دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی برق گرایش قدرت

عنوان پایان نامه :

کنترل سلسله مراتبی میکرو شبکه در حالت جزیره ای

استاد راهنما : دکتر سید محمد حسین کاظمی

نگارش : یاسر رحمتی کوکنده

تابستان ۱۳۹۰

دانشگاه شاهد

دانشکده فنی و مهندسی

صورت جلسه هیئت داوران رساله کارشناسی ارشد

جلسه دفاعیه پروژه کارشناسی ارشد مربوط به آقای/خانم **یاسر رحمتی کوکنده** به شماره دانشجویی**۸۷۷۵۱۶۰۰۱**در رشته **قدرت** با عنوان "**کنترل چند لایه میکروشبکه ها در حالت جزیره ای**" به ارزش **۶ واحد** در روز **۹۰/۶/۸** در دانشکده فنی و مهندسی با حضور افراد ذیل تشکیل شد، نتیجه به قرار زیر است :

☐ پروژه نامبرده با نمره ۱۹/۱ قابل قبول می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده مردود می‌باشد.

☐ پروژه نامبرده به شرط انجام اصلاحات جزیی قابل قبول می‌باشد. نمرهٔ دانشجو متعاقباً اعلام می‌شود.

☐ نام استاد راهنمای اول	محمدحسین کاظمی	دانشگاه : شاهد	امضاء	سهم استاد (به درصد):
☐ نام استاد راهنمای دوم		دانشگاه :	امضاء	سهم استاد (به درصد):
☐ نام استاد مشاور اول		دانشگاه :	امضاء	سهم استاد (به درصد):
☐ نام استاد مشاور دوم		دانشگاه :	امضاء	سهم استاد (به درصد):
☐ نام داور اول	دکتر گلکار	دانشگاه : صنعتی خواجه نصیر	امضاء	
☐ نام داور دوم	دکتر صادق زاده	دانشگاه : شاهد	امضاء	
☐ نام داور سوم		دانشگاه :	امضاء	
☐ نام داور چهارم		دانشگاه :	امضاء	
☐ نام نماینده معاونت پژوهشی			امضاء	

تذکر:تعیین سهم اساتید در صورت وجود بیش از یک استاد راهنما و مشاور ضروری است.

تقدیم به پدر عزیزم که عمری را در کسوت مقدس معلمی صرف

خدمت و تربیت فرزندان این میهن کهن کرده است

و

تقدیم به فرشته خوی پاک سیرت مادرعزیزم

##

وظیفه خود میدانم مراتب سپاسگذاریم را از استاد گرانقدرجناب آقای دکتر سید محمد حسین کاظمی به خاطر انتقال تجارب ارزشمندشان اعلام داشته واز دوستان عزیزم آقای هانی واحدی فوق لیسانس برق- قدرت دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، آقای علی نقی زاده دانشجوی دکتری برق- قدرت دانشگاه امیرکبیر، آقای احمد دهقان زاده دانشجوی فوق لیسانس برق- کنترل دانشگاه صنعتی خواجه نصیر الدین طوسی برای همفکری در مورد بسیاری از مباحث این پایان نامه تشکر کنم.

چکیده

در حالت عادی یک میکروشبکه می تواند در حالت اتصال با یک شبکه *MV* عمل کند. هر گاه یک اتفاق از پیش برنامه ریزی شده یا غیر برنامه ریزی شده مانند نگهداری یا بروز خطا در شبکه *MV* اتفاق بیفتد ممکن است منجر به بروز حالت جزیره ای در میکروشبکه شود. در این پایان نامه به بررسی نحوه عملکرد میکروشبکه در حالت جزیره ای و چگونگی کنترل میکروشبکه با استفاده از ساختار کنترلی سلسله مراتبی پرداخته شده است. در این پایان نامه روش مرسوم کنترلی افت شرح داده شده است و همچنین دو روش کنترلی جدید برای کنترل میکروشبکه ارائه شده است. که در روش کنترلی اول از تئوری توان های لحظه ای و در روش دوم از کنترل کننده تو در تو برای کنترل میکروشبکه استفاده شده است. برای مقایسه این سه روش کنترلی با روش کنترلی ارائه شده در مرجع *[٦٤]* از شبیه سازی کامپیوتری این چهار روش توسط نرم- افزار *PSCAD/EMTDC* استفاده شده است. در شبیه سازی های انجام شده از اینورتر به عنوان واسط بین *DG* ها و میکروشبکه استفاده شده است و از این روش های کنترلی برای کنترل ولتاژ و فرکانس خروجی اینورتر استفاده شده است. همچنین برای سوئیچ زنی اینورتر از دو روش *SPWM* و روش هیسترزیس استفاده شده است. در ساختار میکروشبکه استفاده شده از مدل دینامیکی یک پیل سوختی و یک میکروتوربین به عنوان منابع تولیدی میکروشبکه استفاده شده است.

