پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشدرشته : برق (M.SC)

گرایش : قدرت

موضوع:

اثر تولید پراکنده بر شبکه های توزیع

(مکان یابی،تعیین ظرفیت)

فهرست مطالب

چکیده ۱
فصل اول ۳
تعاریف ۳
۱-۱ مقدمه ٤
۱-۲ تعریف منابع تولید پراکنده در کشورهای مختلف جهان ٤
۱-۳ کاربردهای منابع تولید پراکنده ٦
۱ -٤ انواع تکنولوژی منابع تولید پراکنده ٦
۱-۵ دلایل رویکرد به منابع تولید پراکنده در دنیا ۷
۱-٦ منابع تولید پراکنده در ایران ۸
۱-۷ مزایا و معایب تولید پراکنده ۱۰
۱-۸ چکیده فصل ۱۲
فصل دوم ۱٤
معرفی انواع تکنولوژی ۱٤
۲-۱ مقدمه ۱۵
۲-۲-۱ موتورهای پیستونی (رفت و برگشتی) ۱۷
۲-۲-۲دیزل ژنراتور : ۱۹
۲-۲-۳پیل های سوختی ۲۱
۲-۲-٤ توربین های گازی ۲۳
۲-۲-۵ میکروتوربین ها ۲٤
۲-۳ مولدهای تولید پراکنده با منابع انرژی تجدید پذیر و ویژگیهای آنها ۲٦
۲-۳-۱ انرژی خورشیدی ۳۱
چکیده فصل ٤٤
فصل سوم ٤۵
سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت ٤۵
۳-۱ کاربرد سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت ٤٦
۳-۲ خصوصیات سیستم تولید برق و حرارت همزمان ٤٦
۳-۲-۱-ارتقاء کارآیی انرژی ٤٦

۳-۲-۲- تأمین حرارت مطمئن و انعطاف پذیری..... ٤٦
۳-۲-۳-محیط زیست..... ٤٦
۳-۲-٤-هزینه‌های کمتر..... ٤٦
۳-۲-۵- استفاده هرچه بیشتر از فضای ساختمانها..... ٤٧
۳-۲-٦- هزینه‌های پایین‌تر تعمیرات و نگهداری..... ٤٧
۳-۳ روشهای تولید همزمان..... ٤٧
۳-۳-۱ نیروگاههای Extraction Condensing (زیر کشدار)..... ٤٧
۳-۳-۲ نیروگاههای Back – pressure..... ٤٨
۳-۳-۳ نیروگاههای Back - pressure صنعتی..... ٤٨
۳-۳-٦ نیروگاههای سیکل ترکیبی..... ٥١
۳-۳-۷ نیروگاههای مجهز به موتورهای رفت و برگشتی..... ٥٢
۳-٤ تولید همزمان برق و حرارت در ایران..... ٥٣
۳-۵ مدلسازی شبکه تولید همزمان برق و حرارت..... ٥٤
۳-۵-۱ هزینه سوختهای ورودی به مدل شبکه تولید انرژی..... ٥٥
۳-۵-۲ داده‌های فنی و اقتصادی تجهیزات موجود در شبکه تولید انرژی..... ٥٥
۳-٦ سیاستهای کلی و پیشنهادات..... ٥٦
چکیده فصل..... ٥٧
فصل چهارم..... ٥٨
مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی با استفاده از منابع تولید پراکنده..... ٥٨
٤-۱ مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی با استفاده از منابع تولید پراکنده..... ٥٩
٤-۲ مؤلفه های هزینه تولید انرژی الکتریکی..... ٥٩
٤-۲-۱هزینه های سرمایه گذاری..... ٥٩
٤-۲-۳ هزینه سوخت..... ٦٢
٤-۳ مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی برای یک منطقه دور افتاده..... ٦٢
٤-۳-۱مبانی نظری مدل اقتصادی..... ٦٣
٤-۲-۲هزینه برق در زمان بار پیک..... ٦٥
٤-۳-۳ هزینه برق در زمان بار میانی..... ٦٦
٤-۳-٤هزینه برق در زمان بار پایه..... ٦٦

٤-٢-٥ گزینه های مورد مطالعه ٦٧
٤-٤ نتیجه گیری ٧٢
چکیده فصل ٧٢
فصل پنجم ٧٣
مکان یابی منابع تولید پراکنده ٧٣
٥-١ اهمیت جایابی و تعیین ظرفیت ٧٣
٥-٢ فرمول بندی مسئله ٧٥
٥-٣ مکان یابی بهینه یک شبکه هشت شینه با استفاده ازنرم افزار psat ٧٦
٥-٤ نتیجه گیری ٧٩
چکیده فصل ٨٠
منابع ٨١
ضمیمه ٨٣
معرفی چند نرم افزار کاربردی در زمینه تولید پراکنده ٨٤

