بسم الله الرحمن الرحيم

۱۳۰۷
دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق–قدرت

مدلسازی و طراحی کنترل کننده جهت حفظ پایداری ولتاژ در یک شبکه مستقل شامل واحدهای تجدیدپذیر، ذخیره ساز و بارهای قابل کنترل

توسط:

سید سجاد سید علیپور

استاد راهنما:

دکتر عباس هوشمند ویکی

دکتر سید مسعود مقدس تفرشی

بهار۱۳۹۱

اظهارنامه دانشجو

موضوع پایان‌نامه :

مدلسازی و طراحی کنترل کننده جهت حفظ پایداری ولتاژ در یک شبکه مستقل شامل واحدهای تجدیدپذیر، ذخیره ساز و بارهای قابل کنترل

نام دانشجو: سید سجاد سید علیپور

شماره دانشجوئی: ۸۸۰۵۳۳۴

اینجانب **سید سجاد سید علیپور** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد مهندسی برق-قدرت دانشکده برق دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی گواهی می‌نمایم که تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه توسط شخص اینجانب انجام شده و صحت و اصالت مطالب نگارش شده مورد تائید می‌باشد، و در موارد استفاده از کار دیگر محققان به مرجع مورد استفاده اشاره شده است. بعلاوه گواهی می‌نمایم که مطالب مندرج در پایان‌نامه تاکنون برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی توسط اینجانب یا فرد دیگری درهیچ جا ارائه نشده است و در تدوین متن پایان‌نامه چارچوب (فرمت) مصوب دانشگاه را بطور کامل رعایت کرده‌ام.

امضاء دانشجو

تاریخ

حق تبع و نشر و مالکیت نتایج

۱- حق چاپ و تکثیر این پایان‌نامه متعلق به نویسنده آن می‌باشد. هرگونه کپی‌برداری بصورت کل پایان-نامه یا بخشی از آن تنها با موافقت نویسنده یا کتابخانه دانشکده **برق** دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی مجاز می‌باشد.

ضمناً متن این صفحه نیز باید در نسخه تکثیر شده وجود داشته باشد.

۲- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی می‌باشد و بدون اجازه کتبی دانشگاه به شخص ثالث قابل واگذاری نیست.

همچنین استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

تقدیم به:

تقدیم به مادرم:

مادرم، آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلبم، همچنان پابرجاست و هرگز غروب نخواهد کرد.

تقدیر و تشکر

ای هستی بخش، وجود مرا بر نعمات بیکرانت توان شکر نیست. ذره ذره وجودم برای تو و نزدیک شدن به تو می‌تپد. الهی مرا مدد کن تا دانش اندکم نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور، نه حلقه‌ای برای اسارت و نه دست مایه‌ای برای تجارت، بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن زندگی خود و دیگران.

حال که توفیق جمع‌آوری و تهیه‌ی این مجموعه را یافته‌ام بر خود واجب می‌دانم از تمامی عزیزانی که در طی انجام این پژوهش از راهنمایی و یاریشان بهره‌مند گشته‌ام مخصوصا استاد بزرگوارم، دکتر هوشمند و دکتر تفرشی که همیشه مشوق و راهنمای من در این پژوهش بوده‌اند، تشکر و قدردانی کنم.

چکیده

موضوع پایداری ولتاژ، یکی از مولفه های مهم برای مدیریت انرژی و برنامه‌ریزی در هر سیستم قدرت می‌باشد. از طرف دیگر، کاربرد واحدهای تولید پراکنده در سیستم‌های توزیع، نوع جدیدی از سیستم‌های قدرت به نام میکروشبکه را معرفی می‌نماید. میکروشبکه‌ها می توانند به صورت مستقل، و یا در حالت اتصال به شبکه بالادست مورد بهره برداری قرار گیرند. در این پایان نامه جهت مدلسازی یک شبکه مستقل از یک میکروشبکه که دارای واحدهای تجدیدپذیر، ذخیره سازهای انرژی، بارهای مصرفی در هر دو بخش ***dc*** و ***ac*** و بارهای قابل کنترل می باشد، استفاده شده است و میکروشبکه مورد نظر در حالت جدا از شبکه بالادست در نظر گرفته شده است. هدف از انجام این مطالعه، استفاده از بارهای قابل کنترل به همراه ذخیره سازهای انرژی برای کنترل ولتاژ میکروشبکه می باشد. بدین منظور، بخشی از اختلاف توان تولیدی و مصرفی که باید به وسیله ذخیره سازهای انرژی جبران شود، از طریق بارهای قابل کنترل جبران می شود.

