



دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی

برق - قدرت

طراحی سیستم انرژی خورشیدی اتوماتیک برای تامین و

کنترل انرژی واحدهای مستقل

تحقیق و نگارش

محمد توحیدی

استاد راهنما

دکتر داریوش نظریور

بهار ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصل اول - پیشگفتار	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۱-۲ معرفی سیستم انرژی خورشیدی و میکروگرید DC	۱
۱-۳ اهداف پایان نامه	۴
۱-۴ ساختار پایان نامه	۴
۱-۵ مراحل انجام تحقیق	۴
۱-۶ نتیجه گیری	۵
فصل دوم - پیشینه موضوع تحقیق	۶
۲-۱ مقدمه	۶
۲-۲ مدل سازی باتری	۶
۲-۲-۱ باتری شیمیایی سرب اسیدی	۶
۲-۲-۲ مدل سازی باتری به همراه مقاومت	۸
۲-۲-۳ مدل سازی باتری با طراحی سیستم هشدار میزان انرژی	۹
۲-۲-۴ مدل سازی باتری بر اساس مدل سازی دینامیک غیرخطی	۱۱
۲-۳ میکروگرید DC	۱۱
۲-۴ توربین بادی	۱۲
۲-۵ نتیجه گیری	۱۵
فصل سوم - مدل سازی و شبیه سازی	۱۶
۳-۱ مقدمه	۱۶
۳-۲ اهداف و موارد شبیه سازی	۱۶
۳-۳ مدل های شبیه سازی	۱۸
۳-۳-۱ مدل باتری	۱۸
۳-۳-۲ طراحی و مدل سازی میکروگرید DC	۲۳

۳-۳-۳	طراحی و مدل سازی فوتولتاییک	۳۲
۳-۳-۴	طراحی و مدل سازی توربین بادی	۳۶
۳-۳-۵	مدل مبدل DC/DC فوتولتاییک	۴۰
۳-۳-۶	مدل موتور DC	۴۲
۳-۳-۷	مدل کلیدها و مرکز کنترل هوشمند بار	۴۵
	فصل چهارم - نتایج شبیه سازی	۴۷
۴-۱	مقدمه	۴۷
۴-۲	بخش های کنترلی و ذخیره اطلاعات شبیه سازی	۴۷
۴-۳	مدل های مصرف	۴۸
۴-۴	فرضیات شبیه سازی و داده های ورودی	۴۸
۴-۵	نتایج شبیه سازی	۵۱
۴-۵-۱	تامین انرژی فقط با فوتولتاییک	۵۱
۴-۵-۱-۱	فوتولتاییک به تنهایی در حالت قطع از شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۵۱
۴-۵-۱-۲	فوتولتاییک به تنهایی در حالت قطع از شبکه و به همراه مرکز کنترل هوشمند بار	۵۳
۴-۵-۱-۳	فوتولتاییک به تنهایی در حالت وصل به شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۵۴
۴-۵-۱-۴	فوتولتاییک به تنهایی در حالت وصل به شبکه و به همراه مرکز کنترل هوشمند بار	۵۶
۴-۵-۲	تامین انرژی فقط با توربین بادی	۵۷
۴-۵-۲-۱	توربین بادی به تنهایی در حالت قطع از شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۵۷
۴-۵-۲-۲	توربین بادی به تنهایی در حالت قطع از شبکه و به همراه مرکز کنترل هوشمند بار	۵۹
۴-۵-۲-۳	توربین بادی به تنهایی در حالتوصل به شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۶۰
۴-۵-۲-۴	توربین بادی به تنهایی در حالت قطع از شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۶۲
۴-۵-۳	تامین انرژی هم با فوتولتاییک و هم با توربین بادی	۶۳
۴-۵-۳-۱	فوتولتاییک و توربین بادی به صورت قطع از شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۶۴

۴-۵-۳-۲ فوتولتائیک و توربین بادی به صورت قطع از شبکه و با مرکز کنترل هوشمند بار	۶۵
۴-۵-۳-۳ فوتولتائیک و توربین بادی وصل به شبکه و بدون مرکز کنترل هوشمند بار	۶۵
۴-۵-۳-۴ فوتولتائیک و توربین بادی وصل به شبکه و با مرکز کنترل هوشمند بار	۶۷
۴-۵-۴ جمع بندی نتایج شبیه سازی	۶۸
فصل پنجم - نتیجه گیری	۶۹
۵-۱ یافته های پایان نامه	۶۹
۵-۲ پیشنهادات	۶۹
۵-۲-۱ افزایش دقت مدل مبدل DC/DC	۶۹
۵-۲-۲ مدل دیگری برای سیستم و سلکتور هوشمند بین منابع	۶۹
۵-۲-۳ استفاده از بانک های باتری	۷۰
۵-۲-۴ ارایه مدارات یا قطعاتی جهت اتصال مستقیم منابع انرژی به شبکه	۷۰
۵-۲-۵ افزایش مدت زمان واقعی در شبیه سازی سیستم	۷۰
۵-۲-۶ بهینه کردن الگوریتم بخش کنترل هوشمند بار	۷۰
فهرست مراجع و منابع	۷۱