فهرست اشکال

شکل (۱-۱):روند رشد ظرفییت تولید پراکنده(کمالی نیا و دیگران،۱۳۸٤).....۸

شکل(۲-۱) : موتورهای پیستونی..... ۱۸

شکل(۲-۲): ساختار سیستم تولید پراکنده ترکیبی پیل سوختی..... ۲۳

شکل(۲-۳): میزان تولید انرژی برق ایران از نیروگاههای مختلف..... ۲۹

شکل(۲-٤): روند برنامه ریزی برای افزایش سهم استفاده از منابع انرژی های تجدید پذیر در کشورهای اروپایی..... ۲۹

شکل(۲-۵) میزان انرژی تولیدی حال و آینده از انرژی باد در ایران (بالا)و اروپا (پایین)..... ۳۰

شکل(۲-٦):مقایسه تکنولوژی های تولید پراکنده از لحاظ هزینه..... ۳۰

شکل(۲-۷): ماژول فتوولتاییک..... ۳٤

شکل(۲-۸): طراحی سیستم فتوولتائیک..... ۳۵

شکل(۲-۹) پتانسیل تابش خورشیدی در ایران(سازمان هوا شناسی ایران)..... ۳۹

شکل(۲-۱۰)اطلس باد ایران(سازمان هوا شناسی ایران)..... ٤۳

شکل(۳-۱):نیروگاه پس فشار صنعتی..... ٤۹

شکل(۳-۲):نیروگاه های پس فشاری مورد استفاده در گرمایش منطقه ای..... ۵۰

شکل(۳-۳):توربین گاز مجهز به بویلر بازیافت..... ۵۱

شکل(۳-٤):تولید همزمان در نیروگاه سیکل ترکیبی..... ۵۲

شکل(۳-۵): بازیافت حرارت از موتورهای رفت و برگشتی..... ۵۳

شکل(۳-٦): مدل شبکه انرژی تولید همزمان برق و حرارت..... ۵٤

شکل(٤-۲):منحنی تداوم بار..... ٦۵

شکل (٦-۱):تأثیر ظرفیت و محل DG بر روی تلفات سیستم..... ۷۵

شکل(٦-٢):شبکه هشت شینه مورد مطالعه..... ٧٧

فهرست جداول

جدول (۱-۱) تعاریف منابع تولید پراکنده در کشورهای مختلف جهان(کمالی نیا و دیگران،۱۳۸٤).....۵
جدول(۲-۱) سهم تکنولوژی های مختلف در تولید انرژی در سراسر دنیا..... ۱۵
جدل(۲-۲) : انواع مولد DG همراه با محدوده توان تولیدی و نحوه ارتباط و اتصال سیستم به شبکه۱٦
جدول(۲-۳):مزایا و معایب موتور های پیستونی..... ۲۱
جدول(۲-٤): خصوصیات موتور پیستونی..... ۲۱
جدول(۲-۵)پیشبینی ظرفیت نصب شده سیستم های فتوولتائیک..... ۳۸
جدول(۲-٦)سرعت و چگالی توان باد بری چند شهر ایران..... ٤٤
جدول (۳-۱) هزینه سوختهای مصرفی ورودی به بخش برق..... ۵۵
جدول (٤-۱):مشخصات فنی و اقتصادی تولید پراکنده..... ٦۰
جدول(٤-۲):مقادیر ضرایب رابطه نمایی هزینه سرمایه گذاری..... ٦۱
جدول(٤-۳): قیمت های سوخت تحویلی وزارت نفت..... ٦۱
جدول(٤-٤):پارامترهای اقتصادیC و V..... ٦٤
جدول(٤-۵): هزینه تولیدبرق درسیستم فتوولتائیک(گزینه چهارم)..... ٦۷
جدول(٤-٦): نتایج مدل ریاضی برای سه گزینه اول..... ٦۸
جدول(٤-۷):هزینه نهایی تولید برق با تغییرات قیمن سوخت..... ۷۱
جدول(٦-۱):مجموع تلفات بدست آمده از نرم افزار..... ۷۹
جدول(٦-۲):نتایج مطالعات شبکه(کاهش تلفات دقیق و آزاد سازی ظرفیت)..... ۷۹

چکیده

در جهان امروز ، به شکل پیوسته و دائم ، میزان مصرف برق افزایش می یابد و در پی آن افزایش ظرفیت های شبکه به عنوان یکی از مسائل مهم و زیر بنایی در صنعت برق مطرح می شود . بدیهی است که برای افزایش میزان تولید ، باید سرمایه گذاری فراوانی را در این عرصه انجام داد .

در ادامه تحول و تغییرات در بازار برق به عنوان نتیجه مطالعات فشرده ، توجه شرکتهای برق بیش از هر زمان به کنترل هزینه و همه زمینه های احداث ، بهره برداری و نگه داری معطوف شده است .

