دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش: قدرت

عنوان : حل مساله مشارکت واحد های تولیدی در حضور عدم قطعیت انرژی خورشیدی و بادی

استاد راهنما:

دکتر عباس ربیعی

نگارش:

مهدی خوئینی

شهریور۹۷

قدردانی

تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته جناب آقای دکتر ربیعی که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام واکمال پایان نامه بوده است.

از آقای محمود طاهری به دلیل یاریها و راهنماییهای بی چشمداشت ایشان کمال تشکر را دارم.

همچنین از خانواده خویش تشکر می نمایم که صبورانه و صادقانه من را همراهی نموده است تا بتوانم در کمال آرامش و آسایش به تهیه و تنظیم پایان نامه بپردازم.

چکیده

همانطور که می دانیم منابع انرژی تجدید پذیر روز به روز در حال رشـد و پیشـرفت هستند. یکی از کارهای مهمی که باید صورت گیرد، مدل سازی این منابع تولید برق می باشد. در این پروژه بنا داریم مسئله مشارکت واحدهای تولیدی را در حضور عدم قطعیت منابع انرژی تجدید پذیر مورد بررسی قرار دهیم. مسئله بدین صورت است که می خواهیم هزینه خرید برق از واحد های حرارتی و تجدید پذیر را کمینه کنیم.

روش کار بدین صـورت خواهد بود که عدم قطعیت تابش خورشـید و سـرعت باد با استفاده از توزیع احتمالی مربوطه مدل خواهد شـد و با اسـتفاده از روش شـبیه سـازی مونت کارلو این رفتار تصـادفی منابع تجـدیـد پـذیر مورد مطـالعـه و بررســـی قرار خواهـد گرفت. مطالعات در محیط نرم افزار های GAMS و MATLAB و بر روی شبکه ۳ ماشینه استاندارد IEEE انجام خواهد شد.