جدول (۲-۲-۱): انواع مدل و کاربرد باتری	۱۰
جدول (۳-۳-۱): مقایسه کارایی برای دو ولتاژ مختلف	۲۴
جدول (۳-۳-۲): جدول تنظیم ولتاژ توربین بادی مورد نظر	۳۷
جدول (۳-۳-۳): سایز کابل با فرض ۹۵٪ بازدهی انتقال انرژی و سرعت متوسط باد ۱۲mph	۳۹
جدول (۴-۳-۱): مدل مصرف	۴۸

- شکل (۱-۲-۱): دیاگرام پایه سیستم ----- شکل ۲
- شکل (۲-۳-۱): دیاگرام سیستم کنترلی مجزا ----- شکل ۱۱
- شکل (۲-۴-۱): ساختار کنترلی توربین بادی ----- شکل ۱۳
- شکل (۲-۴-۲): میکروگرید سلول سوختی و توربین بادی ----- شکل ۱۴
- شکل (۳-۲-۱): ساختار سیستم مورد نظر ----- شکل ۱۷
- شکل (۳-۳-۲): مدل پایه باتری ----- شکل ۱۸
- شکل (۳-۳-۳): نمودارهای مربوط به درجه حرارت ----- شکل ۲۰
- شکل (۳-۳-۴): داده‌های دشارژ باتری ----- شکل ۲۱
- شکل (۳-۳-۵): مدل‌سازی دشارژ درونی باتری ----- شکل ۲۱
- شکل (۳-۳-۶): داده‌های شارژ باتری ----- شکل ۲۲
- شکل (۳-۳-۷): بلوک باتری شبیه‌سازی شده در نرم‌افزار MATLAB ----- شکل ۲۳
- شکل (۳-۳-۸): خط انتقال DC ----- شکل ۲۴
- شکل (۳-۳-۹): دیاگرام مدار معادل میکروگرید DC ----- شکل ۲۶
- شکل (۳-۳-۱۰): نمودار مصرف انرژی واحد مستقل ----- شکل ۲۸
- شکل (۳-۳-۱۱): بلوک کنترلی واحد مستقل شبیه‌سازی شده در MATLAB ----- شکل ۲۸
- شکل (۳-۳-۱۲): مدار ZVS باک ----- شکل ۳۰
- شکل (۳-۳-۱۳): شکل موج‌های ZVS ----- شکل ۳۰
- شکل (۳-۳-۱۴): بلوک میکروگرید در MATLAB ----- شکل ۳۱
- شکل (۳-۳-۱۵): مدار معادل شبکه فوتوولتائیک ----- شکل ۳۲
- شکل (۳-۳-۱۶): اثر فاکتور ایده‌آلی (دمای 25°C ، 1KW/m^2) ----- شکل ۳۳
- شکل (۳-۳-۱۷): نمودار ولتاژ- جریان فوتوولتائیک ایده‌آل در تابش‌های مختلف (دمای 25°C) ----- شکل ۳۴
- شکل (۳-۳-۱۸): بلوک فوتوولتائیک شبیه‌سازی شده در MATLAB ----- شکل ۳۵
- شکل (۳-۳-۱۹): ابعاد توربین بادی ----- شکل ۳۶

- شکل (۳-۳-۲۰): منحنی توان خروجی توربین بادی مورد نظر ----- ۳۸
- شکل (۳-۳-۲۱): منحنی توان خروجی توربین بادی بدست آمده ----- ۳۸
- شکل (۳-۳-۲۲): بلوک شبیه‌سازی شده توربین بادی در MATLAB ----- ۴۰
- شکل (۳-۳-۲۳): داده بازدهی مبدل DC/DC ----- ۴۱
- شکل (۳-۳-۲۴): بلوک شبیه‌سازی شده مبدل DC/DC در MATLAB ----- ۴۲
- شکل (۳-۳-۲۵): نمودار جریان- زمان موتور DC ----- ۴۳
- شکل (۳-۳-۲۶): بلوک موتور DC در شبیه‌سازی با MATLAB ----- ۴۴
- شکل (۳-۳-۲۷): بزرگنمایی منحنی جریان- زمان موتور DC جهت نمایش حالات گذرا ----- ۴۵
- شکل (۳-۳-۲۸): بلوک شبیه‌سازی شده کلیدها، بارها و مرکز کنترل هوشمند بار ----- ۴۶
- شکل (۴-۴-۱): داده ورودی مربوط به سرعت باد ----- ۴۹
- شکل (۴-۴-۲): داده ورودی مربوط به توان تابشی ----- ۵۰
- شکل (۴-۴-۳): داده ورودی مربوط به درجه حرارت ----- ۵۰
- شکل (۴-۵-۱): وضعیت شارژ باتری برای فقط فوتوولتاییک بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ---- ۵۲
- شکل (۴-۵-۲): ولتاژ باس DC برای فقط فوتوولتاییک بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۵۲
- شکل (۴-۵-۳): وضعیت شارژ باتری برای فقط فوتوولتاییک با مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۵۳
- شکل (۴-۵-۴): ولتاژ باس DC برای فقط فوتوولتاییک با مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۵۴
- شکل (۴-۵-۵): وضعیت شارژ باتری برای فقط فوتوولتاییک بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) --- ۵۵
- شکل (۴-۵-۶): ولتاژ باس DC برای فقط فوتوولتاییک بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۵۵
- شکل (۴-۵-۷): وضعیت شارژ باتری برای فقط فوتوولتاییک با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۵۶
- شکل (۴-۵-۸): ولتاژ باس DC برای فقط فوتوولتاییک با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۵۷
- شکل (۴-۵-۹): وضعیت شارژ باتری برای فقط توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) --- ۵۸
- شکل (۴-۵-۱۰): ولتاژ باس DC برای فقط توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۵۸
- شکل (۴-۵-۱۱): وضعیت شارژ باتری برای فقط توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۵۹