یکی از پر هزینه ترین بخش های سیستم های انتقال و توزیع هزینه نوسازی و افزایش ظرفیت است که به دلیل رشد بار مشترکان به طور دائم باید انجام شود . در این افزایش ظرفیت کارهایی مانند تعویض خطوط، تعویض ترانسفورماتور ها و نصب فیدرهای اضافی است که درمناطق جغرافیایی با رشد بالا به شبکه افزود. به همین ترتیب سرمایه گذاری در پروژه هایی که شامل تعویض برج یا احداث تاسیسات زیر زمینی به شمار می آید پر هزینه است.

حتی در پروژه هایی از انتقال و توزیع که هزینه های سرمایه ای و پرسنلی بیش از اندازه بالا نیست اما پاسخگویی به تعهدات اجتماعی و مسائل نظارتی ، گرفتاری و هزینه زیادی به دنبال دارد . این هزینه های جنبی غیر مرتبط غالبا در ارزیابی توجیه اقتصادی پروژه صرف نظر می شود یا برخی اوقات بزرگ نشان داده می شود.

روشی نو که توجه شرکتهای برق ، واحدهای نظارتی و سهامداران را بیشتر به خود جلب می کند استفاده از تولید پراکنده (تولید غیر همزمان) در تاخیر انداختن پروژه های ظرفیت افزایی سیستم انتقال و توزیع یا جایگزین کردن آنست. تولید پراکنده که در نزدیکی محل استفاده برق را تولید می کند ، انتقال برق را از دور دست کاهش می دهد و در نتیجه از بروز مسائل متعددی در سیستم انتقال و توزیع جلوگیری می کند.

در بسیاری از موارد تولید پراکنده گزینه جذاب اقتصادی برای تاخیر یا جایگزینی سرمایه گذاری در انتقال و توزیع است. تولید پراکنده می تواند نیاز به افزایش ظرفیت فیدرها را با تولید برق اضافی در زمان پیک مصرف به تاخیر اندازد . علاوه بر آن وقتی ظرفیت سیستم های انتقال و توزیع را جهت حذف کمبودها افزایش می دهیم ، بخش بزرگی از این ظرفیت ها طی سالهای طولانی بدون استفاده می ماند . واحدهای تولید پراکنده می تواند بر مبنای افزایش نیاز مصرف درگامهای کوچکتری مصرف را تامین کند و سرمایه گذاری را کاهش دهد . منفعت اقتصادی کاهش یا حذف سرمایه گذاری بلا استفاده به کمک هزینه سرمایه گذاری خصوصا در پروژه های بزرگ انتقال و توزیع می تواند رقم بزرگی را تشکیل دهد.

یکی دیگر از امتیازات مهم تولید پراکنده در احداث و بهره برداری سریع آنست ؛ زمان نیاز برای نصب و بهره برداری از یک مولد پراکنده غالبا از پروژه انتقال و توزیع کوتاهتر است .خصوصا اگر این پروژه احداث

فیدر جدید باشد . با کمک تولید پراکنده می توان زمان لازم برای جمع آوری اطلاعات برای یک پروژه انتقال و توزیع را که نیاز به جمع آوری اطلاعات بیشتر دارد در اختیار مسئولان پروژه گذاشت .

همچنین استفاده از منابع انرژی تجدید پذیردر شبکه های توزیع انرژی با عنوان منابع تولید پراکنده برای بارهای مصرفی پراکنده و کم در یک منطقه می تواند راهکار مناسبی جهت کاهش هزینه های اقتصادی ، کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش بهره وری انرژی گردد.

موارد عنوان شده سبب گردیده تا تولید پراکنده [1](DG) به صورت یک گزینه برای تامین توان بعضی از مصرف کنندگان مطرح شود و در آینده ای نزدیک به جای تولید توان توسط واحدهای بزرگ در محل های دور ، توان توسط تعداد بیشتری از ژنراتورهای کوچکتر و به صورت پراکنده بر برآوردن نیاز مصرف کنندگان مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به افزایش نفوذ DG در سیستم های توزیع هدف این است که با جابجایی بهینه منابع تولید پراکنده،کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ شبکه به حداکثر مقدار خود برسند . مطالعات نشان می دهند که انتخاب نامناسب محل و ظرفیت DG ، می تواند باعث بروز تلفات بیشتری در شبکه نسبت به حالت قبل از نصب DG گردد.

جابجایی بهینه و تعیین ظرفیت مناسبDG همچنین می تواند باعث آزادسازی ظرفیت انتقال و توزیع شود از اینرو هزینه های سرمایه گذاری جدید را که هم سنگین تر و هم دارای دوره طولانی تری نسبت به DG هستند به تعویق می اندازد.