کلمات کلیدی: میکروشبکه- *DG*- سوئیچ زنی *SPWM*- سوئیچ زنی هیسترزیسی- حالت جزیره ای- روش کنترلی افت- ساختار کنترلی سلسله مراتبی، تئوری توان های لحظه ای، کنترل تو در تو

فهرست

فصل ۱- مقدمه ۲

۱-۱- معرفی ۲
۱-۲- مفهوم میکرو شبکه ۲
۱-۳- ساختار میکروشبکه ۳
۱-٤- وصل میکرو شبکه به شبکه اصلی برق ۸
۱-٤-۱- ساختار کنترل توان واحد تولیدی ۸
۱-۵- شبکه هوشمند با استفاده از منابع تولید پراکنده ۹
۱-٦- اهداف ۱۰
۱-۷- طرح کلی پایان نامه ۱۱

فصل ۲- توصیف وضعیت فنی و مورد مطالعه ۱٤

۲-۱- میکروشبکه به عناون یک الگوی انرژی زای جدید ۱٤
۲-۲- کنترل میکروشبکه ۱۵
۲-۳- حالات عملکرد میکروشبکه ۱۹
۲-۳-۱- عملکرد جزیره ای شده یک میکروشبکه ۲۰
۲-۳-۲- انتقال بین حالت متصل به شبکه و حالت جزیره ای شده ۲۲
۲-٤- کنترل سلسله مرتبه ای و مدیریت شبکه ها ۲۲
۲-٤-۱- کنترل اولیه : کنترل نزولی P/Q ۲۳
۲-٤-۲- کنترل ثانویه : بازیابی ولتاژ – فرکانس و سنکرون کردن ۲۳
۲-۵- نتیجه گیری ۲۵

فصل ۳- مطالعه و بررسی روش کنترلی افت ۲۸

۳-۱- کنترلرمیکرو منبع ۲۸
۳-۱-۱- محاسبه Q,P ۳۰
۳-۱-۲- محاسبه اندازه ولتاژ ۳۱
۳-۱-۳- کنترل ولتاژ ۳۲
۳-۱-٤- Q در مقابل افت E ۳۲
۳-۱-۵- P در مقابل افت فرکانس ۳۵
۳-۲- حالت کنترل توان با محدودیت روی توان هر واحد ۳٦
۳-۳- مشخصه حالت مانا با کنترل توان خروجی ۳۸

٣-٤- نتیجه گیری ٤٧

فصل ٤- روش کنترلی پیشنهادی و شبیه سازی ٤٩

١-٤- معرفی ٤٩
٢-٤- استفاده از تئوری توان های لحظه ای برای کنترل میکروشبکه ٤٩
٣-٤- استفاده از کنترلر تو در تو ٥١
٤-٤- ساختار میکروشبکه ٥٢
١-٤-٤- مدل دینامیکی میکرو توربین ٥٣
٢-٤-٤- مدل دینامیکی پیل سوختی ٥٤
٣-٤-٤- مبدل *DC-DC* ٥٦
4-4-4- اینورتر ٥٧
٥-٤-٤- کلید زنی *SPWM* ٥٩
٦-٤-٤- روش کنترلی مورد استفاده در مرجع *[٦٤]* ٦١
٥-٤- نتایج حاصل از شبیه سازی ٦١
4-5-1- نتایج حاصل از عملکرد مجزا هر واحد *DG* ٦٢
٢-٥-٤- نتایج حاصل از عملکرد هر واحد *DG* درحالت اتصال به شبکه اصلی ٦٧
٣-٥-٤- بررسی عملکرد میکروشبکه در حالت جزیره ایی ٧٢
٦-٤- نتیجه گیری ٧٦

فصل ٥- نتایج و پیشنهادات ٧٨

١-٥- معرفی ٧٨
٢-٥- مروری بر کارهای انجام شده ٧٨
٣-٥- دست آورد های پایان نامه ٧٩
٤-٥- راهکاری برای ادامه این پروژه ٧٩

