۱۲۳
شکل ۵-۴۹ توان اکتیو DFIG ۱۲۴
شکل ۵-۵۰ توان راکتیو DFIG ۱۲۴
شکل ۵-۵۱ توان‌های اکتیو و راکتیو دیزل ژنراتور ۱۲۵
شکل ۵-۵۲ ولتاژ تولیدی DFIG ۱۲۵
شکل ۵-۵۳ ولتاژ تولیدی دیزل ژنراتور ۱۲۶
شکل ۵-۵۴ ولتاژ دو سر بار ۱۲۶
شکل ۵-۵۵ ولتاژ موثر باس بار ۱۲۶
شکل ۵-۵۶ منحنی تغییرات فرکانس سیستم ۱۲۷

فهرست جدولها

عنوان صفحه

جدول ۲-۱ مصرف انرژی در جهان ۱۵

فصل اول

میکروشبکه ها

۱ ۱) مقدمه

امروزه منابع توان تولید پراکنده بعنوان یک ساختار تکمیلی برای مدل‌های قدیمی سیستم‌های تولید توان بکار گرفته می‌شوند. این ساختار بر مبنای تولید نامتمرکز برق در مناطق نزدیک به مصرف‌کننده‌ها، ایجاد شده‌است. میکروشبکه یک گروه از منابع تولید پراکنده (DG)[1] و بارها را شامل می‌شود که توسط یک سیستم توزیع سرویس‌دهی می‌شوند و می‌تواند در مدهای متصل به شبکه[2] و مستقل از شبکه اصلی[3] و همچنین بین این دو حالت، عملکرد داشته باشند. کنترل و پایداری میکروشبکه‌ها از اهمیت زیادی برخوردار است. در این فصل به تعریف انواع مدهای عملکردی میکروشبکه‌ها و چگونگی رخداد حالت جزیره‌ای اعم از برنامه‌ریزی شده و یا بدون برنامه‌ریزی پرداخته می‌شود. چگونگی کنترل و مدیریت میکروشبکه از مباحث دیگر این فصل است.

۱-۲) تعریف میکروشبکه

میکروشبکه‌ها[4] به طور وسیعی در بسیاری از کشورها در حال رشد و توسعه می باشند. افزایش قابل توجه تحقیقات و تحلیل‌ها روی میکروشبکه‌ها را می‌توان ناشی از دلایلی از قبیل: قابلیت اطمینان، امنیت بیشتر شبکه و بار، راندمان بالا، عوامل محیطی و منابع انرژی پاک، بازیابی خودبخودی میکروشبکه و... دانست.

امروزه سیستم‌های قدرت با مشکلاتی مانند هزینه تولید برق و رو به اتمام رفتن سوخت‌های فسیلی درگیر هستند. به بیان دیگر افزایش آلودگی‌های تولید شده از سوختن نفت و گاز و رشد روزافزون تقاضای برق باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای در محیط شده است که تهدید شدیدی برای لایه اوزن می‌باشد. استفاده از منابع تولید پراکنده باعث کاهش هزینه‌های تولید برق و در برخی موارد به صفر رساندن آنها شده است (باد و خورشید به عنوان منابع مجانی در دسترس هستند)[۱].

[1] Distributed Generation
[2] Grid_connection mode
[3] Islanding mode
[4] Micro_grid

یک میکروشبکه مجموعه‌ای شامل DG ها و بارها می باشد که از سیستم بالادست خود تغذیه شده و می‌تواند در مدهای اتصال به شبکه و مد جزیره‌ای و همچنین بین این دو مد عملکرد داشته باشد. ترکیب چندین DG و مجموعه‌ای از بارها که منجر به تشکیل یک میکروشبکه می‌شوند از نقطه نظر قابلیت اطمینان[1] و مسائل اقتصادی از اهمیت بسزایی برخوردار است[۲]،[۳]. جزیره‌ای شدن میکروشبکه به دو صورت می تواند رخ دهد: ۱) عملکرد جزیره‌ای و مستقل میکروشبکه به صورت برنامه‌ریزی‌شده[2]، ۲)عملکرد جزیره‌ای و مستقل میکروشبکه به صورت برنامه‌ریزی‌نشده[3] و اتفاقی به سبب وقوع یک خطا در شبکه بالادست.

تحلیل رفتار میکروشبکه و چگونگی عکس‌العمل منابع تولید پراکنده درون آن در هر یک از دو حالت مذکور از اهمیت بالایی برخوردار است. مد عملکردی جزیره‌ای میکروشبکه‌ها (شامل برنامه‌ریزی‌شده و بدون برنامه‌ریزی) امروزه در تمام دنیا به یک موضوع مهم و جذاب تبدیل شده‌است. در واقع عملکرد جزیره‌ای و مستقل یک میکروشبکه شامل مجموعه‌ای از بارها ، امکانات و مزایایی را در برداشته است، که از آن جمله می‌توان به بهبود قابلیت اطمینان و امنیت تغذیه شبکه توزیع با کاهش زمان قطع سیستم اشاره کرد. همپنین این امکان فراهم خواهد شد تا شرکت‌های برق، تعمیر و نگهداری در خطوط بالادست ولتاژ اعم از فشار قوی و فشار متوسط را بدون قطع تغذیه خطوط فشار ضعیف مشترکین انجام دهند[۴]،[۵].