فهرست

قدردانی ----- ***أ***

چکیده ----- ***ج***

۱- فصل اول: مقدمات ----- ***۱***

۱ـ۱ انرژی های تجدیدپذیر ----- **۲**

۱ـ۲ انرژی خورشیدی ----- **۲**

۱ـ۲ـ۱ انرژی الکتریکی خورشیدی ----- ۳

۱ـ۲ـ۲ نیروگاه حرارتی-خورشیدی ----- ۳

۱ـ۲ـ۳ تولید برق خورشیدی فتو ولتاییک ----- ۴

۱ـ۳ انرژی باد ----- **۵**

۱ـ۳ـ۱ مزایای انرژی بادی ----- ۵

۱ـ۳ـ۲ ناکار آمدیهای انرژی بادی ----- ۶

۱ـ۳ـ۳ توان بالقوه توربین ----- ۶

۱ـ۳ـ۴ توزیع سرعت باد ----- ۷

۱ـ۴ توزیع های احتمالی ----- **۸**

۱ـ۴ـ۱ توزیع ویبال ----- ۸

۱ـ۴ـ۲ توزیع بتا ----- ۱۰

۱ـ۵ نیروگاه های حرارتی ----- **۱۱**

۱ـ۵ـ۱ بهره‌وری ----- ۱۲

۱ـ۵ـ۲ هزینه‌ها ----- ۱۲

۱ـ۵ـ۳ مشخصات واحدهای حرارتی ----- ۱۲

۱ـ۶ شبیه سازی مونت کارلو ----- **۱۴**

۱ـ۶ـ۱ تاریخچه: ----- ۱۵

۲- فصل دوم: مدل سازی مسئله ----- ***۱۶***

۲ـ۱ بهینه سازی ----- **۱۷**

۲ـ۱ـ۱ انواع مسائل بهینه سازی ۱۷
۲ـ۲ پارامتر های مسئله ۱۸
۲ـ۳ مدل سازی مسئله مشارکت بدون انرژی باد و خورشید ۱۹
۲ـ۴ توضیح معادلات مسئله ۲۱
۲ـ۵ روش حل مسئله ۲۱
۲ـ۵ـ۱ برنامه نویسی درجه دوم اعداد صحیح ۲۱
۲ـ۵ـ۲ حل کننده BARON ۲۲
۲ـ۶ اضافه کردن پنل خورشیدی به مسئله ۲۲
۲ـ۶ـ۱ معادلات مشارکت با اضافه شدن پنل خورشیدی ۲۲
۲ـ۶ـ۲ محاسبات توان پنل خورشیدی ۲۳
۲ـ۷ اضافه کردن توربین بادی به مسئله ۲۴
۲ـ۸ معادلات مشارکت با اضافه شدن توربین بادی ۲۴
۲ـ۸ـ۱ محاسبات توان توربین بادی ۲۵
۳- فصل سوم نتایج شبیه سازی ۲۶
۳ـ۱ منحنی بار ۲۷
۳ـ۲ مشخصات واحدهای حرارتی ۲۸
۳ـ۲ـ۱ توضیح مشخصات واحد های حرارتی ۲۸
۳ـ۳ نتایج حاصل مسئله مشارکت واحدهای تولیدی بدون واحدروشن و خاموش بودن واحد ها و توان تولیدی آنها ۲۹
۳ـ۴ نتایج با اضافه شدن منابع تجدیدپذیر ۳۳
۳ـ۴ـ۱ منحنی توزیع سرعت باد ۳۳
۳ـ۴ـ۲ منحنی های انرژی خورشیدی ۳۵
۳ـ۴ـ۳ مشخصات پنل خورشیدی ۳۷
۳ـ۴ـ۴ دمای محیط در ساعات مختلف ۳۷
۳ـ۴ـ۵ مشخصات توربین بادی ۳۸
۳ـ۴ـ۶ هزینه کل با منابع تجدید پذیر ۳۸
۳ـ۴ـ۷ هزینه ساعتی ۳۹
۳ـ۴ـ۸ توان متوسط تولیدی واحد های حرارتی ۴۰
۳ـ۴ـ۹ توان در دسترس و خریداری شده منابع تجدید پذیر ۴۲

۴- فصل چهارم نتیجه گیری و جمع بندی _____ ۴۴
۴-۱ نتیجه گیری _____ ۴۵
۴-۲ جمع بندی _____ ۴۵
۴-۳ پیشنهادات _____ ۴۵
منابع _____ ۴۶

فهرست جداول

جدول ۲-۱: انواع مسائل بهینه سازی ۱۸
جدول ۲-۲: پارامترهای پنل خورشیدی ۲۴
جدول ۲-۳: پارامتر های توربین بادی ۲۵
جدول ۳-۱: بار ساعات مختلف شبکه مورد مطالعه ۲۷
جدول ۳-۲: : مشخصات واحد های حرارتی مورد مطالعه ۲۸
جدول ۳-۳: مشخصات یک واحد حرارتی ۲۸
جدول ۳-۴:نتایج شبیه سازی بدون منابع تجدیدپذیر ۲۹
جدول ۳-۵: میانگین و انحراف استاندارد سرعت باد در منطقه مورد مطالعه [۳] ۳۳
جدول ۳-۶: پارامتر ها توزیع ویبال سرعت باد منطقه مورد مطالعه ۳۵
جدول ۳-۷: میانگین و انحراف استاندارد تابش انرژی خورشیدی در منطقه مورد مطالعه[۳] ۳۵
جدول ۳-۸: پارامتر های توزیع بتای تابش ۳۶
جدول ۳-۹: مشخصات پنل مورد مورد مطالعه ۳۷
جدول ۳-۱۰: دمای محیط در ساعان مختلف ۳۸
جدول ۳-۱۱: مشخصات توربین بادی مورد مطالعه ۳۸