در این پایان نامه، ابتدا طراحی و مدلسازی کنترل‌کننده‌های موردنظر به منظور کنترل ولتاژ میکروشبکه انجام گردیده و در ادامه، کنترل فرکانس نیز بعنوان یکی از قیود مسأله به همراه کنترل ولتاژ بخش‌های ***ac*** و ***dc*** در نظر گرفته شده است.

کنترل‌کننده‌های ***PI*** به دلیل دارا بودن مزایای ساختار ساده، قابلیت مشخص و پیاده‌سازی آسان در این پایان‌نامه، طراحی و مدلسازی گشته‌اند. به منظور بهینه‌سازی پارامترهای کنترل‌کننده‌های ***PI*** از الگوریتم بهینه‌سازی اجتماع ذرات استفاده گردیده است.

کلید واژه: میکروشبکه، کنترل ولتاژ، ذخیره ساز انرژی، بارهای قابل کنترل، الگوریتم بهینه سازی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست جدول‌ها ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

پیشگفتار ۱

فصل ۱- مروری بر مطالعات پیشین ۴

۱-۱- مقدمه ۴

۱-۲- میکروشبکه و ویژگیهای آن ۴

۱-۳- استفاده از ذخیره ساز انرژی برای پایداری میکروشبکه ۵

۱-۳-۱- مدلسازی و کنترل سیستم ذخیره ساز انرژی ابرخازن متراکم برای تولید توان بادی ۵

۱-۳-۲- طراحی کنترل توان یک شارژ باتری ژنراتور PV اکتیو ترکیبی برای کاربردهای تعقیب بار ۹

۱-۳-۳- تحقیق بر روی کنترل پایداری ولتاژ میکروشبکه مبتنی بر ذخیره ساز انرژی ۱۳

۱-۳-۴- تنظیم ولتاژ شبکه با استفاده از باتریهای ذخیره ساز در طرح بادی-خورشیدی بر پایه سیستم تولید پراکنده ۱۳

۱-۳-۵- مدیریت انرژی میکرو شبکه شامل باس های AC و DC ۱۵

۱-۳-۶- کنترل هماهنگ ژنراتور توربین بادی و واحد ذخیره ساز باتری در سیستم تامین توان منطقه دور دست ۱۵

۱-۳-۷- کنترل توان مزرعه بادی متصل به شبکه با استفاده از سیستم ذخیره ساز انرژی VRB ۱۷

۱-۳-۸- یک الکترونیک قدرت میانجی برای سیستم ذخیره ساز انرژی ترکیبی باتری-ابرخازن برای کاربردهای بادی ۱۷

۱-۴- استفاده از بارهای قابل کنترل برای پایداری میکرو شبکه ۱۹

۱-۴-۱- سیستم توان AC/DC هوشمند ترکیبی ۱۹

۱-۴-۲- کنترل ولتاژ و فرکانس سیستم توان پایین بوسیله بارهای قابل کنترل غیر متمرکز ۲۴

۱-۴-۳- مدیریت توان بارهای آب گرمکن الکتریکی متراکم بوسیله کنترل ولتاژ ۲۸

۱-۵- سایر مقالات ۳۱

۱-۵-۱- مدلسازی و کنترل یک سیستم تولید ترکیبی بادی-خورشیدی متصل به شبکه ۳۱

۱-۵-۲- استراتژی کنترل برای سیستمهای ذخیره سازی انرژی ترکیبی باتری-ابرخازن ۳۱

۱-۵-۳- کنترل ولتاژ میکروشبکه در مدهای موازی، جزیره ای و حالت گذرای بین این دو مد ۳۳