مراجع ٨١

فهرست شکل ها و جداول

شکل ۱-۱: ساختار میکرو شبکه ٤

شکل ۱-۲: نمایش ویژگیهای اساسی CM ٦

شکل ۱-۳: ساختار میکرو شبکه ۹

شکل ۲-۱: ساختار شماتیکی یک اینورتر ۱۵

شکل ۲-۲: نمودار تغییرات P نسبت به ω و E نسبت Q ۱٦

شکل ۲-۳: بلوک دیاگرام کنترلر ۱۷

شکل ۲-٤: بلوک دیاگرام ساختار کنترلی سلسله مراتبی ۱۸

شکل ۲-۵: لایه های مد های عملیاتی یک میکروشبکه ۲۲

شکل ۲-٦: لایه کنترلی اول و دوم بر اساس ساختار سلسله مراتبی ۲٤

شکل ۲-۷: ساختار افت بر حسب این که نوع بار سلفی است یا خازنی ۲٤

شکل ۲-۸: بلوک دیاگرام لایه سوم ۲۵

شکل ۳-۱: ساختار میکرو منبع ۲۸

شکل ۳-۲: فرم نهایی کنترل ولتاژ میکرو منبع ۲۹

شکل ۳-۳: بلوک ای محاسبه P و Q ۳۰

شکل ۳-٤: محاسبه بلوک اندازه ولتاژ ۳۱

شکل ۳-۵: دیاگرام فیلتر انتخابی ۳۱

شکل ۳-٦: بلوک کنترل ولتاژ ۳۲

شکل ۳-۷: ولتاژ بار(E) در مقابل Q ۳۳

شکل ۳-۸: ولتاژ بار(E) در مقابل Q ۳٤

شکل ۳-۹: مشخصه افت فرکانس در مقابل توان ۳۵

شکل ۳-۱۰: بلوک دیاگرام افت توان اکتیو ۳٦

شکل ۳-۱۱: عناصر میکرو منبع: عامل محرکه،ذخیره ساز انرژی،اینورتر ۳۷

شکل ۳-۱۲: دیاگرام واحد تنظیم توان اکتیوخروجی ۳۸

شکل ۳-۱۳: ساختار توانی واحدها ٤۰

شکل ۳-۱٤: مشخصه حالت مانا P-ω ٤۰

شکل ۳-۱۵: اعمال محدودیت P_{max} روی توان خروجی ٤۱

شکل ۳-۱۶: اعمال محدودیت P_{min} روی توان خروجی ۴۳
شکل ۳-۱۷: تولید افست برای محدود کردن توان خروجی ماکزیمم ۴۴
شکل ۳-۱۸: تولید افست برای محدود کردن توان خروجی ماکزیمم ۴۶
شکل ۳-۱۹: دیاگرام کنترلی به منظور اعمال محدودیت های توانی ۴۷
شکل ٤-۱: ساختار کنترلی روش پیشنهادی دوم ۵۱
شکل ٤-۲: سیستم مورد آزمایش ۵۲
شکل ٤-۳: ساختار میکروشبکه ۵۳
شکل ٤-٤: بلوک دیاگرام یک میکروتوربین ۵۳
شکل ٤-۵: میکروتوربین شبیه سازی ۵٤
شکل ٤-٦: پیل سوختی ۵۵
شکل ٤-۷: بلوک دیاگرام *SOFC* ۵۵
شکل ٤-۸: پیل سوختی شبیه سازی شده ۵٦
شکل ٤-۹: مدل شبیه سازی شده مبدل باک – بوست ۵۷
شکل٤-۱۰: *a*) کنترل ولتاژ حلقه باز *b*) کنترل جریان حلقه بسته ۵۸
شکل ٤-۱۱: اصل مدولاسیون پهنای پالس ۵۹
شکل ٤-۱۲: مدل سوئچ زنی *SPWM* ٦۰
شکل ٤-۱۳: مدل اینورتر در نرم افزار *PSCAD* ٦۰
شکل ٤-۱٤: مدل سوئیچ زنی هیسترزیس ٦۰
شکل ٤-۱۵: روش کنترلی مورد استفاده مرجع *[٦٤]* ٦۱
شکل ٤-۱٦: عملکرد واحد های *DG* در حالت مجزا با ستفاده از کنترلر تو در تو ٦۳
شکل ٤-۱۷: عملکرد واحد های *DG* در حالت مجزا با ستفاده از تئوری توان های لحظه ای ٦٤
شکل ٤-۱۸: عملکرد واحد های *DG* در حالت مجزا با ستفاده از روش افت ٦۵
شکل ٤-۱۹: عملکرد واحد های *DG* در حالت مجزا با ستفاده از روش ارائه شده در مرجع *[٦٤]* ٦٦
شکل ٤-۲۰: عملکرد واحد های *DG* در حالت اتصال با ستفاده از کنترلر تو در تو ٦۸
شکل ٤-۲۱: عملکرد واحد های DG در حالت اتصال با ستفاده از تئوری توان های لحظه ای ٦۹
شکل ٤-۲۲: عملکرد واحد های *DG* در حالت اتصال با ستفاده از روش افت ۷۰
شکل ٤-۲۳: عملکرد واحد های *DG* در حالت اتصال با ستفاده از روش کنترلی مرجع *[٦٤]* ۷۲
شکل ٤-۲٤: عملکرد واحد های DG در حالت جزیره ای با ستفاده از کنترلر تو در تو ۷۳
شکل ٤-۲۵: عملکرد واحد های DG در حالت جزیره ای با ستفاده از تئوری توان های لحظه ای ۷٤

شکل ٤-٢٦: عملکرد واحد های DG در حالت جزیره ای با ستفاده از روش افت ٧٥
شکل ٤-٢٧: عملکرد واحد های *DG* در حالت جزیره ای با ستفاده از روش کنترلی مرجع *[٦٤]* ٧٦

جدول ٥-١: پارامتر های مورد استفاده در شبیه سازی *SOFC* ٥٦

فصل اول

مقدمه

فصل ۱– مقدمه

۱–۱– معرفی

سیستمهای تولید توان پراکنده بعنوان یک مکمل برای نیروگاه های متمرکز قدیمی به وجود آمده اند و بر اساس تولید غیر متمرکز برق نزدیک مصرف کننده هستند. این موضوع متکی به تنوع ساخت و توسعه صنایع برای پیشرفت آن است. به عنوان یک راه حل، نوع خاصی از یک شبکه هوشمند و کوچک انرژی شکل گرفه است که شامل منابع انرژی تجدید پذیر، منابع کوچک انرژی، سیستم ذخیره انرژی کوچک، بارهای حساس و غیر حساس می باشد. به این نوع خاص از سیستم تولید پراکنده میکروشبکه گفته می شود.