از اینرو در این رساله به اثر تولید پراکنده در شبکه های برق(مکان یابی – تعیین ظرفیت) پرداخته شده است .

در ابتدای این رساله توجهی به تعاریف تولید پراکنده در کشورهای مختلف دنیا می شود و مزایاو معایب تولید پراکنده مورد بررسی قرار می گیرد سپس انواع منابع انرژی مورد استفاده به عنوان تولید پراکنده مورد بحث قرار گرفته و اشاره ای به تولید ترکیبی برق و حرارت نیز می گردد همچنین در مورد تعیین مکان و ظرفیت منابع تولید پراکنده روشهایی معرفی می شود و در نهایت تولید پراکنده از نظر اقتصادی مورد نقد و بررسی قرار می گیرد .

[1] - distributed Generation

فصل اول

تعاریف

۱-۱ مقدمه

در ساختار قدیم صنعت برق در کشورهای پیشرفته و وضعیت موجود بسیاری از کشورها وظایف تولید انتقال و توزیع توان بر عهده شرکتهای برق مجتمع[1](VIU) بوده افزایش میزان تقاضای توان در چند سال اخیر ، در بسیاری از کشورها موجب شد که این شرکتها نتوانند به صورت موثر ، جوابگوی این میزان تقاضای زیاد باشند ، در نتیجه خاموشی ، قطع برق و معیوب شدن تجهیزات و ... در بسیاری از کشورها – به ویژه ایالات متحده – صورت گرفت و به تبع آن قیمتها در دوره پیک به شدت بالا رفت . این در حالی بود که همراه با رشد اقتصادی کشور ها که منجر به افزایش میزان انرژی مورد نیاز آنها بود ، مساله کیفیت توان و قابلیت اطمینان آن نیز اهمیت پیدا نمود .

با تدوین تجدید ساختار در صنعت برق ، وظایف توزیع و انتقال از وظیفه تولید جدا شده و به شرکتهای توزیع و انتقال محول گردید . تجدید ساختار صنعت برق به منظور دستیابی مصرف کنندگان به منابع توان رقابتی و دادن اجازه انتخاب به مصرف کنندگان از میان منابع صورت گرفت که نتیجه آن ، بازار رقابتی برای منابع تولید توان ، به ویژه منابع تولید پراکنده گردید .

علاوه بر این بحران نفت در سال ۱۹۷۳ موجب شد که بسیاری از کشورهایی که در صنعت خود ، به سوختهای فسیلی وابسته بودند ، در پی یافتن جایگزینی مناسب برای این سوختها باشند همچنین با افزایش آگاهی عمومی در مورد مسایل زیست محیطی ، یافتن جایگزینی مناسب برای سوختها فسیلی اهمیت بیشتری پیدا کرد . مطالعات انجام شده نشان می دهد که انرژی های تجدید پذیر شامل انرژی خورشید ، باد ، آب ، بیوماس ، زمین گرمایی و ... که از نظر زیست محیطی تمیز بوده می توانند جایگزین مناسبی برای سوختهای فسیلی باشند . بدین ترتیب عواملی مانند تجدید ساختار صنعت برق ، نیاز به افزایش ظرفیت سیستم و پیشرفت تکنولوژی آن بطور همزمان ، پایه و اساس معرفی تکنولوژی های تولید پراکنده می باشند. منابع تولید پراکنده (DG) می توانند در نزدیکی مصرف کننده های انتهایی در مناطق صنعتی، در کنار ساختمانها و .... مورد استفاده قرار گیرند علاوه بر اینها ، DG در مناطق دوردست نیز به کار گرفته می شود.

۱-۲ تعریف منابع تولید پراکنده در کشورهای مختلف جهان

بررسی منابع و مراجع مختلف در زمینه منابع تولید پراکنده نشان می دهد که تعاریف مختلفی برای این منابع در نظر گرفته شده است. این امر با توجه به اینکه مبحث منابع تولید پراکنده اخیرا مورد توجه قرار گرفته است قابل درک می باشد جدول (۱-۱) به طور خلاصه تعریف تولید پراکنده را در چندکشور دنیا نشان می دهد.

[1] - vertical Integrated unit

جدول (۱-۱) تعاریف منابع تولید پراکنده در کشورهای مختلف جهان(کمالی نیا و دیگران،۱۳۸٤)