- شکل (۴-۵-۱۲): ولتاژ باس DC برای فقط توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۶۰
- شکل (۴-۵-۱۳): وضعیت شارژ باتری برای فقط توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) -- ۶۱
- شکل (۴-۵-۱۴): ولتاژ باس DC برای فقط توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۱
- شکل (۴-۵-۱۵): وضعیت شارژ باتری برای فقط توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۲
- شکل (۴-۵-۱۶): ولتاژ باس DC برای فقط توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۳
- شکل (۴-۵-۱۷): وضعیت شارژ باتری برای فوتوولتاییک و توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۶۴
- شکل (۴-۵-۱۸): ولتاژ باس DC برای فوتوولتاییک و توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (قطع از شبکه) ----- ۶۵
- شکل (۴-۵-۱۹): وضعیت شارژ باتری برای فوتوولتاییک و توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۶
- شکل (۴-۵-۲۰): ولتاژ باس DC برای فوتوولتاییک و توربین بادی بدون مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۶
- شکل (۴-۵-۲۱): وضعیت شارژ باتری برای فوتوولتاییک و توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۷
- شکل (۴-۵-۲۲): ولتاژ باس DC برای فوتوولتاییک و توربین بادی با مرکز کنترل هوشمند بار (وصل به شبکه) ----- ۶۸

نظریه‌های متعددی در مورد افزایش دمای زمین وجود دارد که تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسان بر روی آن را مطرح می‌سازد. طوری که افزایش شدید سطح دی اکسید کربن اتمسفر در ۲۵ سال گذشته نگرانی‌های جدی را در مورد آلودگی محیط و گرم شدن جهان ایجاد کرده است. این تغییرات عواقب اجتناب ناپذیری بر روی زندگی موجودات زنده دارد. در این تحقیق انرژی از طریق منابع تجدید پذیر تأمین می‌شود و از آلودگی محیط جلوگیری می‌کند. سیستمی طراحی می‌شود که پایدار بوده و دارای هزینه کمی برای تهیه توسط اشخاص با درآمد پایین یا برای اشخاصی که به شبکه برق دسترسی ندارند، باشد در این پایان‌نامه یک سیستم انرژی خورشیدی طراحی شده است که به صورت اتوماتیک انرژی مورد نیاز واحدهای مستقل و بارهای محلی را تأمین و کنترل می‌کند. سیستم مورد نظر در نرم‌افزار MATLAB شبیه‌سازی شده است. این سیستم شامل شبکه فوتوولتائیک، باتری با در نظر گرفتن اثرات حرارتی، توربین بادی، مبدل DC/DC، میکروگرید DC، بارهای مختلف محلی و مرکز کنترل هوشمند بار است. همچنین بخشی به نام سویچر هوشمند بین منابع وجود دارد که بر اساس الگوریتمی، وظیفه انتخاب منابع را بر عهده دارد. یکی از مزایای این سیستم آن است که هر بخش به صورت مستقل می‌تواند بررسی گردد و کنترل شود؛ لذا انرژی تولیدی به صورت بهینه مصرف می‌شود و عمر سیستم نیز باز بهینه خواهد بود. سیستم با تحلیل، شبیه‌سازی، اندازه‌گیری و بررسی کاراتر می‌شود. علاوه بر این، شبیه‌سازی سه روزه‌ای با استفاده از داده‌های واقعی برای توان تابشی اشعه خورشید، درجه حرارت و سرعت باد برای سیستم مذکور صورت گرفته است. این شبیه‌سازی ابزاری مهم جهت توسعه بیشتر سیستم و طراحی دوباره و نیز پیش‌بینی کارایی سیستم در بلند مدت است. در طراحی این سیستم همواره اندازه قطعات و هزینه بخش‌های مختلف نیز برای ساخت سیستم در عمل، در نظر گرفته شده است.