فهرست اشکال

شکل ۱-۱: درصد استفاده از منابع انرژی مختلف برای تولید برق [۱۲] ۲
شکل ۱-۲: ظرفیت نصب شده نیروگاه های خورشیدی در سال های مختلف ۵
شکل ۱-۳: ظرفیت کل مزارع بادی و رشد سریع آن در سال های اخیر[۱۲] ۷
شکل ۱-۴:نمودار های توزیع های ویبال با پارامتر مقیاس مختلف ۹
شکل ۱-۵: مقایسه توزیع بتا با پارامتر های مختلف ۱۰
شکل ۱-۶: دیاگرام ساده نیروگاه حرارتی ۱۱
شکل ۱-۷: مدل ساده شده یک نیروگاه حرارتی ۱۳
شکل ۱-۸: منحنی ورودی و خروجی نیروگاه حرارتی ۱۴
شکل ۳-۱: نمودار بار ساعتی شبکه مورد مطالعه ۲۷
شکل ۳-۲: مقدار تولید واحد های های حرارتی بدون منابع تجدید پذیر ۳۰
شکل ۳-۳: هزینه خرید توان از سه واحد در هر ساعت بدون منابع تجدید پذیر ۳۱
شکل ۳-۴: هزینه خرید برق از واحد g1 در ساعات مختلف ۳۱
شکل ۳-۵: هزینه خرید برق از واحد g۲ در ساعات مختلف ۳۲
شکل ۳-۶: هزینه خرید برق از واحد g3 در ساعات مختلف ۳۲
شکل ۳-۷: نمودار متوسط سرعت باد در ساعات مختلف شبانه روز ۳۴
شکل ۳-۸: نمودار میانگین تابش در ساعات مختلف روز ۳۷
شکل ۳-۹: هیستوگرام هزینه کل تمام شده خرید برق از واحد های تولیدی ۳۹
شکل ۳-۱۰: هزینه کل خرید برق در ساعات مختلف ۳۹
شکل ۳-۱۱: توان متوسط تولیدی واحد g1 در ساعات مختلف شبانه روز ۴۰
شکل ۳-۱۲: توان متوسط تولیدی واحد g2 در ساعات مختلف شبانه روز ۴۰
شکل ۳-۱۳: توان متوسط تولیدی واحد g3 در ساعات مختلف شبانه روز ۴۱
شکل ۳-۱۴: تعداد تکرارهای مربوط به خاموش بودن واحد g1 ..... ۴۱
شکل ۳-۱۵: تعداد تکرارهای مربوط به خاموش بودن واحد g2 ..... ۴۲
شکل ۳-۱۶: تعداد تکرارهای مربوط به خاموش بودن واحد g3 ..... ۴۲
شکل ۳-۱۷:مقدار توان در دسترس و توان خریداری شده واحد بادی ۴۳
شکل ۳-۱۸: مقدار توان در دسترس و توان خریداری شده واحد خورشیدی ۴۳

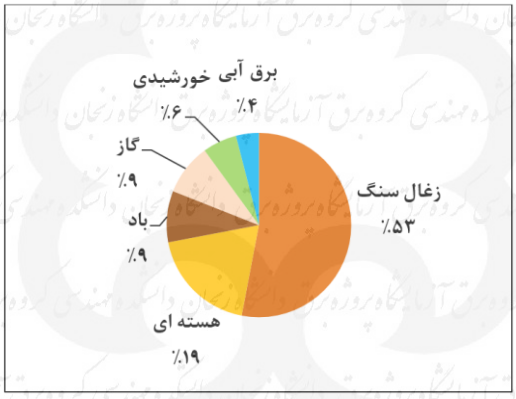
فصل اول: مقدمات

۱ـ۱ انرژی های تجدیدپذیر

بسیاری از کشورها برای تأمین انرژی شان، بیشتر بر زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی متکی هستند اما وابستگی به سوخت های فسیلی یک مشکل بزرگ به همراه دارد. مشکل این جا است که میزان سوخت های فسیلی محدود است و در نهایت به اتمام خواهند رسید یا زمانی فرا می رسد که استخراج باقی مانده آن بسیار گران تمام خواهد شد. ولی با توجه به شکل ۱-۱ بیشترین سهم انرژی را در حال حاضر سوخت های فسیلی دارند.