۱-۶- نتیجه گیری ۳۳

فصل ۲- آرایش، مدلسازی و طراحی کنترل کننده برای میکروشبکه پیشنهادی ۳۵
۲-۱- مقدمه ۳۵
۲-۲- ساختار میکروشبکه پیشنهادی ۳۵
۲-۳- مدل واحدهای مورد استفاده در میکروشبکه پیشنهادی ۳۷
۲-۳-۱- مدل واحد خورشیدی ۳۷
۲-۳-۲- مدل مبدل DC/DC متصل به واحد خورشیدی ۳۹
۲-۳-۳- مدل واحد بادی ۳۹
۲-۳-۳-۱- مدل توربین بادی ۴۰
۲-۳-۳-۲- مدل ژنراتور القایی ۴۱
۲-۳-۴- مدل یکسو کننده دیودی سه فاز متصل به واحد بادی ۴۲
۲-۳-۵- مدل باتری ۴۳
۲-۳-۶- مدل ابرخازن ۴۶
۲-۳-۷- مدل مبدل DC/AC ۴۶
۲-۳-۸- مدل خودروی برقی ۴۸
۲-۳-۹- مدل مبدل DC/DC متصل به ذخیره سازهای انرژی و خودروهای برقی ۴۸
۲-۴- طراحی کنترل کننده برای اجزای مختلف میکروشبکه پیشنهادی ۴۹
۲-۴-۱- طرح کنترلی مبدل DC/DC متصل به PV ۴۹
۲-۴-۲- طرح کنترلی مبدلهای DC/DC متصل به ذخیره سازهای انرژی و خودروهای برقی ۵۱
۲-۴-۳- کنترل خودروهای برقی ۱ و ۲ ..... ۵۳
۲-۴-۴- کنترل اینورتر DC/AC ۵۳
۲-۵- نتیجه گیری ۵۴

فصل ۳- بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه با استفاده از الگوریتم اجتماع ذرات ۵۵
۳-۱- مقدمه ۵۵
۳-۲- استفاده از الگوریتم ***PSO*** به منظور بهبود کنترل ولتاژ میکروشبکه ۵۵
۳-۳- نتیجه گیری ۶۱

فصل ۴- شبیه سازی و تحلیل نتایج ۶۲
۴-۱- مقدمه ۶۲
۴-۲- داده های شبیه سازی ۶۲
۴-۳- نتایج شبیه سازی ۶۳
۴-۳-۱- اثر تغییرات سرعت باد بر روی میکروشبکه ۶۴

۴-۳-۲- اثر تغییرات شدت تابش خورشید بر روی میکروشبکه ۶۸
۴-۳-۳- اثر تغییرات همزمان سرعت باد و شدت تابش خورشید بر روی میکروشبکه ۷۳
۴-۳-۴- اثر نوسانات ورودی(تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید) و تغییرات بار بر روی میکروشبکه. ۷۸
۴-۴- نتیجه گیری ۸۳
فصل ۵- نتیجه گیری و پیشنهادات ۸۴
۵-۱- نتیجه گیری ۸۴
۵-۲- پیشنهادات ۸۴
مراجع ۸۵

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: پارامترهای اصلی SCES ۷
جدول ۱-۲: معادلات مربوط به مدلسازی و کنترل توان ۱۱
جدول ۱-۳: پارامترهای خطوط ۲۵
جدول ۱-۴: پارامترهای دیزل ژنراتور ۲۵
جدول ۱-۵: پارامترهای سیستم ۲۷
جدول ۱-۶: مقالات مطالعه شده در زمینه پایداری میکروشبکه ۳۳
جدول ۴-۱: پارامترهای واحد خورشیدی ۶۲
جدول ۴-۲: پارامترهای ژنراتور القایی ۶۳

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل۱-۱: دیاگرام شماتیک پیکربندی SCES ۵
شکل ۱-۲: مدل سیستم ۷
شکل ۱-۳: توان اکتیو و راکتیو خروجی مزرعه بادی ۸
شکل ۱-۴: توان اکتیو شبکه و توان اکتیوSCES ۸
شکل ۱-۵: توان راکتیو شبکه و توان راکتیو SCES ۹
شکل ۱-۶: مدل سیستم ۹
شکل ۱-۷: شبکه متصل به سیستم توان pv شامل باتری و ابرخازن ۱۰
شکل ۱-۸: نمودار گذر توان ۱۱
شکل ۱-۹: الگوریتمهای توان ۱۲
شکل ۱-۱۰: توان منابع،توان pv(۱)، توان باتری (۲)،توان ابرخازن(۳) ۱۲
شکل۱-۱۱: ساختار پیشنهادی برای استفاده از ذخیره ساز باتری در هنگام شب ۱۴
شکل۱-۱۲: کنترل هماهنگ سیستم RAPS پیشنهادی ۱۶
شکل۱-۱۳: ESS ترکیبی با اتصال مستقیم باتری به لینک dc ۱۸
شکل ۱-۱۴: کنترل ESS ترکیبی با اتصال مستقیم باتری به لینک dc ۱۹
شکل ۱-۱۵: شبکه هوشمند DC ۲۰
شکل۱-۱۶: سیستم کنترل کانورتر طرف ژنراتور ۲۱
شکل ۱-۱۷: سیستم کنترل اینورتر طرف شبکه ۲۱
شکل۱-۱۸: مشخصات افت EWH برای ولتاژ باس DC ۲۲
شکل ۱-۱۹: مشخصات افت باتری برای ولتاژ باس DC ۲۲
شکل ۱-۲۰: جریان بار EWH ۲۳
شکل ۱-۲۱: ولتاژ باس DC ۲۳
شکل ۱-۲۲: فرکانس شبکه ۲۳
شکل ۱-۲۳: مدل سیستم توان مستقل ۲۴
شکل ۱-۲۴: کنترل ترکیبی EWH ۲۶
شکل۱-۲۵: کنترل ترکیبی باتری ۲۶