فصل اول - پیشگفتار

۱-۱ مقدمه

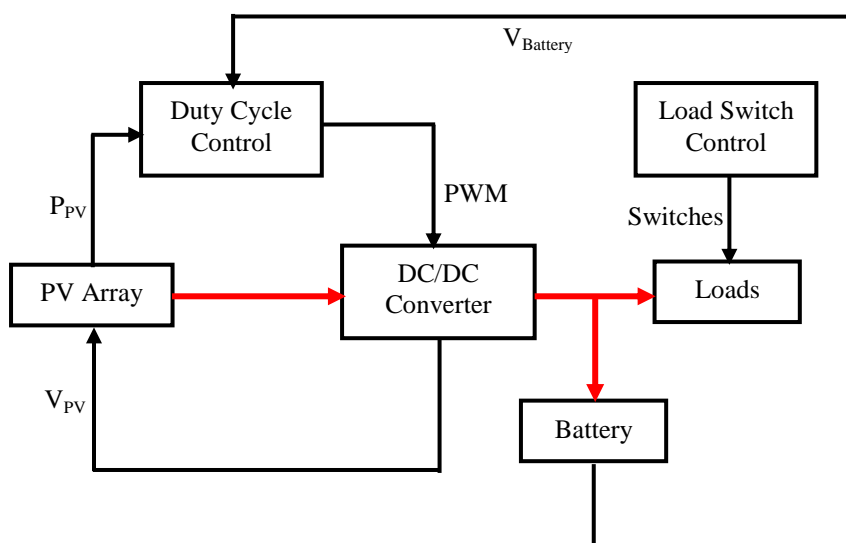
در این پایان‌نامه یک سیستم تولید انرژی خودکار در سیستم توزیع طراحی شده است. انرژی الکتریکی عمدتاً توسط پانل فوتوولتاییک با توان تولیدی ۶۵۰ وات تأمین می‌شود و ولتاژ نیز جهت مصرف بارها به ۱۲ ولت کاهش می‌یابد. علاوه بر پانل فوتوولتاییک، از یک توربین بادی نیز جهت تأمین بخشی از انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. سیستمی پایدار و با هزینه کم جهت تأمین انرژی مورد نیاز واحدهای خانگی و یا تجاری طراحی می‌شود. بارهای متعددی در نظر گرفته شده است که در زمان عدم وجود اشعه خورشید، انرژی مورد نیازشان توسط باتری یا توربین بادی تأمین می‌گردد. یکی از مزایای این سیستم آن است که هر بخش به صورت مستقل می‌تواند بررسی گردد و کنترل شود؛ لذا انرژی تولیدی به صورت بهینه مصرف می‌شود و عمر سیستم نیز باز بهینه خواهد بود. سیستم با تحلیل، شبیه سازی، اندازه گیری و بررسی کاراتر می‌شود.

۱-۲ معرفی سیستم انرژی خورشیدی و میکروگرید DC

نظریه‌های متعددی در مورد افزایش دمای زمین وجود دارد که تأثیر مستقیم فعالیت‌های انسان بر روی آن را مطرح می‌سازد. طوری که افزایش شدید سطح دی اکسید کربن اتمسفر در ۲۵ سال گذشته نگرانی‌های جدی را در مورد آلودگی محیط و گرم شدن جهان ایجاد کرده است [۱]. این تغییرات عواقب اجتناب ناپذیری بر روی زندگی موجودات زنده دارد. در این تحقیق انرژی از طریق منابع تجدید پذیر تأمین می‌شود و از آلودگی محیط جلوگیری می‌کند. سیستمی طراحی می‌شود که پایدار بوده و دارای هزینه کمی برای تهیه توسط اشخاص با درآمد پایین یا برای اشخاصی که به شبکه برق دسترسی ندارند، باشد. این سیستم در هر دو حالت متصل به شبکه و قطع از شبکه می‌تواند کار کند.

تکنولوژی سلول خورشیدی به عنوان یک منبع انرژی بنا به دلایل اشاره شده در بالا، روز به روز اهمیت بیشتری می‌یابد. همچنین امکان دسترسی گسترده به انرژی خورشید، کارایی بالا و رایگان بودن آن از دیگر مزایا

می‌باشد [۲]. در [۳] یک موتور DC برای سیستم انرژی خورشیدی به همراه مدل‌های شبیه سازی مطرح شده است که البته دارای بخش ذخیره انرژی نیست. در [۴] سیستم انرژی خورشیدی‌ای در نظر گرفته شده است که تنها به شبکه متصل می‌شود و در تأمین انرژی به کمک شبکه می‌آید. در این مورد بارها کنترل نمی‌شوند و عمر باتری نیز بهینه نمی‌گردد. سیستم طراحی شده در این پایان نامه علاوه بر اینکه در هر دو حالت متصل به شبکه و قطع از شبکه می‌تواند کار کند، تک تک بارها توسط مرکز کنترل کننده هوشمند بار می‌توانند کنترل شوند و همچنین فاکتورهایی جهت استفاده بهینه از باتری در نظر گرفته شده است. همچنین از تکنولوژی ردیابی نقطه کار با حداکثر توان (MPPT^۱) جهت استفاده بهینه از توان تولیدی پانل خورشیدی استفاده شده است. در شکل زیر یک دیاگرام پایه از اجزایی که برای سیستم در نظر گرفته شده است، آورده شده است که شامل بلوک فوتوولتاییک، مبدل DC/DC، باتری به عنوان بخش ذخیره انرژی و بارهای مختلف (موتور DC، LED جهت روشنایی، تلوزیون و لپ تاپ) می‌باشد.