همچنین سوخت های فسیلی باعث آلودگی هوا، آب و خاک می شوند و گازهای گلخانه ای تولید می کنند که باعث گرم شدن کره زمین می شوند.

در این شرایط **منابع انرژی تجدیدپذیر** جایگزین های پاکی برای سوخت های فسیلی هستند. البته آنها هم بدون مشکل نیستند اما آلودگی بسیار کمتر و گازهای گلخانه ای کمتری تولید می کنند و تمام هم نمی شوند. در اینجا منابع اصلی انرژی های تجدید پذیر مورد بررسی قرار می گیرند.



شکل ۱-۱: درصد استفاده از منابع انرژی مختلف برای تولید برق [۱۲]

۱ـ۲ انرژی خورشیدی

خورشید قدرتمندترین منبع انرژی است. نور خورشید یا انرژی خورشیدی می تواند برای گرمایش، روشنایی و خنک کردن خانه ها و ساختمان های دیگر، تولید برق، گرم کردن آب و انواع فرآیندهای صنعتی مورد استفاده قرار گیرد. فناوری مورد استفاده برای به دست آوردن و جمع آوری انرژی خورشید به طور دایم در حال تحول است، از جمله این فناوری ها لوله های آب گرم کن پشت بام، سلول های فوتو-ولتائیک و آرایه های آینه است. صفحات روی پشت بام ها چیزی را به طبیعت تحمیل نمی کنند اما آرایه های بزرگی که

روی زمین مستقر می شوند می توانند وارد زیستگاه های حیات وحش شوند. همان طور که در شکل ۱-۲ می بینید استفاده از انرژی خورشیدی به سرعت در حال گسترش است.

۱ـ۲ـ۱ انرژی الکتریکی خورشیدی

می‌توان انرژی خورشیدی را به الکتریسیته تبدیل کرد برای این کار دو روش اصلی وجود دارد. یک روش استفاده از حرارت خورشیدی و روش دیگر استفاده از صفحات خورشیدی فتوولتاییک است.

۱ـ۲ـ۲ نیروگاه حرارتی-خورشیدی

تأسیساتی که با استفاده از آنها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود، نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود. در نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخش‌های خورشیدی تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربین‌ها است یا به عبارت دیگر می‌توان گفت که این نوع نیروگاه‌ها شامل دو قسمت هستند:

- سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می‌نماید.
- سیستمی موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاه‌های حرارتی بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می‌کند.

این تأسیسات بر اساس انواع متمرکز کننده‌های موجود و بر حسب اشکال هندسی متمرکز کننده‌ها به چند دسته تقسیم می‌شوند:

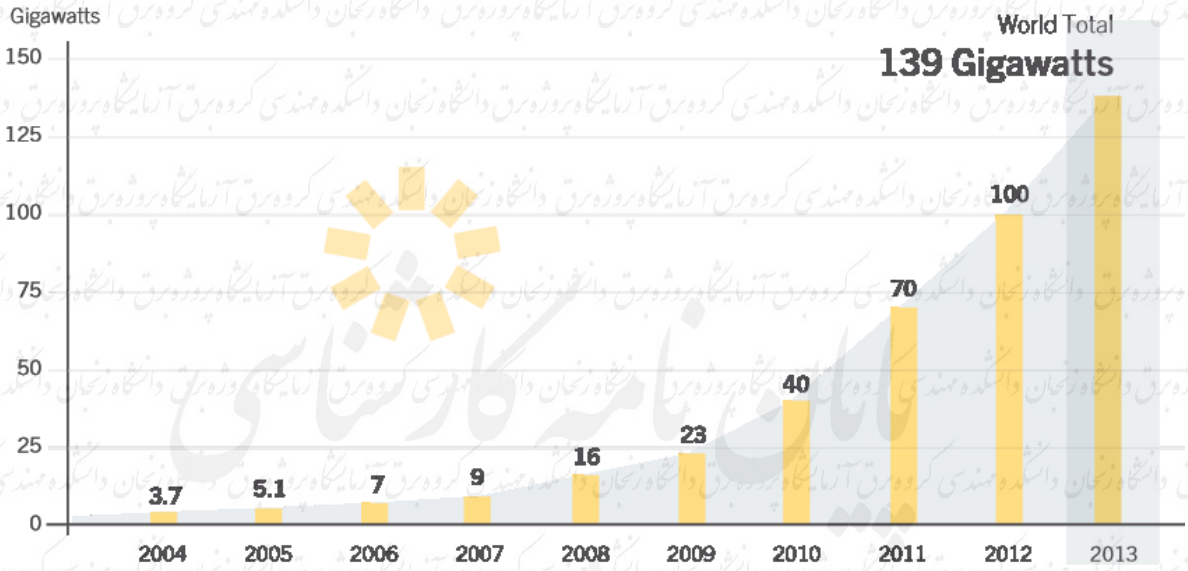
- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها آینه‌های سهموی ناودانی هستند.
- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی به نام هلیوستات به آن منعکس می‌شود. (دریافت کننده مرکزی)
- نیروگاه‌هایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) است.
- دودکش خورشیدی

۱ـ۲ـ۳ تولید برق خورشیدی فتو ولتاییک

فتو ولتاییک، یکی از انواع سامانه‌های تولید الکتریسیته از نور خورشید است. در این روش با بکارگیری سلول خورشیدی، تولید مستقیم الکتریسیته از تابش خورشید امکان‌پذیر می‌شود. الکتریسیته یا می‌تواند به‌طور مستقیم از انرژی خورشید تولید شود و ابزارهای فتوولتایک استفاده کند یا به‌طور غیر مستقیم از ژنراتورهای بخار ذخایر حرارتی خورشیدی را برای گرما بخشیدن به یک سیال کاربردی مورد استفاده قرار می‌دهند.

به پدیده ای که در اثر تابش نور بدون استفاه از مکانیسم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند، پدیده فتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده‌ها استفاده کند سیستم فتوولتائیک گویند. سیستم‌های فتوولتائیک یکی از پر مصرف‌ترین کاربردهای انرژی‌های نو می‌باشند. از سری و موازی کردن سلول‌های آفتابی می‌توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. در نتیجه به یک مجموعه از سلول‌های سری و موازی شده پنل فتوولتائیک می‌گویند. امروزه اینگونه سلولها عموماً از ماده سیلیسیم تهیه می‌شود و سیلیسیم مورد نیاز از شن و ماسه تهیه می‌شود. سیستم‌های فتوولتائیک را می‌توان بطور کلی به دو بخش اصلی تقسیم نمود:

- روش غیرفعال: شامل اجزای زیر است:
  - دیوار حائل سنگین (ظرفیت حرارتی بالا)
  - دیوار ترومب
  - بالکن‌های خورشیدی یا فضای خورشیدی
  - حیاط مرکزی
- پنل خورشیدی: این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می‌باشد که کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان ورودی پنلها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف‌کننده به بارمصرفی یا باتری، تزریق و کنترل می‌کند.



شکل ۱-۲: ظرفیت نصب شده نیروگاه های خورشیدی در سال های مختلف

۱ـ۳ انرژی باد

باد حرکت هوا اســت و موقعی ایجاد می شــود که هوای گرم صــعود می کند و هوای خنک تر برای جایگزینی آن هجوم می برد. انرژی باد قرن ها برای حرکت دادن کشتی های بادبانی و چرخاندن آسیاب های بادی ای که غلات را خرد می کردند به کار می رفت. امروزه انرژی باد توســط توربین های بادی گرفته می شود و برای تولید برق مورد استفاده می گیرد.

هر از گاهی، بحث هایی درباره این که توربین ها در کجا نصــب شوند درمی گیرد چراکه این توربین ها می توانند برای پرندگان مهاجر و خفاش ها مشکل ساز باشند.