شکل ۱-۲۶: توان راکتیو تمام خانه ها ۲۷
شکل ۱-۲۷: فرکانس سیستم ۲۸
شکل ۱-۲۸: پاسخ دمایی EWHبه عنوان تابع ولتاژ ۲۹
شکل ۱-۲۹: فلوچارت محاسبه ظرفیت ماکزیمم EWH در سطوح ولتاژ مختلف ۳۰
شکل۱-۳۰: محدوده تغییرات انرژی و توان برای تکنولوژیهای مختلف ESS ۳۲
شکل ۲-۱: ساختار میکروشبکه پیشنهادی ۳۶
شکل۲-۲: مدل مداری یک سلول PV[۲۶] ۳۸
شکل۲-۳: کانورتر Boost(DC/DC)[۲۶] ۳۹
شکل۲-۴: دیاگرام شماتیک واحد بادی همراه با مبدلهای الکترونیک قدرت[۲۸] ۴۰
شکل۲-۵: یکسو کننده دیودی متصل به ژنراتور[۲۶] ۴۲
شکل ۲-۶: مدل غیرخطی باتری[۲۹] ۴۴
شکل۲-۷: نمودار ولتاژ باتری بر حسب ظرفیت آن[۲۹] ۴۵
شکل۲-۸: مدل ابرخازن ۴۶
شکل۲-۹: اینورتر DC/AC به همراه فیلتر LC ۴۷
شکل ۲-۱۰: مدل الکتریکی خودروی برقی[۲۹] ۴۸
شکل ۲-۱۱: مبدل DC/DC متصل به ذخیره سازهای انرژی و خودروهای برقی ثابت ۴۹
شکل۲-۱۲: طرح کنترلی برای مبدل DC/DC متصل به PV ۵۰
شکل ۲-۱۳: الگوریتم P&O برای به دست آوردن حداکثر توانpv[۳۲] ۵۱
شکل۲-۱۴: تولید جریان مرجع برای ذخیره سازهای انرژی و خودروی برقی ثابت ۵۲
شکل ۲-۱۵: تولید پالس برای مبدلهای DC/DC متصل به ذخیره سازهای انرژی و خودروی برقی ثابت ۵۳
شکل ۲-۱۶: طرح کنترلی برای خودروهای برقی ۱ و ۲ ۵۳
شکل ۲-۱۷:طرح کنترلی اینورتر DC/AC ۵۴
شکل۳-۱: یک حالت ابتدایی نمونه در یک الگوریتم ۴ ذرهای[۳۷] ۵۶
شکل۴-۱: مقدار تابع هدف بر حسب تعداد تکرار برای الگوریتم pso ۶۴
شکل ۴-۲: تغییرات سرعت باد ۶۵
شکل۴-۳: توان خروجی واحد بادی ۶۵
شکل ۴-۴: توان خروجی واحد خورشیدی ۶۶
شکل۴-۵: ولتاژ بخش dc در حالت تغییرات توان واحد بادی ۶۷
شکل۴-۶: ولتاژ بخش ac در حالت تغییرات توان واحد بادی ۶۷