میکروشبکه می تواند پایداری سیستم، کیفیت ولتاژ، مدیریت انرژی، کنترل توان اکتیو و راکتیو، تشخیص حالت جزیره ای، سنکرون سازی با شبکه اصلی، و بازیابی سیستم را تضمین کند. همه این ها، استفاده از یک واحد تولیدی کوچک از انرژی را بهینه می کند. این شبکه کوچک اما هوشمند یک الگوی جدید برای سیستم های توزیع ولتاژ پایین ارائه می کند، که نیازمند ارائه لایه های مختلف کنترلی به منظور عملکرد درست میکروشبکه ها می باشد.

۱–۲– مفهوم میکرو شبکه

برای استفاده بهینه از منابع تولید پراکنده استفاده از سیستمی است که در آن تولید و بارهای مربوطه، در قالب یک شبکه کوچک عمل کنند. از مزایای استفاده از این روش این است که در هنگام بروز مشکلات در شبکه، تولید و بارهای مربوطه را می توان از سیستم توزیع جدا کرد بدون اینکه به کل شبکه انتقال آسیبی برسد *[٤]-[١]*.

مشکل کار در رسیدن به این نوع عملکرد ایت بدون آنکه به طراحی گستردهای نیاز باشد و قابلیت اطمینان سیستم و قابلیت انعطاف تولید حفظ شود. برای رسیدن به این هدف، دو مدل *Plug & Play* و *Peer-To-Peer* را برای هر کدام از بخش های میکرو شبکه بکار می برند. مفهوم *Peer-To-Peer* نشان می دهد که هیچ جزیی همچون کنترل گر اصلی و یا واحد ذخیره مرکزی وجود ندارد که برای عملکرد میکرو شبکه مهم باشد. یعنی میکرو شبکه می تواند با از دست دادن هر کدام از بخش ها و یا ژنراتورها باز هم به

کار خود ادامه دهد. با یک منبع بیشتر به عنوان منبع ذخیره می توانیم فعالیت کامل میکرو شبکه را در صورت از دست دادن هریک از منابع تضمین کنیم. مدل*Plug & Play* واحدی را نشان می دهد که می توان در هر نقطه از سیستم الکتریکی قرار داد بدون این که نیاز به طراحی دوباره شبکه و کنترلر ها باشد. عملکرد*Plug & Play* بیشتر شبیه به قابلیت انعطافی است که وقتی از یک وسیله خانگی استفاده می کنیم *[٤]*.

این مدل قرار دادن ژنراتور ها را در نزدیکی بارهای حرارتی آسان تر می کند از این رو از گرمای اتلافی استفاده موثرتری می شود بدون این که به سیستم های پیچیده برای توزیع گرما مانند لوله های آب سرد و گرم نیاز باشد.

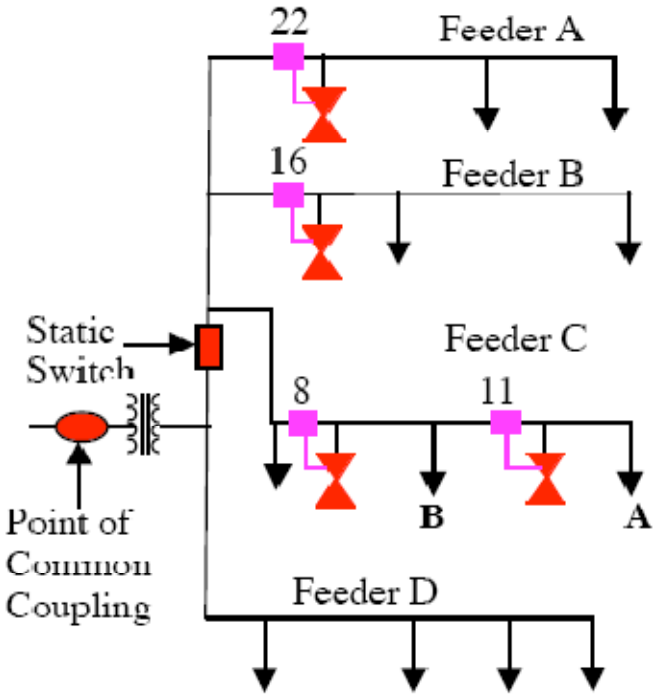
این قابلیت برای جداسازی تولید و بارها همراه با هم دارای قابلیت اطمینان بیشتری در مقایسه با قابلیتی که توسط سیستم اصلی برق ارئه می شود. واحدهای کوچکتر که دارای توان چند کیلو وات هستند، قابلیت اطمینان بیشتری را می توانند به وجود آورندو به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه ترند. این واحد ها می توانند خدمات میکرو شبکه را در محل های مصرف کننده ها مانند ساختمان های اداری، پارک های صنعتی و منازل بوجود آورند.