۱ـ۳ـ۱ مزایای انرژی بادی

از آنجایی که انرژی باد در زمســتان (که در این فصل بهره‌وری انرژی خورشیدی کمتر است) با توجه به وزش باد بیشــتر می‌باشــد و همین وزش شدید باعث می‌شود که الکتریسیته بیشتری تولید گردد، بنابراین استفاده از انرژی باد در زمستان بسیار به صرفه است. و طبق شکل ۱-۳ ظرفیت کل نصب شده در سال های اخیر رشد سریعی داشته است.

انرژی باد آلودگی ایجاد نمی‌کند و جزوء انرژی‌های تجدید پذیر می‌باشد و هزینه این انرژی به مراتب کمتر از هزینه الکتریسیته تولید شده توسط زغال سنگ و شکافت هسته‌ای می‌باشد

۱ـ۳ـ۲ ناکار آمدیهای انرژی بادی

یکی از مسائل مهم در ناکارآمدی انرژی باد مسئله زیست‌محیطی می‌باشد، با توجه به اینکه این مولدهای برق دارای ظاهر ناخوشایند و نسبت به دیگر انرژی‌های پاک دارای سر و صدای بالای هستند زندگی حیوانات را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ظاهر محیط زیست را خراب می‌کنند.

۱ـ۳ـ۳ توان بالقوه توربین

انرژی موجود در باد را می‌توان با عبور آن از داخل پره‌های و سپس انتقال گشتاور پره‌ها به روتور یک ژنراتور استخراج کرد. در این حالت میزان توان تبدیلی با تراکم باد، مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و مکعب سرعت باد بستگی دارد. به این ترتیب میزان توان قابل تبدیل در باد را می‌توان به این ترتیب به دست آورد:

$$P = \frac{1}{2}\alpha\rho\pi r^2 v^3 \qquad (۱-۱)$$

که در این فرمول P توان تبدیلی به وات، α ضریب بهره‌وری (که به طراحی توربین وابسته‌است)، ρ تراکم باد بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب، r شعاع پره‌های توربین برحسب متر و v سرعت باد برحسب متر بر ثانیه‌است.

زمانی که توربین انرژی باد را می‌گیرد سرعت باد کم خواهد شد که این خود باعث جدا شدن باد می‌شود. آلبرت بتز فیزیکدان آلمانی در ۱۹۱۹ اثبات کرد که یک توربین حداکثر می‌تواند ۵۹ درصد از انرژی بادی را که در مسیر آن می‌وزد را استخراج کند و به این ترتیب α در معادله بالا هرگز بیشتر از ۰٫۵۹ نخواهد شد.

از ترکیب این قانون با معادله بالا می‌توان این‌گونه نتیجه گرفت:

- حجم هوایی که از منطقه جاروب شده توسط پره‌ها عبور می‌کند به میزان سرعت باد و چگالی هوا وابسته‌است. برای مثال در روزی سرد با دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد (۵۹ درجه فارنهایت) در سطح دریا، چگالی هوا برابر ۱٫۲۲۵ کیلوگرم بر متر مکعب است. در این حالت عبور بادی با سرعت ۸ متر بر ثانیه در روتوری به شعاع ۱۰۰ متر تقریباً موجب عبور ۷۷٬۰۰۰ کیلوگرم باد در منطقه جاروب شده توسط پره‌ها خواهد شد.

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

۴ـ۱ نتیجه گیری

همان طور که در نتایج حاصل از شبیه سازی می بینیم هزینه تمام شده کل با اضافه شدن منابع تجدیدپذیر از ۱۹۲۴۸۸ دلار به ۱۷۱۱۶۰ دلار کاهش یافت. وضعیت روشن و خاموش بودن واحد یک به مقدار توان دردسترس باد و خورشید بستگی دارد و در بعضی از تکرار های مونت کارلو واحد یک در تمام ساعات شبانه روز روشن می باشد. واحد دو طی ساعات ۲ تا ۶ بامداد در بیشتر تکرار ها خاموش و واحد ۳ واحد گران قیمت و سریعی بود و در حالت بدون منابع تجدیدپذیر بخش بزرگی از توان مورد نیاز شبکه را به دلیل پایداری و قابلیت اطمینان شبکه تامین می کرد و با اضافه شدن منابع تجدید پذیر مقدار توان خریداری شده از این واحد کاهش یافت.