کشورها	تعاریف
استرالیا	تولیدی که به شبکه توزیع (۱۳۲kv) وصل می شود و قادر است مستقیما بارخریدار را تغذیه نماید .
فرانسه	متصل شده به شبکه توزیع با قابلیت تغذیه مستقیم با رهای خریدار تولیدی که به سطوح ولتاژ ۰,٤ و ۱۵ و ۲۰ کیلو ولت وصل می شود .
دانمارک	تولیدی است که مراکز دیسپچ بار منطقه ای را تحت تاثیر قرار ندهد .
جمهوری چک	تولیدی است که به ولتاژهای ۰,٤kv تا ۱۵۰kv وصل شود .
ایتالیا	تولیدی است که به شبکه های بالای ۰,٤kv تا ۱۵۰kv وصل شود .
پرتقال	منابع انرژی تجدید پذیر و تولید همزمان که به هر سطح ولتاژی متصل می شوند و دارای توان خروجی کمتر از ۱۰ مگا وات (به غیر از تولید همزمان) باشند .
انگلیس	تولیدی است که به سیستم توزیع تا۱۳۲kvوصل شود و ممکن است و به صورت متمرکزبهره برداری شود
آلمان	تعریف مشخصی وجود ندارد ولی معمولا به انرژی خورشید ، بادی و آبی کوچک گفته می شود (به سطح ولتاژ تا۲۰kvمتصل شده وبرای پارکهای بادی تا ۱۰kv متصل میگردند) .
آمریکا	منابع کوچک تولید کننده توان (از چند کیلو وات تا ۵۰ مگاوات) که به شبکه توزیع در طرف شرکت برق ما مصرف کننده متصل می شوند .

لازم به ذکر است CTGRE تعریف زیر را برای منابع تولید پراکنده ارائه نموده است .

به صورت مرکزی برنامه ریزی نشده باشد (برنامه ریزی متمرکز نشده باشد)

به صورت مرکزی انتقال داده نشده باشد (بهره برداری متمرکز نشده باشد)

معمولا به شبکه توزیع متصل شده باشد

کوچکتر از ۵۰ تا ۱۰۰ مگا وات باشد .

همچنین IEEE تولید برق توسط وسایلی که به اندازه کافی از نیروگاههای مرکزی کوچکتر باشند و قادر به نصب در محل مصرف هستند رابه عنوان تولید پراکنده تعریف کرده است .

IEA نیز واحدهای تولید پراکنده توان در محل مصرف یا در داخل شبکه توزیع که توان را به طـور مسـتقیم به شبکه توزیع محلی تزریق می کند را DG معرفی می کند.

۱-۳ کاربردهای منابع تولید پراکنده

برای منابع تولید پراکنده، کاربردهای بالقوه فراوانی وجود دارد . به طوریکه بعضی از مشتریان از ایـن منـابع جهت تامین بخش یا تمامی نیازهای الکتریکی خود استفاده می کنند. برای مثال، تعدادی از مشـتریان، منبـع تولید پراکنده را جهت کاهش هزینه های تحمیل شده توسط شرکت برق به آنها، بکار برده اند، در حالی که دیگران از آن برای تولید توان تضمین شده و یا کاهش آلـودگی زیسـت محیطـی اسـتفاده مـی کننـد. انـواع کاربردی های منابع تولید پراکنده عبارتند از کاربرد توان پیوسته، تولید همزمان گرما و برق ، مصرف انـرژی دربارپیک، کاربرد بدون آلودگی و کاربرد توان تضمینی.

۱ -٤ انواع تکنولوژی منابع تولید پراکنده

به لحاظ تکنولوژیکی و اقتصادی می توان این منابع را به سه دسته سنتی ، موجود (تجـاری شـده) و آینـده تقسیم بندی کرد که تکنولوژی سنتی شامل موتورهای رفت و برگشتی ، توربینهای بخار صنعتی و توربینهای گازی کوچکی است که مدت زیادی رایج بوده و هنوز استفاده می شود. دسته دوم که تحـت عنـوان انـرژی های نو نیز دسته بندی می شوند شامل سیستم های خورشیدی حرارتی، میکروتوربینهـا ، توربینهـای بـادی، آبی کوچک ، بیوماس و زمین گرمایی می باشند . اما تکنولوژی آینده که دور نمای آن بسیار روشن بـه نظـر می رسد شامل سیستم های فتو ولتائیک ، پیلهای سوختی ، موتوراسترلینک، انرژی جزر و مد و انرژی امواج خواهد بود. طبقه بندی فوق به لحاظ تکنولوژیکی بدین مفهوم است کـه تکنولـوژی موجـود در دسـته اول کاملا شناخته شده می باشند.لیکن در مورد دسته دوم و سوم فعالیت در زمینه توسـعه و بهبـود کـارایی ایـن تکنولوژیها ادامه دارد.ضمن این که تکنولوژی هـای دسـته سـوم گاهـا درمرحلـه آزمایشـی ونمونـه سـازی می‌باشند.