شکل (۱-۲-۱): دیاگرام پایه سیستم

اتصالات و ارتباطات بین بخش‌های مختلف به صورت فوق پیشنهاد شده است. خطوط قرمز اتصالات الکتریکی را نشان می‌دهد و خطوط سیاه رنگ خطوط سیگنال بین بلوک است. منابع انرژی توزیع شده (DG^۲) به

^۱-Maximum Power Point Tracking

^۲-Distributed Generation

دلیل سازگاری با محیط، گستردگی و انعطاف‌پذیریشان گزینه مناسبی برای گریدهای الکتریکی مدرن هستند. با اضافه کردن DG های متعدد، احداث خطوط انتقال جدید را می‌توان به تأخیر انداخت و یا حتی از احداث آن‌ها صرف‌نظر کرد. با توجه به افزایش استفاده از DG در گرید، ایده میکروگرید به سمت عملی شدن می‌رود [۹-۵].

میکروگرید به دو نوع میکروگرید AC و میکروگرید DC تقسیم می‌شود. مزایای میکروگرید AC عبارتند از استفاده از تکنولوژی موجود برای گرید AC، حفاظت AC و استانداردهای AC. البته برخی معایب آن نیز عبارتند از سنکرون سازی، پایداری، کنترل توان راکتیو [۱۰]. میکروگرید DC هیچ یک از این معایب را ندارد. از طرفی بسیاری از منابع DG که با محیط سازگارند، از جمله سیستم فوتوولتائیک خورشیدی، انرژی الکتریکی DC تولید می‌کنند و همچنین بسیاری از بارهای الکتریکی همانند تجهیزات روشنایی، موتورهای تنظیم سرعت، موتورهای بدون جاروبک، تجهیزات کامپیوتری و مخابراتی و بارهای دیجیتالی ولتاژ DC مصرف می‌کنند. در نتیجه در میکروگرید DC می‌توان از مبدل‌های DC/AC و AC/DC که در میکروگریدهای AC نیاز هست، صرف‌نظر کرد. این مطلب سبب کارایی بیشتر و اقتصادی‌تر میکروگریدهای DC می‌شود [۹].

امروزه مبدل‌های DC/DC که ولتاژ DC را از یک سطح به سطح دیگری انتقال می‌دهند، کارایی در حدود ۹۵٪ دارند. از تلفات مبدل‌های DC/AC و نیز یکسو کننده‌ها با استفاده از توان DC اجتناب می‌شود به طوری که حدود ۳۲٪ در منابع انرژی خارجی و داخلی صرفه جویی می‌شود [۱۱]. با توجه به تغییر آسان و ارزان سطح ولتاژ AC و اقتصادی‌تر بودن موتورها و ژنراتورهای AC، بسیاری از گریدهای الکتریکی بر پایه AC بنا شده‌اند. درحالی‌که استفاده از یک سیستم توزیع DC برای بارهای DC بسیار اقتصادی‌تر خواهد بود [۱۲]. همچنین رگلاتورهای DC برای تبدیل DC/DC در مقایسه با مبدل‌های DC/AC نسبتاً ساده‌تر هستند. اینورترها برای تبدیل DC به AC تقریباً پیچیده و بازدهی در حد ۸۵٪ دارند. یکسو کننده‌های AC/DC بسیار ساده هستند و لذا تزریق توان AC به یک سیستم توزیع DC آسان می‌باشد در حالی که تزریق توان DC به یک گرید AC مشکل خواهد بود [۱۳]. منتها تحقیقات بیشتری در زمینه محدوده عملکرد ولتاژ DC و حفاظت برای مدارهای DC در میکروگرید DC نیاز است.

۳-۱ اهداف پایان نامه

هدف اصلی پایان نامه طراحی سیستم میکروگرید DC است که با استفاده از انرژی خورشید و انرژی باد در سیستم توزیع، انرژی مورد نیاز واحدهای مستقل را به صورت خودکار تأمین کند. همچنین اقتصادی بودن این سیستم در عمل و داشتن سایز مناسب از موارد مهم در طراحی این سیستم بوده است. هدف دیگر فراهم ساختن شبیه سازی سیستم با سرعت و دقت بالاست که کل سیستم را در ۳ روز با داده های واقعی برای میزان تابش خورشید، دمای محیط اطراف و سرعت باد شبیه سازی کند. این اهداف با در نظر گرفتن موارد زیر صورت می گیرد:

یک مدل باتری جدید (که شامل اثرات حرارتی هم هست)، یک مدل توربین بادی، مدل یک میکروگرید DC، الگوریتمی کنترلی برای شبکه فوتولتائیک، مدل های بارهای مختلف، یک مرکز کنترل هوشمند بار، سلکتور منبع انرژی هوشمند و شبیه سازی و ارزیابی ۳ روزه با داده های واقعی.