۱-۳- ساختار میکروشبکه

ساختمان میکرو شبکه در شکل ۱-۱ نشان داده شده است. این ساختمان از یک گروه فیدر های شعاعی تشکیل شده است که می تواند بخشی از یک سیستم توزیع باشد و یا جزیی از یک سیستم برق یک ساختمان باشد. یک نقطه اتصال با شبکه اصلی به نام نقطه اتصال مشترک وجود دارد. برخی فیدر ها(AتاC) دارای بارهای حساس هستند که مستلزم تولید در همان نقطه است. فیدر D دارای بارهای چندان مهمی نیست و تولید محلی در این فیدر وجود ندارد. فیدر های A تا C می توانند با استفاده از سوئیچ استاتیکی از شبکه جدا شوند که در کمتر از یک سیکل این جدایی صورت می گیرد. در این نمونه ٤ میکرو منبع در گره های ۸و۱۱و۱٦و۲۲ وجود دارد که با ولتاژهای محلی و اندازه گیری جریان برق، عملکرد میکرو شبکه را کنترل می کنند *[۳]*.

وقتی در تامین نیروی برق مشکلی وجود داشته باشد، سوئیچ استاتیکی باز خواهد شد و بارهای حساس را از شبکه اصلی برق جدا می سازد. بارهای فیدر D در اثر این اتفاق از شبکه جدا نمی شوند و همچنان متصل به شبکه می باشند.

فرض را بر این می گیریم که تولید به قدر کافی موجود باشد تا نیاز بارها را برطرف کند. در این حالت وقتی میکرو شبکه به شبکه اصلی متصل است تولید محلی را می توان به سمت بارهای موجود در فیدر D هدایت کرد.



شکل ۱-۱: ساختار میکرو شبکه[۳]

در واقع یک میکرو شبکه یک گروه بندی نیمه خودکار منابع تولید و مصرف کننده هایی است که بخاطر سود اعضایش ایجاد شده و عمل می‌کند. ممکن است منابع عرضی شامل توربین‌های کوچک، سلول‌های سوختی، سیستم‌های PV و تجهیزات ذخیره سازی باشند که تمامی آنها از طریق وسایل الکترونیکی متصل می‌شوند که می‌توانند برای انجام کارهای میکرو شبکه افزایش یابند. ژنراتورهای چرخشی همساز تا حدودی در یک منطقه مختلف هستند ولی می‌توانند ترکیب هم شوند. برخی بارهای سمت مصرف کننده را می‌توان کنترل کرد تا اجازه عملیات کارآمد میکرو شبکه را بدهند. مثلا ممکن است انرژی بارهای غیرحیاتی در هنگام خطا متوقف شوند. در حالیکه میکرو شبکه مستعد عملیات مستقل از شبکه میباشد ولی

بصورت اتصال درونی به شبکه عمل می‌کند، آن هم با خرید انرژی و خدمات فرعی از ماکروشبکه بصورت اقتصادی.

میکرو شبکه تبادل انرژی را از طریق واسطه‌های الکترونیکی *plug & play* حفظ می‌کنند که اجازه عملیات را بدون کنترل فعال مرکزی می‌دهد. این واسطه ها اجازه اتصال و انفصال وسایل را بدون نیاز به شکل دهی مجدد وسایل چه از پیش موجود، چه جدید را می‌دهد.این عملیات اقتصادی با محدودیت هایی مثل کیفیت هوا، محدودیت‌های سر و صدایی، و... روبرو است*[۱٤]*.

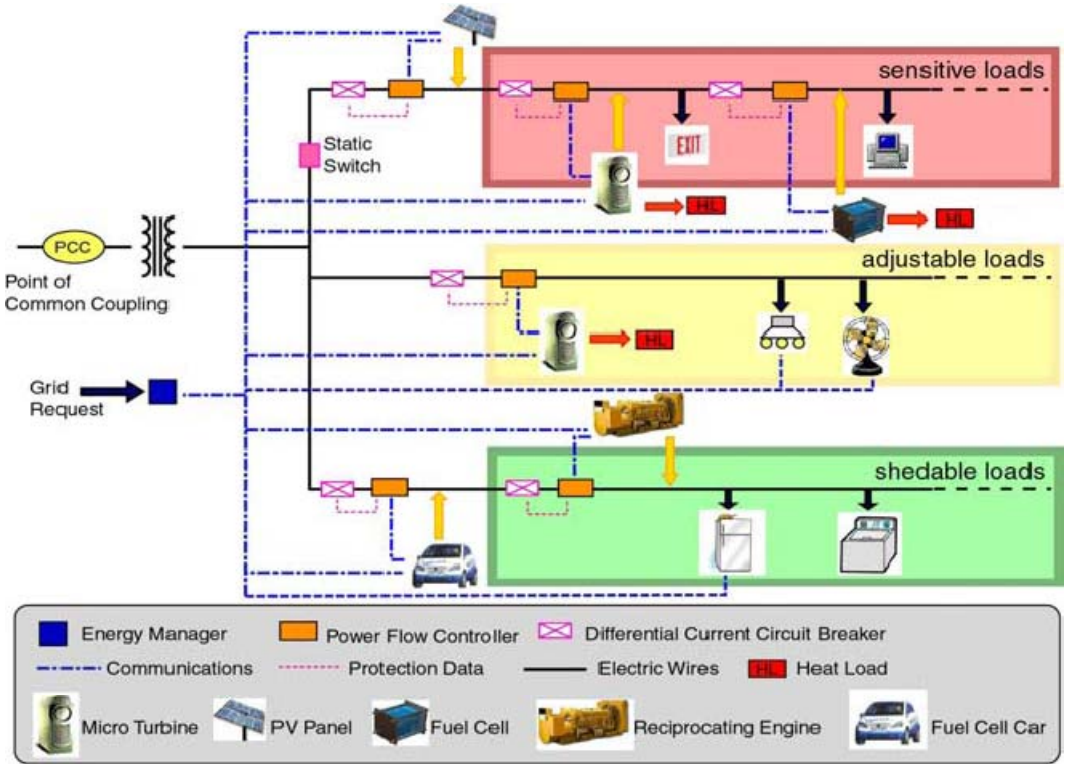
دو ویژگی اصلی میکرو شبکه طراحی آن پیرامون نیازهای انرژی سیستم و فراهم سازی *PQR*[1] همگن برای استفاده در سمت مصرف کننده می باشد.