شکل۴-۷: فرکانس بخش ac در حالت تغییرات توان واحد بادی..... ۶۷
شکل۴-۸: جریان ذخیره ساز باتری در حالت تغییرات واحد بادی..... ۶۸
شکل ۴-۹: تغییرات شدت تابش خورشید..... ۶۹
شکل۴-۱۰: توان خروجی واحد PV..... ۶۹
شکل۴-۱۱: ولتاژ بخش dc در حالت تغییرات شدت تابش خورشید..... ۷۰
شکل۴-۱۲: ولتاژ بخش ac در حالت تغییرات شدت تابش خورشید..... ۷۰
شکل۴-۱۳: فرکانس بخش ac در حالت تغییرات شدت تابش خورشید..... ۷۱
شکل۴-۱۴: جریان ذخیره ساز باتری در حالت تغییرات شدت تابش خورشید..... ۷۲
شکل۴-۱۵: جریان خودروهای برقی در حالت تغییرات شدت تابش خورشید..... ۷۲
شکل ۴-۱۶: ولتاژ بخش dc در حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۴
شکل ۴-۱۷: ولتاژ بخش ac در حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۴
شکل ۴-۱۸: فرکانس بخش acدر حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۵
شکل ۴-۱۹: جریان ذخیره ساز ابرخازن در حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۶
شکل ۴-۲۰: جریان ذخیره ساز باتری در حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۶
شکل۴-۲۱: جریان خودروهای برقی در حالت تغییرات سرعت باد و شدت تابش خورشید..... ۷۷
شکل ۴-۲۲: ولتاژ بخش dc در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۷۸
شکل ۴-۲۳: ولتاژ بخش ac در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۷۹
شکل۴-۲۴: فرکانس بخش ac در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۷۹
شکل۴-۲۵: جریان ذخیره ساز ابرخازن در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۸۰
شکل۴-۲۶: جریان ذخیره ساز باتری در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۸۱
شکل۴-۲۷: soc ذخیره ساز باتری در حالت نوسانات ورودی و تغییرات بار..... ۸۱
شکل ۴-۲۸: جریان خودروی برقی ۱..... ۸۲
شکل۴-۲۹: soc خودروی برقی ۱..... ۸۳

پیشگفتار

رشد روزافزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت مشکلات زیست‌محیطی موجب شده تا هر روز شاهد پیشرفتهایی در زمینه فن‌آوری استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر باشیم، یعنی استفاده از منابع لایزالی که خداوند به ما ارزانی داشته است. ماهیت پایان‌ناپذیر این گونه انرژی‌ها، روند رو به اتمام سوخت‌های فسیلی و سایر مزایای بارز این انرژی‌ها موجب تشویق بشر درسرمایه گذاری در این راه بوده است.

پیش‌بینی می‌شود که انرژی‌های تجدیدپذیر جایگاه ویژه‌ای را در تامین انرژی قرن آتی کسب کنند. البته حدود سه دهه کشورهای پیشرفته و صاحب فن‌آوری به این مهم پرداخته‌اند تا جایی که در برنامه سالانه انرژی خود درصدی از انرژی‌های مورد نظر کشورشان را از طریق توربین‌های بادی، پیلهای خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و ... تامین می‌کنند.

بررسی های دقیق نشان می‌دهند حتی در حال حاضر که هزینه استحصال انرژی‌های تجدیدپذیر گران‌تر از نوع فسیلی به نظر می‌آید، در مناطق دور دست روستایی و کشاورزی به دلیل مشکل انتقال سایر انرژی‌ها و بالا بودن هزینه آن، استفاده از منابع تجدیدپذیر مقرون به صرفه اقتصادی است و با توجه به تلاش گسترده‌ای که در رابطه با استحصال انرژی‌هایی از این نوع شده روز به روز از توجیه اقتصادی بالاتری برخوردار می‌شود.

علاوه بر این استفاده بشر از سوخت های فسیلی باعث شده تا علی رغم مزایای بسیار سوخت های فسیلی، خسارتهای سنگینی به محیط زیست تحمیل گردد، چرا که انتشار آلودگیهایی همچون SO_X، NO_X وCO_2 آثار منفی زیست محیطی فراوانی نظیر تغییرات آب و هوا، اثرات گلخانه ای، باران های اسیدی و ... را موجب می گردند. گاز CO_2 عامل اصلی تغییرات آب و هوا محسوب می گردد.

برای مدلسازی شبکه مستقل در نظر گرفته شده در این پایان نامه، از یک میکروشبکه[1] مبتنی بر انرژیهای تجدیدپذیر استفاده شده است و میکروشبکه مورد نظر در حالت جزیره ای مورد بهره برداری قرار می گیرد.