پس از جدا شدن میکروشبکه از شبکه اصلی، ولتاژ و فرکانس دچار نوسانات و اختلالاتی خواهند شد. میزان این نوسانات به مقدار زیادی وابسته است به:

۱)شرایط عملکرد قبل از جزیره‌ای شدن

۲)نوع حادثهٔ منجر به جزیره‌ای شدن

۳)نوع واحدهای DG درون میکروشبکه

[1] reliability
[2] Planned Islanding
[3] Unplanned Islanding

مطلوب است بعد از رخ دادن حالت جزیره‌ای عملکرد میکروشبکه مانند قبل از جزیره‌ای شدن باشد و ملزومات بار در طول عملکرد مستقل از شبکه با شرایط قبل از حالت جزیره‌ای مطابقت داشته باشد[۶]،[۷].

۱-۳) شناسایی حالت جزیره‌ای

بر اساس استاندارد IEEE 1547-2003[۸]، عملکرد جزیره‌ای به شرایطی اطلاق می‌شود که بخشی از شبکه قدرت بوسیله منبع تولید پراکنده تغذیه شود در حالی که تغذیه انرژی از طریق شبکه قدرت قطع شده باشد. استاندارد یاد شده حداکثر زمان ۲ ثانیه را برای شناسایی حالت جزیره‌ای پیشنهاد می‌کند. روش‌های آشکارسازی جزیره‌ای[1] به دو دسته کلی روش از راه دور و روش محلی تقسیم می‌شوند. روش آشکارسازی از راه دور بر مبنای ارتباط مخابراتی بین شبکه قدرت و منابع تولید پراکنده موجود بنا نهاده شده است.

روش‌های آشکارسازی محلی بر پایه اندازه‌گیری پارامترهای شبکه در محل DG عمل می‌کنند. این روش‌ها به سه دسته روش‌های غیرفعال، فعال و ترکیبی تقسیم می‌شوند. روش غیرفعال بر اساس اندازه‌گیری پارامترهای شبکه عمل کرده و اختلالی در عملکرد DG ایجاد نمی‌کند. تغییرات ولتاژ، نرخ تغییرات فرکانس و نرخ تغییرات توان[۹] و همچنین تغییرات امپدانس [۱۰] از جمله روش‌هایی هستند که در آشکارسازی غیرفعال ارائه می‌شوند.

ازجمله مشکلات روش آشکارسازی غیرفعال، می‌توان به عدم آشکارسازی در تعادل زیاد بین بار و تولید، تعیین حدود آستانه برای پارامترهای آشکارسازی و همچنین ایجاد ناحیه غیرقابل تشخیص اشاره کرد. روش فعال بر مبنای تزریق اغتشاشات کوچک در سیستم می‌باشد. در شرایط عملکرد عادی (متصل به شبکه) این اغتشاشات روی پارامترهای شبکه تاثیر بسزایی ندارند، اما در حالت جزیره‌ای از آنجایی که شبکه قدرت وجود ندارد، این اغتشاشات موجب تجاوز پارامترهای مورد نظر (از قبیل تغییرات ولتاژ، نرخ تغییرات فرکانس و...) از حدود مجاز شده و حالت جزیره‌ای آشکار می‌شود.

[1] Islanding detection

روش مبتنی بر میانگین تغییرات ولتاژ و توان راکتیو تزریق اعوجاجات ولتاژ، از جمله روش‌های مورد استفاده در آشکارسازی فعال هستند. روش فعال در تشخیص جزیره‌ای درصورت تعادل زیاد بین بار و تولید موثر می‌باشد. همچنین ناحیه غیرقابل تشخیص در این روش وجود ندارد. از جمله مشکلات این روش می‌توان به زمان آشکارسازی زیاد و مشکلات کیفیت توان اشاره کرد.

روش ترکیبی از مجموع دو روش غیرفعال و فعال تشکیل شده‌است. در این روش تزریق اغتشاش، تنها در صورتی که پارامتر مورد استفاده در روش غیر فعال از مقدار تعیین شده فراتر رود صورت می‌پذیرد.