یک میکرو شبکه از نیاز به بهینه سازی سیستم انرژی کلی سمت مصرف کننده بی نیاز می‌شود و از آنجاییکه انتقال گرما در واقع محدودتر از انتقال برق است، محل بارهای گرمایی احتمالا غالب است. بعبارتی، ممکن است ژنراتورهای مقیاس کوچک در مناطقی که بارهای گرمایی قرار دارند نصب شوند. هدف دوم میکرو شبکه مربوط مناسب کردن *PQR* با نیازهای سمت مصرف کننده می‌باشد، یک اصل کاملا متفاوت از فراهم کردن کیفیت خدمات جهانی، که هدف ماکروشبکه ها است. میکرو شبکه طوری ساخته می‌شود و عمل می‌کند که بارهای حیاتی محافظت شوند و کیفیت بالای برق در جاییکه ضروریست تضمین شود، در حالیکه بارهای دیگر برای *PQR* عمل می‌کنند. تدارک *PQR* همگن می‌تواند قابلیت اطمینان کلی تجهیزات حیاتی را بهبود بخشد در حالیکه هزینه‌ها را بخاطر هدر رفتن بخش‌های غیر حیاتی پایین می آورد. فراهم کردن *PQR* اختصاصی و محلی برای نیاز های سمت مصرف کننده، تفکر مربوط به سطح بهینه *PQR* جهانی مورد نیاز در ماکروشبکه را متحول خواهد کرد*[٤]*.

یک ویژگی اساسی میکرو شبکه عمل کردن آن بصورت یک سیستم کنترل شده منفرد است. کلید این ویژگی متکی بر انعطاف پذیری الکترونیک‌های قدرت پیشرفته برق است که واسطه میانی منابع کوچک و سیستم AC پیرامونی آنها را کنترل می‌کند. ساختمان میکرو شبکه اطمینان می‌دهد که تأثیر الکتریکی آن بر شبکه توزیع متمایز از دیگر مصرف کننده ها نیست *[۱۰]*.

[1] *Power Quality Ratio*

در شکل ۲-۱ زیر یک نمایش از ویژگیهای اساسی CM[۲] را نشان می دهد.



شکل ۱-۲: نمایش ویژگیهای اساسی CM *[۱٤]*

ویژگی های کلیدی آن عبارتند از:

۱) کوپلینگ مشترک – CM بصورت داخلی به ماکروشبکه در یک نقطه مجزا از کوپلینگ مشترک متصل می‌شود و از بیرون نمی توان تمایزی بین آن و بقیه مصرف کننده قائل شد. بعبارتی، هر چند کنترل دقیق وسایل در CM وجود دارند، با اینحال انرژی منتقل نمی‌شود و توانایی آن برای قطعه‌بندی بروی عملکرد آن در حال اتصال تاثیر نمی‌گذارد. برخی دیگر الگوهای میکروشبکه احتمال انتقال انرژی را مد نظر دارد *[۱٤]*.

۲) کنترل ژنراتور بوسیله سیستم الکترونیک‌های قدرت – نزدیک هر وسیله در شکل وسایلی بصورت یک کنترلر پخش بار و یک سیرکت بریکر اختلاف جریان معرفی می‌شوند. اینها توانایی‌های بسط یافته الکترونیک‌های قدرت را که با بیشتر وسایل نشان داده شده اند را نشان می‌دهد. مثل PV، میکرو توربین،سلول های سوختی. موتور پیستونی نشان داده شده، یک وسیله سنکرون است و کار آن حل مشکلات فنی ژنراتورهای سنکرون متصل به CM انجام می‌شود. هر وسیله بدون کنترل الکتریکی سریع

[2] *CERTS Microgrid*

عمل می‌کند. براساس فرکانس محلی و خواندن ولتاژ، الکترونیک‌های قدرت هر وسیله قادر به تضمین عملیات *CM* می‌باشند که تعادل انرژی را حفظ می کنند.عملیات باید در دو فرم مشخص انجام شود، متصل به شبکه و جدای از شبکه *[۱٤]*.