۴-۱ ساختار پایان نامه

در فصل دوم پایان نامه به تحقیقات صورت گرفته در مورد میکروگریدها، توربین های بادی، باتری های سرب اسیدی و برخی اطلاعات دیگر در مورد دیگر اجزای سیستم پرداخته می شود.

فصل سوم شامل کارهای عمده صورت گرفته در این پایان نامه است. در این فصل شبیه سازی اجزای سیستم مطرح می گردد و تمامی طراحی ها و پیاده سازی های مدل های مختلف به صورت جزئی مورد بحث قرار می گیرد.

فصل چهارم فرضیات در نظر گرفته شده در شبیه سازی ۳ روزه، نتایج شبیه سازی و ارزیابی نتایج را در بر می گیرد.

در فصل آخر خلاصه ای از کل موارد مطرح شده، بیان می گردد و پیشنهاداتی جهت تحقیقات آتی ارائه می گردد.

۵-۱ مراحل انجام تحقیق

- ۱- مطالعه و بررسی دقیق روش های انجام شده پیشین با استفاده از مقالات و کتب تخصصی در حوزه پژوهش تحقیق انجام شده.
- ۲- مدل سازی سیستم و اجزای آن.
- ۳- شبیه سازی کل سیستم با استفاده از نرم افزار MATLAB
- ۴- ارزیابی نتایج برای داده های واقعی برای شبیه سازی ۳ روزه.

۶-۱ نتیجه گیری

در این فصل ابتدا موضوع تحقیق انجام شده در پایان نامه که در واقع بیان مسئله و معرفی موضوع تحقیق است، به طور کامل معرفی و تشریح شد. سپس به اهمیت موضوع تحقیق که بیانگر ارائه دلیل انجام تحقیق جاری است، پرداخته شد. در ادامه، هدف موضوع تحقیق که بیانگر نتیجه قابل ارائه علمی و نوآورانه ای است که تحقیق جاری برای دستیابی به آن انجام می شود، تشریح شد. در خاتمه این فصل، روش انجام تحقیق و مراحل انجام آن تشریح و بررسی شد.

فصل دوم - پیشینه موضوع تحقیق

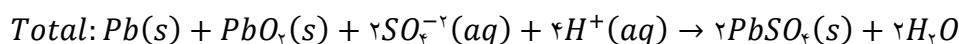
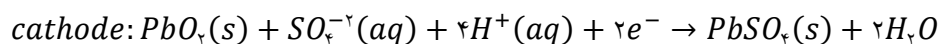
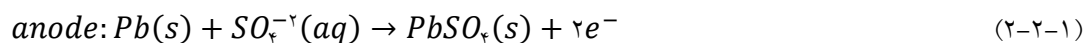
۲-۱ مقدمه

این فصل به مطالب پایه باتری شیمیایی سرب اسیدی می‌پردازد و تحقیقات قبلی در مورد انواع مدل‌های باتری را مطرح می‌کند. همچنین در این فصل به تحقیقات موجود در مورد میکروگریدها و توربین بادی پوشش داده می‌شود.

۲-۲ مدل‌سازی باتری

۲-۲-۱ باتری شیمیایی سرب اسیدی

باتری شیمیایی سرب اسیدی بسیار پیچیده می‌باشد. البته معادلات آن قوانین حاکم را نشان داده و همه مطالب در مورد این باتری را روشن می‌سازد. تمامی واکنش‌های الکتروشیمیایی در واکنش‌های ولتاژ سلول خلاصه می‌شود. در مورد دشارژ باتری سرب اسیدی واکنش‌های زیر رخ می‌دهد [۱۴].



همان‌طور که در معادله فوق مشاهده می‌شود الکتروولت یا حامل بارها، اسید سولفوریک می‌باشد. آند دارای یک شبکه سربی رسانا است که با اسفنج‌های سربی پر شده است و کاتد نیز سربی بوده و با اکسید سرب پوشانده شده است. یک باتری سرب اسیدی معمولی ۱۲V از ۶ سلول سری باهم تشکیل شده است که هر سلول در حدود ۲V ولتاژ خروجی دارد [۱۴].