علاوه بر این، تکنولوژی این دسته هم اکنون تجاری نشده و از هزینه سرمایه گذاری بـالایی نیـز برخـوردار است که پیش بینی می شود طی دهه های آینده با کاهش هزینه ها، دارای صـرف اقتصـادی باشـد. لازم بـه تذکر است که تکنولوژی های اشاره شده در شرایط مختلف مکانی (در کشـورهای مختلـف) ممکـن اسـت دارای طبقه بندی متفاوتی باشند . در حال حاضر منابعی که کاربردی تر به نظر می رسند عبارتند از : سیستم های بیوماس[1] ، سیستم های فتوولتائیک[2] ، سیستم های الکتریکی گرمایی خورشیدی[3] و سیستم هـای زمـین

[1] - Biomass system
[2] - Photovoltaic system
[3] - (solar –thermal – Electricsys)، (wind electric conversion system) WECS

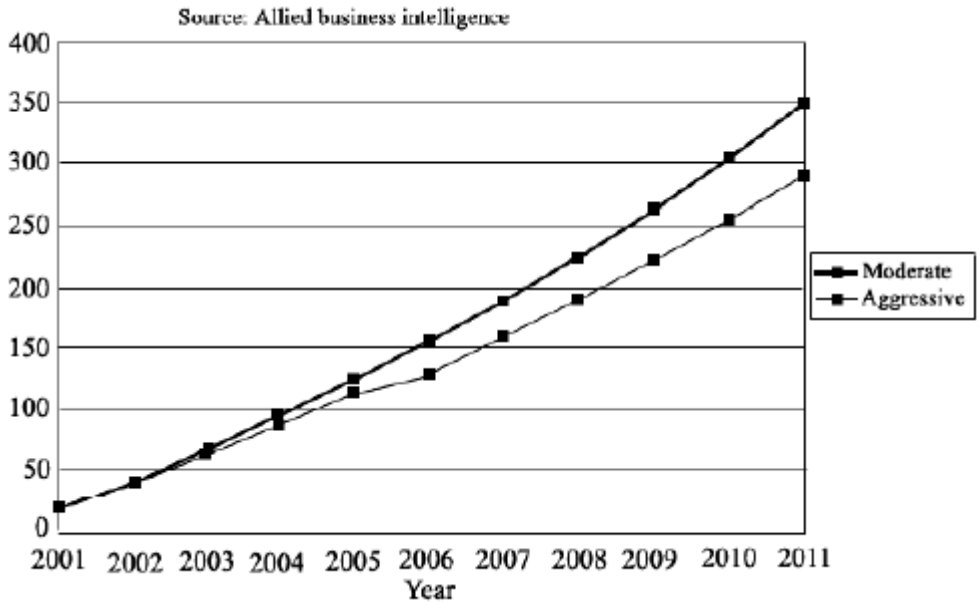
گرمایی[1] که گستره تولید DG در آنها از چند کیلو وات تا ۱۰۰ مگا وات می تواند تغییر کند. DG هم می‌تواند با منابع سنتی و هم با منابع تجدید پذیر، تغذیه شود، منابع سنتی شامل موتورهایIL ، توربین های گازی میکروتوربین ها و سلولهای با سوخت فسیلی می باشد. DG همچنین می تواند افزایش تقاضای مشتری را در جاهایی که امکان نصب یا توسعه توزیع و انتقال جدید وجود ندارد بر آورده کند.

۱-۵ دلایل رویکرد به منابع تولید پراکنده در دنیا

با توجه به تجدید ساختار در صنعت برق، حرکت در جهت افزایش رقابت و همچنین افزایش تعداد بازیگران عرصه صنعت برق (ورود بخش خصوصی) همزمان با افزایش روز افزون مصرف انرژی الکتریکی و احساس نیاز به بهبود و توسعه سیستم قدرت ، فرصتهایی رابرای رشد و پیشرفت تکنولوژیهای تولید انرژی الکتریکی خاص فراهم نموده که از آن جمله می توان به میکروتوربینها و پیلهای سوختی اشاره نمود. تمامی این عوامل موجب گردید تاامکان حضور منابع تولید پراکنده فراهم گردد. مطالعات نشان می دهد (Energinedgg ciyre98) که تولید پراکنده در بسیاری از کشورها در حدود ۱۰٪از ظرفیت تولید را به خود اختصاص داده است و این میزان در کشورهای هلند و دانمارک به حدود ۳۰ تا ٤۰ درصد می رسد. همچنین مطالعات دیگر نشان می دهد که میزان انرژی تولیدی توسط منابع تجدید پذیر در اروپا از میزان ۱۳,۹ درصد فعلی به ۲۲ درصد در سال ۲۰۱۰ افزایش خواهد یافت . در سال ۱۹۹۸ ظرفیت نصب شده منابع تولید پراکنده تقریبا ۵۳ گیگاوات بوده که پیش بینی می شود تا سال ۲۰۱۰ به این ظرفیت ۲٦,۵ گیگاوات اضافه شود . بدین ترتیب رشد سالانه ظرفیت منابع تولید پراکنده بالغ بر ٤ درصد خواهد بود.