استفاده از میکروشبکه های مبتنی بر انرژیهای نو به دلایل زیر می تواند باعث کاهش انتشار گاز CO_2 گردد:

[1] Micro grid

- استفاده از میکروشبکه به دلیل نزدیکی واحدهای تولید و مصرف کنندگان، باعث افزایش راندمان در میکروشبکه ها در نتیجه کاهش انتشار CO_2 گردد.
- استفاده از تولید کنندگان انرژی مبتنی بر انرژیهای تجدیدپذیر که دارای آلودگیهای زیست محیطی کم و یا عاری از آلودگی هستند مانند واحدهای خورشیدی، توربین های بادی و ... باعث کاهش انتشار CO_2 می شود.

علاوه بر کاهش انتشار گاز CO_2 استفاده از میکروشبکه ها دارای مزایای زیر می باشد:

۱. سیستمهای میکروشبکه می توانند به طور بسیار کارآمدتر از سیستمهای متمرکز تولید و انتقال انرژی مورد بهره برداری قرار بگیرند.

۲. کاهش در تراکم شبکه قدرت که با استفاده از هماهنگی مناسب بین بار و تولید بدست می آید.

۳. برخلاف نیروگاه‌های با ظرفیت بالای متعارف، ظرفیت تولید کنندگان سیستم‌های میکروشبکه در مقیاس بارهای مصرفی می‌باشد، لذا توازن میان عرضه و تقاضای الکتریسیته بطور اقتصادی تر قابل برقراری است.

۴. وجود منابع متنوع تولید که می توانند مکمل یکدیگر باشند و همچنین بارهایی که قابل کنترل هستند سبب بهبود کیفیت توان و افزایش قابلیت انعطاف سیستم میکروشبکه می گردد.

۵. علاوه بر این، سیستم های میکروشبکه باعث توسعه‌ی اجتماعی و اقتصادی در نواحی که مورد استفاده قرار می گیرند، خواهند شد، زیرا با تشویق و ترغیب سرمایه های بخش خصوصی در پروژه های آبی کوچک، بادی، خورشیدی و بیوماس، باعث ایجاد اشتغال، تولید درآمد و کاهش مهاجرت نیروی کار از این نواحی می شوند.

اما انرژی الکتریکی تولید شده به وسیله منابع تجدید پذیر با مشکلاتی همراه است و از پایداری کافی برخوردار نمی باشد. همین امر موجب شده است تلاشهای فراوانی صورت گیرد تا انرژی که از این طریق در اختیار مصرف کنندگان قرار می گیرد از کیفیت بالاتری برخوردار گردد. اقداماتی چون استفاده از جبران کننده ها و استفاده از ذخیره ساز[1]های انرژی از جمله تلاشهای صورت گرفته در این زمینه می باشند.

[1] Storage

در این پایان نامه سعی می شود از یک روش جدید برای پایداری میکروشبکه مبتنی بر انرژیهای تجدید پذیر استفاده شود و آن استفاده از ذخیره ساز انرژی به همراه بار قابل کنترل[1] برای کنترل ولتاژ و فرکانس میکروشبکه می باشد و سعی می شود یک ساختار کنترلی ارائه گردد که مازاد توان تولیدی نسبت به توان مصرفی را در سیستم ذخیره ساز انرژی ذخیره کند و هنگامی که توان تولیدی نسبت به توان مصرفی کاهش پیدا می کند مجددا توان ذخیره شده در سیستم ذخیره ساز را به شبکه بازگرداند و از این طریق پایداری شبکه را تامین کند، اما ممکن است توان ذخیره شده در سیستم ذخیره ساز به اندازه ای نباشد که با مجموع توان تولید شده به وسیله واحدهای تولید توان بتواند توان مورد نیاز بار را تامین کند، و یا اینکه توان ذخیره شده در سیستم ذخیره ساز در ماکزیمم حالت خود قرار دارد و نمی تواند مازاد توان تولیدی نسبت به مصرفی را در خود ذخیره کند، برای رفع این مشکل در مدل ارائه شده در این پایان نامه، بخشی از اختلاف توان بین تولید و مصرف از طریق بارهای قابل کنترل(خودروهای برقی) جبران می شود، که این امر موجب کارکرد ذخیره ساز انرژی باتری در ناحیه خطی شده و پایداری میکروشبکه را به ارمغان خواهد داشت. استفاده از ذخیره ساز انرژی باتری در ناحیه خطی، راندمان باتری و همچنین راندمان میکروشبکه را افزایش می دهد.