در آند موقع دشارژ، یون‌های اسید سولفوریک و سرب ترکیب شده و سولفات سرب و الکترون‌های آزاد تشکیل می‌دهد. در کاتد نیز یون‌های اسید سولفوریک و اکسید سرب ترکیب می‌شود تا آب و سولفات سرب تشکیل گردد. با دشارژ شدن باتری، آب و سولفات سرب بیشتری تشکیل شده و باتری خالی می‌شود. لذا غلظت اسید سولفوریک کاهش می‌یابد. برای واکنش معکوس (شارژ شدن)، معادلات همان معادلات فوق است با این تفاوت که جهت فلش‌ها عکس می‌گردد. در هر نقطه از چرخه شارژ یا دشارژ باتری، وضعیت شارژ باتری، نسبت

غلظت اسید باتری را برای هر لحظه بیان می‌کند. در نتیجه هنگام دشارژ شدن، غلظت اسید کاهش یافته و در زمان شارژ، غلظت اسید افزایش می‌یابد.

برای مشخص کردن ولتاژ سلول هر سلولی از معادله نرست استفاده می‌شود [۱۴]. که این معادله در (۲-۲-۲) آورده شده است.

$$\Delta E = \Delta E^\circ - \left(\frac{RT}{nF}\right) \ln Q \quad (2-2-2)$$

ΔE° ولتاژ استاندارد سلول بر حسب ولت می‌باشد. T درجه حرارت بر حسب کلوین بوده و F ثابت فارادی است و برابر $96,485 \text{ Cmol}^{-1}$ می‌باشد. مقدار R برابر $8,315 \text{ JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$ است. n مول‌های الکترون‌هاست و Q بهره واکنش بر حسب مول است.

معادله نرست در یافتن چگونگی عملکرد باتری در شرایط مختلف بسیار مفید است. ولتاژ باتری توسط درجه حرارت و بهره واکنش تحت تأثیر قرار می‌گیرد. البته مقدار Q (بهره واکنش) معلوم نیست چرا که باتری در حال استفاده، باتری سرب اسیدی بسته هست. در نتیجه به جای این متغیر بایستی عبارت معادلی پیدا شود و جایگزین آن در معادله گردد.

با توجه به ایده‌آل نبودن باتری، همواره یکسری مقاومت داخلی برای باتری در نظر گرفته می‌شود. اکنون از معادله هانز بود، معادله مقاومت در نظر گرفته می‌شود [۱۵].

$$R_i^* = R_i + R_p = R_i + \frac{\eta}{I} \quad (2-2-3)$$

در معادله فوق R_i مقاومت رساناها بوده و R_p مقاومت پلاریزاسیون هست و η اضافه ولتاژ بر حسب ولت می‌باشد. I نیز جریان عبوری بر حسب آمپر است.

همان‌طور که از معادله هانز بود مشخص است، مقدار مقاومت پلاریزاسیون با مقاومت کل رساناها تقریباً برابر است. زمانی که باتری به هیچ باری وصل نیست مقداری دشارژ در خود باتری رخ می‌دهد. طبق هانز بود، دشارژ خودی باتری می‌تواند از پارامترهای مختلفی تأثیر پذیرد. از جمله: درجه حرارت و غلظت اولیه اسید درون باتری [۱۵]. معادله (۲-۲-۴) از معادله هانز بود است که اثرات درجه حرارت را بیان نمی‌کند.

$$I_s = cK_o \quad (A) \quad (2-2-4)$$

در معادله فوق K_o ظرفیت شروع اولیه بر حسب Ahr است. c نیز ضریب دشوارژ درونی بر حسب hr^{-1} است. تا زمانی که در معادله فوق جریان ثابت باشد، می توان مقاومت معادلی در نظر گرفت که در معادله (۲-۲-۵) نشان داده شده است.

$$R_{sd} = \frac{V_{batt}}{I_s} \quad (2-2-5)$$

V_{batt} ولتاژ لحظه‌ای باتری است. ظرفیت سلول، یا مقدار Ahr ای که یک سلول می تواند ذخیره کند، به فاکتورهای مختلفی وابسته هست که عبارتند از: ساختار، نحوه نگهداری، عمر باتری و دمای محیط. بهترین رابطه ریاضی که ظرفیت را نشان می دهد، قانون پیکرت نام دارد که در معادله (۲-۲-۶) نشان داده شده است.

$$I^n t = C \quad (2-2-6)$$

n ثابتی است که از طریق داده‌های تجربی بدست می آید. T زمان بر حسب hr است. C ظرفیت بر حسب Ahr است. I جریان دشوارژ بر حسب آمپر است. بایستی توجه شود که در معادله پیکرت عبارتی که تأثیرات درجه حرارت را نشان دهد، وجود ندارد که می تواند دقت مدل را برای تغییرات درجه حرارت تحت تأثیر قرار دهد.

۲-۲-۲ مدل سازی باتری به همراه مقاومت

یکی از مقالات موجود در مورد مدل سازی باتری، پروسه مدل سازی باتری را با مدل کردن باتری با یکسری از مقاومت ها و خازن ها صورت داده است [۱۶]. مدل اصلی الکتروشیمیایی برای اجزای اصلی بکار می رود. این مدل با استفاده از نرم افزار (Virtual Test Bed) VTB نوشته شده است.