مطالعه دیگری نشان می دهد که کل ظرفیت نصب شده تولید پراکنده از ۲۰ گیگاوات در سال ۲۰۰۱، به حدود ۳۰۰ گیگاوات در سال ۲۰۱۱ خواهد رسید شکل(۱-۱) روند رشد ظرفیت تولید پراکنده را نشان می‌دهد.

[1] - Geothermall system



شکل (۱-۱):روند رشد ظرفیت تولید پراکنده(کمالی نیا و دیگران،۱۳۸٤)

۱-٦ منابع تولید پراکنده در ایران

همانگونه که اشاره شد به دلایل مختلف بر اهمیت منابع تولید پراکنده در دنیا افزوده شده است که این امر باعث گردیده تا تعاریف و دیدگاههای مختلفی در خصوص منابع تولید پراکنده ارائه گردد و موضوع همچنان در دست بررسی و اظهار نظر باشد بدین لحاظ ابتدا لازم است به تعدادی از ضرورتها و کاربردی های منابع تولید پراکنده در ایران پرداخته شود تا امکان تعریف جامع و کامل از این منابع فراهم گردد . از جمله ضرورتها و کاربردی های منابع تولید پراکنده در ایران می توان به موارد زیر اشاره کرد :

رشد فزاینده مصرف انرژی و عدم امکان تامین ظرفیت مورد نیاز توسط دولت

لزوم وارد شدن بخش خصوصی در سرمایه گذاری واحدهای تولید انرژی و کاهش تصدی گری دولت

لزوم افزایش رقابت در بخش تولید (ایجاد بازار برق)

پائین بودن حجم نقدینگی مورد نیاز جهت سرمایه گذاری در بخش تولید توسط این منابع

لزوم توجه به مسائل زیست محیطی در دهه های آتی و بهبود کیفیت برق و کارایی صنعت برق

لزوم توجه به تنوع انرژی مصرفی اولیه درمنابع تولید کننده انرژی (پراکندگی نوع سوخت مصرفی)

استفاده از ظرفیتهای موجود در بخشهای مختلف

کاهش تلفات شبکه های انتقال و توزیع

بدین ترتیب به نظر می رسد تعریف منابع تولید پراکنده در ایران بایستی دو بخش عمده زیررا پوشش دهد :

استفاده از ظرفیتهای تولید موجود در بخشهای مختلف کشور

اتصال به شبکه های توزیع

بنابراین می توان تعریف زیر را برای منابع تولید پراکنده ارائه نمود.

«کلیه منابعی که به شبکه توزیع (20kv و پایین تر) متصل می شوند و یا توسط مصرف کننده نهایی و جهت تامین بخشی از نیازهای انرژی آنها نصب شده و مورد استفاده قرار می گیرند به عنوان منابع تولید پراکنده نامیده می شوند.»

به هر حال، بررسی مطالعات انجام شده نشان می دهد که هنوز تعریف ثابت و مشخصی برای منابع تولید پراکنده ارائه نشده است ، به عبارت دیگر با توجه به مشخصاتی چون نوع تکنولوژی، ظرفیت مولدها، محل اتصال، نوع کاربرد و .... تعاریف متفاوتی می توان برای منابع تولید پراکنده متصور بود. آنچه مسلم است اینست که پرداختن به منابع تولید پراکنده می تواند از دیدگاههای مختلف و با اهداف متفاوتی دنبال شود که این امر روند تصمیم گیری درخصوص استفاده از این منابع را پیچیده می نماید .لیکن با توجه به مطالعات انجام شده، موارد زیر را می توان از عمده ترین شاخص های تصمیم گیریدر مورد بکارگیری منابع تولید پراکنده در ایران ذکر نمود که لازم است در فرایند تصمیم گیری لحاظ گردند .

پیش بینی پتانسیل و ظرفیت موجود در کشور

آینده تکنولوژیکی منابع تولید پراکنده در دنیا (به لحاظ هزینه ای)

پیش بینی دستیابی به تکنولوژی

نوع انرژی اولیه مورد نیاز و آینده آن

ارزیابی اقتصادی منابع تولید پراکنده (در شرایط حاضر و آینده)

برای تصمیم گیری در خصوص بکارگیری منابع تولید پراکنده لازم است شاخص هایی معرفی و مد نظر قرار گیرند که از جمله این شاخص ها می توان به موارد زیر اشاره نمود :

وجود ظرفیتهای مناسب درکشور

وجود روند مناسب در توسعه فناوری مربوط در دنیا (به لحاظ هزینه و کارایی)

امکان طراحی و ساخت داخل تکنولوژی

استفاده از انرژی اولیه مناسبتر با آلودگی کمتر (مثلا سوخت گاز و یا تجدید پذیر)

دارا بودن صرفه اقتصادی نسبت به سایر منابع

بدین لحاظ با توجه به موارد فوق دسته بندی منابع تولید پراکنده به صورت زیر پیشنهاد می گردد .