۳) کنترل نظارتی آهسته – هر چند وسایل بدون کنترل الکتریکی سریع عمل می کنند، با این حال آنها نیاز به کنترل عملیاتی آهسته‌تر جهت اطمینان از تعهد اقتصادی و توزیع در محیط و محدودیت های دیگر دارند که در شکل توسط مدیر انرژی *(EM[۳])* نشان داده شده است. *EM* مفهومی است و می توان در شکل‌های زیادی آنرا شناخت، یعنی از طریق توسعه یک مدیریت انرژی ساختمان موجود و سیستم کنترل *(EMCS[٤])* برای اضافه کردن قابلیت کنترل به *DER[٥]*. بر چسب درخواست شبکه قصد دارد تا ثابت کند که ممکن است *CM* در حال خرید برق و یا سوخت ها در قیمت‌های اصلی است با توجه به برنامه‌های پاسخ تقاضا با دریافت اطلاعات مثل اطلاعات هوا در یک زمان خاص. پیچیدگی *EM* ممکن است دامنه وسیعی را پوشش دهد *[٥]*.

٤)کاربردهای *CHP* – به محل وسایل در *CM* توجه کنید. ژنراتورهای گرمایی در جایی قرار می‌گیرند که به بارهای گرمایی اجازه کاربرد مناسب گرمایی اضافی را بدهند. در حالیکه ارزش اقتصادی گرمای اضافی، علی‌الخصوص در آب و هوای معتدل در واقع نسبت به ارزش برق کمتر است، با این وجود آن می‌تواند تأثیر اساس بر روی اقتصاد *CM* داشته باشد. هنگام بکارگیری در سیستم‌های جذب سرما، گرما می‌تواند کاملا ارزشمند باشد. سرد کردن بوسیله استفاده غیر مستقیم گرما نه تنها پیک گران را جابجا می‌کند، بلکه میتواند یک تأثیر مهم بروی هزینه‌های تقاضا داشته باشند *[۱۱]*.

۵) *PQR*[٦] غیر یکنواخت – در آخر مفهوم *PQR* غیر یکنواخت را مد نظر قرار می دهیم. سیستم ایده آل الگوی برق جاری، اینست که *PQR* یک استاندارد جهانی را بدست آورد. در حالیکه در عمل این ایده آل همیشه بدست نمی‌آید. اگر *CM* نتواند تعادل انرژی را حفظ کند میکرو شبکه خود را به وسیله سوئیچ

[3] *Energy Manager*
[4] *Energy Management and Control System*
[5] *Distributed Energy Resouse*
[6] *Power Quality*

استاتیکی مجزا می‌کند و مستقل عمل می‌کند. بارهای قابل تنظیم در مدار دوم هستند، و بارهایی که همان ابتدا رها می شوند در مدار سوم قرار دارند *[۱٤]*.

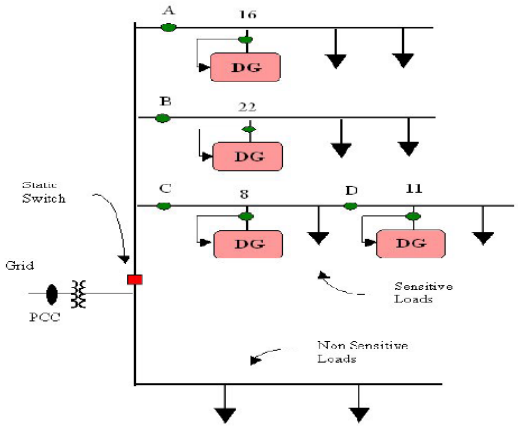
۱-۴- وصل میکرو شبکه به شبکه اصلی برق

میکرو شبکه باید بدون به خطر انداختن قابلیت اطمینان یا طرح های محافظتی یا ایجاد مشکلات دیگر به شبکه متصل شود. به هر حال، میکرو شبکه ها می توانند قابلیت اطمینان بیشتری را به شبکه عرضه دارند. همچنین میکرو شبکه ها می توانند با کاهش تهدید ها به کار آیی سیستم از شبکه سود ببرند بشرطی که درست تنظیم شوند. بعلاوه، وسایل الکترونیک قدرت در یک میکرو شبکه را می توان طوری طراحی کرد که شبیه یک بار امپدانسی عمل کند. در واقع، میکرو شبکه ها می توانند خدمات کمکی را فراهم کنند مثل تقویت ولتاژ محلی، هر چند که ولتاژ پایین توانایی آنرا برای تغذیه در شبکه محدود می کند. اگر میکرو شبکه چنین ویژگی را دارا بوده می توان آنرا بصورت یک مدل شهری شبکه مد نظر قرار داد *[۱۱]*.