۴ـ۲ جمع بندی

منابع تجدیدپذیر علاوه بر آن که محیط زیست را آلوده نمی کنند استفاده از آنها باعث افزایش قابلیت اطمینان شبکه و افزایش رزرو گردان و همچنین پرداخت نکردن حق جریمه آزاد کردن گاز های گلخانه ای[1] در محیط توسط تولید کننده توان می شود . همچنین استفاده از آنها باعث کاهش هزینه ها می شود .

۴ـ۳ پیشنهادات

برای بهبود مطالعات آینده پیشنهادات ذیل ارائه می شود:

۱- مزرعه خورشیدی و بادی با تمام مزایایی که دارند، دارای عدم قطعیت هستند برای حل این مشکل باید از یک باتری کنار آنها استفاده کرد تا در مواقعی که توان مورد نیاز شبکه نیست آن را ذخیره کرده و در مواقع نیاز آن را در اختیار شبکه قرار دهد .

۲- در این مطالعه بار به صورت غیر قطعی در نظر گرفته نشده بود که این عامل نیز خود تاثیر گذار بر تصمیمات تصمیم گیرنده می باشد.

۳- پارامتر های غیر قطعی دیگری در مسئله وجود دارند که فعلا در این پروژه در نظر گرفته نشدند مثل دمای محیط و احتمال رخ داد خطا[2] و خارج شدن خطوط و واحد های حرارتی از مدار.

---

[1] Carbon tax
[2] fault

منابع

[۱] W.A.J و W.B.F ، تولید و بهره برداری و کنترل در سیستم های قدرت ح.سیفی ، تدوین ، ۱۳۷۱ .

[۲] نیکوکار،م و ب،عربزاده.آمار و احتمالات کاربردی (۱۳۹۱) تهران انتشارات آزاده

[3] Partha Kayal a, C.K. Chanda Optimal mix of solar and wind distributedOptimal mix of solar and wind distributed generations considering performance improvement of electrical distribution network

[4] M. DAHBIa,b;* A. BENATIALLAHb ; M.SELLAM c The Analysis of Wind Power Potential in Sahara Site of Algeria-an Estimation Using the 'Weibull' Density Function

[5] Y. M. Atwa, Student Member, IEEE, E. F. El-Saadany, Senior Member, IEEE, M. M. A. Salama, Fellow, IEEE, and R. Seethapathy, Member, IEEE Optimal Renewable Resources Mix for Distribution System Energy Loss Minimization

[6] J. M. Arroyo, Student Member, IEEE, and A. J. Conejo, Senior Member, IEEE Optimal Response of a Thermal Unit

[7] Soroudi, A. (2017). Power System Optimization Modeling in GAMS. Belfield, Dublin, Ireland: University College of Dublin.

[8] Bertsekas, Dimitri P. (2016). Nonlinear Programing (Third ed.). Cambridge, Massachusetts.: Athena Scientific.

[9] GAMS Documations . BARON Solver . https://www.gams.com/latest/docs/S_BARON.html

[10] Boyd, Stephen P.; Vandenberghe, Lieven (2004). Convex Optimization Cambridge University Press.

[11] Bradford, Travis (2006). Solar Revolution: The Economic Transformation of the Global Energy Industry. MIT Press.

[12] RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT https://www.eia.gov/renewable/

University of Zanjan

Department of Electrical Engineering

BSc's Thesis

Unit commitment with solar and wind uncertainity

By

Mehdi Khoeini

Supervisor

Dr.Abbas Rabiee

Year

September 2018