ابتدا با معادلات بسیار پایه معادلات نوشته شد:

$$v = E_{eq} - iR_{int} \quad (2-2-7)$$

سپس از معادله نرست (۲-۲-۲) معادله زیر بدست آمد:

$$E_{eq} = f(SOC) \quad (2-2-8)$$

$$E_{eq} = E_o + \frac{RT}{nF} \ln\left(\frac{SOC}{1-SOC}\right)$$

E_{eq} ولتاژ معادل بر حسب ولت است. SOC وضعیت شارژ باتری است و به صورت درصد بیان می شود. v

ولتاژ باتری است. i جریان باتری است. R_{int} مقاومت درونی باتری است. E_o ولتاژ مدار باز باتری است.

سپس از روی معادله پیکرت (۲-۲-۶)، معادله زیر حاصل می گردد:

$$\frac{dSOC}{dt} = \frac{i}{\left(3600 \cdot \frac{\text{sec}}{\text{hr}}\right)C} \quad \left(\frac{\%}{\text{sec}}\right) \quad (2-2-9)$$

i جریان خروجی باتری است. C نیز ظرفیت بر حسب Ahr است.

همه تأثیرات ممکنه در نرم افزار VTB در نظر گرفته شده است. این مدل دقیق و پیچیده است. در حالی که به

گفته نویسنده مقاله، سرعت شبیه سازی در محیط های مختلف شبیه سازی می تواند محدود باشد.

۲-۲-۳ مدل سازی باتری با طراحی سیستم هشدار میزان انرژی

در یک مقاله دیگر طراحی سیستم هشدار میزان انرژی مطرح شده است که دربرگیرنده مطالعات خوبی از انواع مختلف روش های مدل سازی می باشد [۱۷]. در این مقاله ۳ دسته بندی اصلی از انواع مدل ها بحث شده است: مدل های تجربی، مدل های انتزاعی و مدل های مرکب. مدل های تجربی با معادلات الکتروشیمیایی سروکار دارد و همواره بر داده های آزمایشگاهی منطبق است. مدل های انتزاعی همانند مدل همراه مقاومت، باتری را به صورت مدارهای الکتریکی با معادلات عملی مدل می کند. در نهایت مدل های مرکب از ترکیب هر دو مدل انتزاعی و تجربی استفاده می کند. این مقاله روش های بسیاری را برای مدل کردن باتری بیان کرده که نتایج در جدول ۲-۲-۱ آورده شده است.

Model	Temperature effect	Capacity fading	Accuracy	Computational complexity	Configuration effort	Analytical insight	Applications
Physical							
Lithium-polymer-insertion cell (Doyle et al.)	Yes	Yes; support for Arrhenius temperature dependence and cycle aging added by Rong and Pedram	Very high	High	Very high (> 50 parameters)	Low	
Empirical							
Peukert's law	Yes; needs recalibration for each temperature	No	Medium (14% average error for constant load, 8% average error for interrupted and variable loads)	Low	Low (2 parameters)	Low	
Battery efficiency (Pedram and Wu)	Yes; needs recalibration for each temperature	No	Medium	Low	Low (2 parameters)	Low	Design of interleaved dual-battery power supply; load splitting for maximum lifetime of multibattery systems
Weibull fit (Syracuse and Clark)	Yes	No	Medium	Low	Low (3 parameters)	Low	
Abstract							
Electrical-circuit (Gold)	Yes	Yes	Medium (12% error predicting cell voltage and thermal characteristics, 5% error predicting cycle aging)	Medium	Medium (> 15 parameters)	Medium	
Electrical-circuit (Bergveld et al.)	Yes	No	Medium	Medium	High (> 30 parameters)	Medium	Thermostatic charge method; high charging efficiency
Discrete-time (Benini et al.)	Yes	No	Medium (1% compared to Hspice continuous-time model)	Medium	Medium (>15 parameters)	Medium	Dynamic Power Management; multibattery discharge
Stochastic (Chiasserini and Rao)	No	No	High (1%)	Low	Low (2 parameters)	Medium (stochastic model of load pattern assumed)	Shaping load pattern to exploit charge recovery
Mixed							
Analytical high-level (Rakhmatov et al.)	No	No	High (5%)	Medium	Low (2 parameters)	High	Task scheduling by sequencing and V/f scaling; analysis of discharge methods for multibattery systems
Analytical high-level (Rong and Pedram)	Yes	Yes	High (3.5%)	Medium	Medium (> 15 parameters)	High	

C

جدول (۱-۲-۲): انواع مدل و کاربرد باتری [۱۷]

جدول فوق بسیاری از روش‌هایی که می‌توان در مدل‌سازی باتری بکار برد به روشنی توضیح می‌دهد و همچنین سطح دقت و پیچیدگی هر مدل را بیان می‌کند. این جدول ابزار مناسبی جهت انتخاب تکنیک مدل کردن در شبیه‌سازی‌ها را فراهم می‌کند.