فصل اول این پایان نامه، به مروری بر مطالعات انجام شده در ارتباط با موضوع این پایان نامه اختصاص دارد.

در فصل دوم ساختار پیشنهادی میکروشبکه ارائه شده است، اجزای تشکیل دهنده آن مورد بررسی قرار گرفته و هر کدام از واحدهای تشکیل دهنده میکروشبکه پیشنهادی مدل شده و طراحی کنترل-کننده‌های مربوط به آنها انجام شده است.

در فصل سوم به معرفی الگوریتم اجتماع ذرات و بیان تابع هدف برای به دست آوردن پارامترهای کنترلرهای میکروشبکه پرداخته شده است.

در فصل چهارم، شبیه سازی و تحلیل نتایج آن انجام شده است.

فصل پنجم به نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات اختصاص دارد.

[1] Controllable load

فصل ۱– مروری بر مطالعات پیشین

۱–۱– مقدمه

در این فصل ابتدا توضیح مختصری درباره میکروشبکه و ویژگیهای آن داده می شود. سپس مطالعات انجام گرفته در زمینه بهبود پایداری میکروشبکه مورد بررسی قرار می گیرد. کارهای انجام شده در این زمینه را می توان به دو بخش عمده تقسیم بندی کرد. دسته اول مقالاتی هستند که از ذخیره ساز انرژی برای پایداری میکروشبکه استفاده کرده اند، و دسته دوم مقالاتی هستند که از بارهای قابل کنترل برای پایداری میکروشبکه بهره برده اند.

در ادامه مقالات مربوط به هر دسته آورده شده اند.

۱–۲– میکروشبکه و ویژگیهای آن

راه اندازی مستقل و کنترل هماهنگ بین منابع تولید پراکنده، بارهای قابل کنترل و دستگاههای ذخیره کننده انرژی، که توسط واحدهای کنترلی انجام می شود، از ویژگیهای اصلی میکروشبکه است. میکروشبکه ها می توانند بصورت متصل به شبکه و یا به صورت مستقل (جدا از شبکه)، راه اندازی شوند. از دیدگاه شبکه بالادست، میکروشبکه به عنوان یک مجموعه قابل کنترل در سیستم است که می تواند به عنوان بار و یا به عنوان یک منبع کمکی که در مواقع ضروری (زمان پیک بار) به شبکه توان می دهد، دیده شود. از دیدگاه مصرف کننده، میکروشبکه شبیه به یک سیستم توزیع فشار ضعیف[1] ***(LV)*** سنتی است که نیازهای الکتریکی و گرمایشی آنها را برآورده می کند و همچنین سبب بالا رفتن قابلیت اطمینان در تامین برق آنها، کاهش تلفات و بهبود کیفیت توان می گردد.

در واقع هدف از بهره برداری میکروشبکه ها این است، که به جای استفاده از تولیدات پراکنده به عنوان مولفه هایی از سیستم که به طور نامناسب و ناهماهنگ رفتار می کنند از یک مجموعه از تولیدات و بارهایی استفاده شود که به صورت هماهنگ رفتار می کنند. این هماهنگی توسط واحدهای کنترلی انجام می گیرد.

[1] Low Voltage

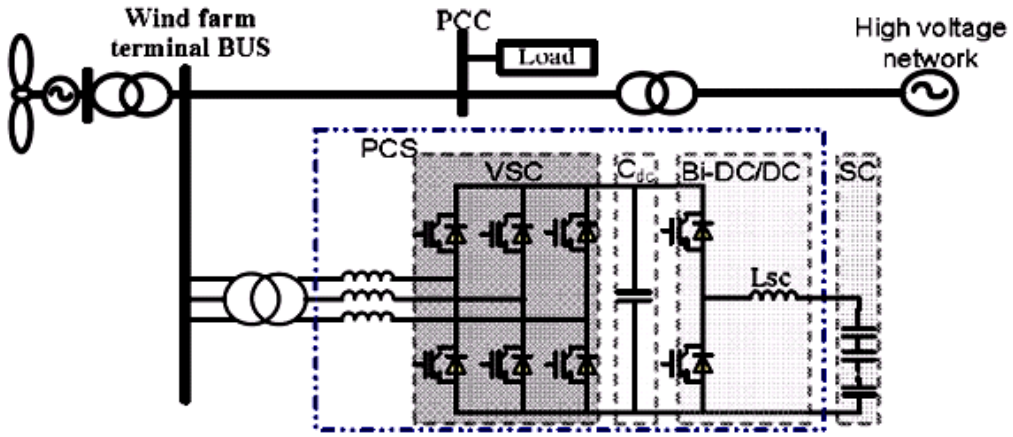
۱–۳– استفاده از ذخیره ساز انرژی برای پایداری میکروشبکه