۱-۴-۱- ساختار کنترل توان واحد تولیدی

در این ساختار هر واحدDG ،مقدار ولتاژ در نقطه اتصال و توان تزریقی منبع را تنظیم می کند. در این ساختار هنگامی که هر واحد در حال ثابت نگه داشتن توان خروجی است، اگر یک بار در هر کجای میکروشبکه افزایش یابد، توان اضافی بوسله شبکه اصلی تأمین می شود. زمانی که سیستم به حالت جزیره ای می رود، واحد کنترل توان در مقابل افت فرکانس، سعی می کند توان در حالت جزیره ای به تعادل برساند. این ساختار همچنین برای سیستم CHP[۷] مناسب است زیرا تولید توان وابسته به تقاضای گرما دارد. با استفاده از گرمای اتلافی ما می توانیم بازده سیستم را به اندازه محسوسی افزایش دهیم *[۵]*.

[7] *Combined Heating and Power*



شکل ۱-۳: ساختار میکرو شبکه

۱–۵– شبکه هوشمند با استفاده از منابع تولید پراکنده

شبکه های کوچک اما هوشمند از تکنولوژی هایی استفاده می کنند که موجب می شود شبکه تولید و توزیع توان هوشمند تر شده، قابلیت اطمینان آن افزایش یابد بطوریکه بتواند بطور خودکار تعادل را در شبکه ایجاد کند، بازده را افزایش دهد و امنیت مورد نیاز را تامین کند. شبکه هوشمند توان یک نوع شبکه توزیع ارتقا یافته است که موجب کاهش خطوط انتقال شده و از تلفات اضافی جلوگیری می کند. این مدل موجب می شود توان با تلفات کمتر انتقال یابد و انرژی اضافی در بازار بفروش برسد.

پیشرفت های اخیر در مورد شبکه های هوشمند به منظور افزایش بازده، کنترل و مانیتورینگ، مدیریت توان، دست یابی به راه حلی برای تولید الکتریسیته بطور غیر متمرکز انجام شده است. بنابر این، مطالعه و تحقیق در مورد شبکه های هوشمند به منظور بهینه سازی گزینه های زیر اجتناب ناپذیر است؛

I. یکپارچه سازی منابع تولید پراکنده
II. افزایش امنیت شبکه در مقابل خطا
III. کاهش زمان بازیابی شبکه به خاطر گذر از حالت جزیره ای و اتصال
IV. بهبود قابلیت اطمینان شبکه
V. بهبود کیفیت توان شبکه
VI. افزایش بازده

VII. غیر متمرکز شدن مدیریت توان؛ چگونگی تولید در تعداد زیادی از مناطق بجای تولید مقدار زیادی توان در یک منطقه

یک شبکه هوشمند با استفاده از تکنولوژی های دیجیتال موجب ارتباط دو طرفه توان بین مصرف کنندگان و تولید کنندگان انرژی می شود. در این شبکه مدیران شبکه به راحتی و به سرعت می توانند مشکلات را در شبکه شناسایی و از بروز آن جلوگیری کنند. این توانایی به علت سیستم ارتباطی سریع، دستگاه های اندازه گیری زیاد، امکانات عیب یابی متمرکز، و سیستم کنترلی است که می تواند به سرعت سیستم را بعد از بروز وقفه ها و خرابی ها که در شبکه رخ داده به حالت پایدار برگرداند.

در نهایت با توجه به پیچیدگی سیستم های هوشمند، دانستن چگونگی کنترل آنها به منظور تامین توان با کیفیت مطلوب و مدیریت توان امری ضروری به نظر می رسد. همچنین مسئله اصلی در کنترل شبکه های کوچک، کنترل منابع کوچک می باشد. بعضی از مفاهیم کلیدی سیستم های انرژی مانند مدل توان – افت فرکانس، کنترل ولتاژ و سطح های کنترل را می توان برای بهبود پایداری سیستم، تامین توان اکتیو و راکتیو استفاده کرد.

۱–۶–اهداف

مهمترین هدف این پایان نامه حل مشکلات مربوط به مدلسازی، کنترل سیستم های تولید پراکنده در مد های عملیاتی میکرو شبکه می باشد. روش تحقیق شامل توسعه مدلسازی سیستم بر اساس یک سری از متغییر های مورد نیاز برای کنترل بهینه توان اکتیو و راکتیو، استفاده از اینورتر *VSI* به عنوان رابط الکتریکی با میکرو شبکه و متغییر های کنترل اینورتر شامل فرکانس، فاز و ولتاژ خروجی می باشد. در ابتدا روش کنترلی افت مورد بررسی قرار می گیرد، سپس دو روش کنترلی جدید برای کنترل میکروشبکه ارائه می شود. در انتها برای بررسی درستی روش های معرفی شده و مقایسه آن با روش افت نتایج حاصل از شبیه سازی ارئه شده است.

در این پروژه برای مدلسازی منابع تولید پراکنده از مدل دینامیکی پیل سوختی و میکرو توربین به عنوان منابع تولید پراکنده استفاده شده است.