۱-۴)کنترل میکروشبکه‌ها

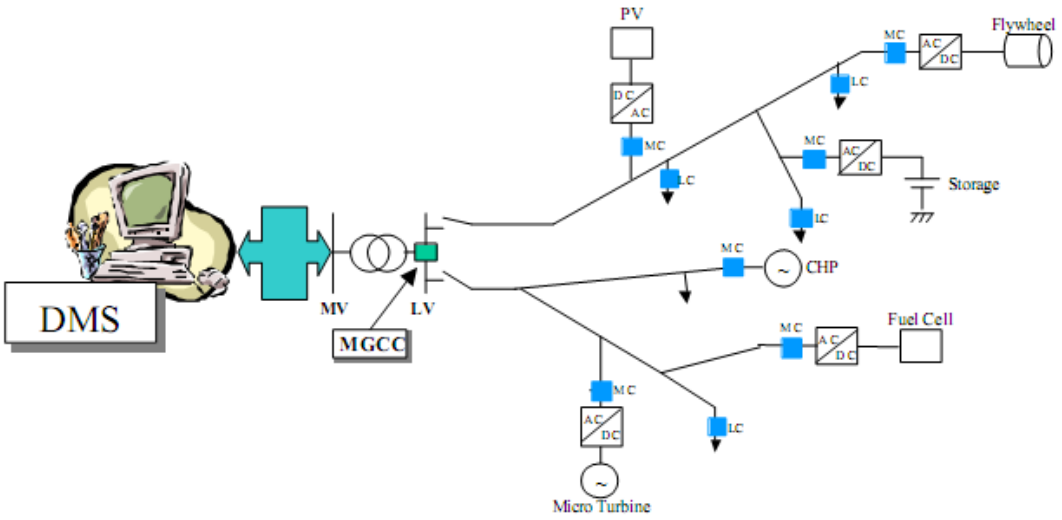
سطوح مختلف کنترلی در شبکه‌هایی که میکروشبکه‌ها را شامل می‌شوند وجود دارد. شبکه سراسری بوسیله کنترلر مرکزی میکروشبکه (MGCC)[1] نصب شده در سمت LV (فشار ضعیف) پست MV/LV، کنترل و مدیریت می شود[۱۱]،[۱۲]. MGCC چند وظیفهٔ مهم دارد که به تفصیل در این بخش به آنها اشاره خواهد شد و می‌توان آن را راه ارتباطی بین میکروشبکه و شبکه اصلی دانست. در دومین سلسله مراتب سطح کنترل، هر یک از منابع تولید پراکنده و وسایل ذخیره‌کننده بصورت محلی بوسیلهٔ کنترلر منابع تولید پراکنده (MC)[2]کنترل می‌شوند، و هر بار الکتریکی نیز بصورت محلی بوسیلهٔ کنترلر بار(LC)[3] کنترل می‌شود.

عملکرد مناسب سیستم سراسری به ارتباط و تعامل بین دو مجموعه دستگاه نیاز دارد:

- ✓ LCو MC از سویی، عهده‌دار کنترل برخی بارهای سبک هستند و از طرف دیگر، قابلیت کنترل توان اکتیو و راکتیو تولیدی واحدهای تولید پراکنده را دارا می‌باشند.
- ✓ MGCC به عنوان کنترل‌کننده مرکزی محلی، جهت افزایش کفایت فنی و اقتصادی سیستم قدرت و فراهم کردن مجموعه دستورات برای LC و MC رفتار می‌کند.

[1] Micro grid Central Control
[2]Micro resources Control
[3]Load Control

MGCC به همراه سیستم مدیریت توزیع(DMS)[1] که در شبکه بالادست یا در شبکه توزیع قرار دارد، عملکرد مطلوبی در مبادله اصلاعات دارند که منجر به بهبود مدیریت و عملکرد صحیح سیستم توزیع (MV)، می‌شود.



شکل ۱-۱: شماتیک یک میکروشبکه نوعی به همراه سیستم مدیریت و کنترل

مهم‌ترین وظایف MGCC:

در مد اتصال نرمال، MGCC توسط واحدهای ارتباطاتی موجود، اطلاعات مربوط به را از واحدهای تولید پراکنده و بارها را از میکروشبکه دریافت می‌کند و تصمیمات مقتضی گرفته می‌شود. این اطلاعات شامل: پیش‌بینی و بررسی بارها، جدول‌های اقتصادی واحدهای تولید پراکنده (DG)، ارزیابی امنیت، چگونگی کارکرد مدیریت بخش تقاضا و ارتباط با سیستم مدیریت توزیع می‌باشد.

در مد اضطراری تغییراتی در کنترل توان خروجیDGها مورد نیاز است، در این شرایط DGها از مد تولید توان (که تنها وظیفه DGها در حالت عادی است) به مد کنترل ولتاژ و فرکانس تغییر وضعیت می‌دهند. در چنین مواقعی ، MGCC به عنوان یک حلقهٔ کنترل ثانویه، بعد از اولین واکنش MC، واکنش نشان می‌دهد. همچنین برای MGCC آگاهی دقیق داشتن از نوع بارهای موجود در شبکه جهت برنامه‌ریزی و استفاده کردن از پشتیبانی ذخیره‌سازی باتری‌ها، چرخ طیارها یا خازن‌های پرظرفیت مهم

[1]Distributed Management System