۱–۳–۱– مدلسازی و کنترل سیستم ذخیره ساز انرژی ابرخازن[1] متراکم برای تولید توان بادی[۱]

در این مقاله از اجتماع ذخیره ساز انرژی ابرخازن برای پایداری ولتاژ و هموارسازی توان استفاده شده است.

سیستم ذخیره ساز انرژی[2] ***(ESS)*** در تولید توان بادی می تواند به صورت واحد متراکم باشد که به تمام مزرعه بادی خدمات می رساند، یا به صورت واحدهای توزیع شده باشد که در هر ژنراتور توربین بادی[3] ***(WTG)*** نصب می شود. اما استفاده از ***ESS*** متراکم در مقایسه با ***ESS*** توزیع شده، نوسانهای توان مزرعه بادی را بیشتر کاهش می دهد که در اینجا نیز از ***ESS*** متراکم به عنوان سیستم ذخیره ساز استفاده شده است.

ساختار مورد بررسی در این مقاله در شکل ۱-۱ آورده شده است:



شکل۱-۱: دیاگرام شماتیک پیکربندی SCES

[1] Super Capacitor
[2] Energy Storage System
[3] Wind Turbine Generator

ذخیره ساز انرژی ابرخازن[1] ***(SCES)*** شامل تعداد زیادی ابرخازن ***(SC)***، سیستم اصلاح توان[2] ***(PCS)*** و ترانسفورماتورها می باشد. ***PCS*** مرکب از کانورتر ولتاژ مرجع[3] ***(VSC)*** و کانورتر ***buck-boost*** دو سویه می باشد ***(Bi-DC/DC)***.

SCES که در اینجا استفاده شده است از طریق جذب و یا تولید توان اکتیو برای هموارسازی نوسانهای توان بادی استفاده می نماید، بعلاوه توان راکتیو خروجی از آن ولتاژ ترمینال مزرعه بادی را ثابت نگه دارد.

سه شرط زیر لحاظ شده است:

۱. کارکرد نرمال: ***SC*** متناوبا هنگام هموارسازی نوسانهای توان بادی شارژ و دشارژ می شود. ولتاژ ***SC*** در رنج بین V_{scmin} و V_{scmax} می تواند تغییر کند. V_{scmax} از ***SC*** در برابر شارژهای زیاد محافظت می کند و V_{scmin} جریان دشارژ را در نقطه کار نامی محدود می کند. معمولا V_{scmin} نصف V_{scmax} انتخاب می شود، بنابراین ۷۵٪ از انرژی ذخیره شده در ***SC*** می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲. شارژ و دشارژ: ***SC*** بعد از این که نصب شد باید تا یک ولتاژ ثابت شارژ شود سپس ***SCES*** برای هموارسازی نوسانهای توان بادی مورد استفاده قرار می گیرد، این ولتاژ از طریق رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\frac{1}{2}C_{sc}{V_{scmax}}^2-\frac{1}{2}C_{sc}{V_{scref}}^2=\frac{1}{2}C_{sc}{V_{scref}}^2-\frac{1}{2}C_{sc}{V_{scmin}}^2 \qquad (۱-۱)$$

که C_{sc} ظرفیت خازنی ***SC*** می باشد. معنی رابطه ۱-۱ این است که انرژی می تواند به وسیله ***SC*** در یک مقدار بهینه جذب و یا تولید شود.

$$V_{scref}=\sqrt{\frac{{V_{scmax}}^2+{V_{scmin}}^2}{2}} \qquad (۲-۱)$$

۳. نگهداری ***SCES***: انرژی ذخیره شده در ***SC*** تقریبا به طور کامل باید به بیرون تخلیه شود.

سپس کنترل‌کننده‌های مورد نظر برای هموارسازی توان اکتیو و تثبیت ولتاژ ترمینال مزرعه بادی طراحی شدند.

[1] Super Capacitor Energy Storage
[2] Power Conditioning System
[3] Voltage-Source Converter