ظرفیتهای موجود در صنایع کشور (عمدتا رفت و برگشتی و توربینهای گازی)

کاربردهای شهری (میکروتوربینها و توربینهای گازی)

کاربردهای نقاط پراکنده (بادی، آبی کوچک، و فتوولتائیک)

تفاوت های اساسی بین مطالعات انجام شده باعث گردیده تا در آمارها و نتایج ارائه شده نیز این اختلاف دیده شود . در کشورما ، با توجه به شرایط خاص و منابع گوناگون ، از جمله راهکارهای مقابله با مسائلی چون افزایش روز افزون تقاضا و کمبود منابع مالی جهت سرمایه گذاری در صنعت برق ، استفاده از منابع تولید انرژی موجود و تشویق و ترغیب بخش خصوصی به مشارکت در صنعت برق می باشد . این امر می‌تواند با شفاف سازی و مشخص کردن تعاریف و چگونگی برخورد با این تولید کنندگان محقق شود. همانگونه که ملاحظه شد تعریف منابع تولید پراکنده در ایران با هدف در برگرفتن منابع تولید انرژی موجود در صنایع کشور و همچنین منابع کوچک موجود در سطح شبکه توزیع ارائه شده است . بدین ترتیب این امکان فراهم می گردد تا ضمن استفاده از ظرفیتهای موجود ، ظرفیتهای جدید در سطح شبکه توزیع و نزدیک به نقاط مصرف نیز وارد چرخه تولید شوند.

۱-۷ مزایا و معایب تولید پراکنده

در واقع تکنولوژی های تولید پراکنده به دلایل مختلف با استقبال چشمگیری در سر تا سر دنیا مواجه شده است که می توان از آن جمله به عوامل زیر اشاره کرد :

- واحدهای DG در نزدیکترین نقاط به مصرف کنندگان احداث و بهره وری می شوند و به همین دلیل هزینه های انتقال و توزیع انرژی کاهش می یابد . که در غیر اینصورت این هزینه ها در حدود ۳۰٪ از ارزش توان تحویل شده به مصرف کننده خواهد بود .
- آخرین دستاوردهای صنعت برق ساخت واحدهای تولید کننده پر بازده و در رنج وسیعی از ۱۰ کیلو وات تا ۱۵ مگاوات را میسر ساخته اند .
- گاز طبیعی به عنوان سوخت بسیاری از واحدهای DG تقریبا در هر منطقه توزیع شده است و قیمت آن از ثبات بیشتری برخوردار است .
- معمولا سیستم های DG زمان نصب کوتاه تری دارند و ریسک سرمایه گذاری در آنها کمتر است.
- واحدهای DG بازدهی خوبی دارند به ویژه در سیکل های ترکیبی و زنجیره ای (واحدهای بزرگترDG).
- رقابتی شدن بازار برق فرصتهایی را برای ظهور تولید کننده های جدید در شبکه های قدرت به وجود آورده است.
- ابعاد فیزیکی کوچک سیستم های DG نصب آنها در محل مصرف بدون نیاز به جست و جو برای یافتن مساحت وسیعی از زمین واخذ تایید مسئولین ذیربط را میسر می سازد.
- در کنار افزایش هزینه های انتقال و توزیع انرژی هزینه های تولید پراکنده کاهش یافته است و به مرور زمان کمتر می شود .

– اختیار انتخاب ترکیب های مختلف هزینه ، قابلیت اطمینان و کیفیت توان خروجی بهره بـردار DG، کـار آیی و ارزش آن را دو چندان کرده است .

علاوه بر ویژگیهای فوق ، تاثیرات فنی فعالیت DG را می توان برشمرد:

کاهش تراکم خطوط

بهبود پروفیل ولتاژ و ضریب بار

کاهش تلفات خطوط

کاهش انتشار گازهای آلاینده

افزایش بازددهی کل انرژی

ارتقاء امنیت و اطمینان شبکه

بهبود کیفیت توان

آزاد سازی ظرفیت سیستم های توزیع و انتقال

کاهش جریان در فیدر اصلی

کاهش نامتعادلی ولتاژ با تزریق مستقیم توان به برخی بارها

همچنین نصب DG نتایج اقتصادی مثبتی به همراه خواهد داشت در ذیل به چند مورد اشاره می گردد :

به تعویق افتادن سرمایه گذاری برای توسعه شبکه واحدهای عظیم نیروگاهی

هزینه پائین تعمیرات و نگه داری واحدهای DG

ارتقاء بهره وری

کاهش هزینه های درمان و تامین سلامت به دنبال کاستن از انتشار آلاینده ها

کاهش هزینه دخیره گردان انرژی در شبکه

هزینه های کمتر بهره برداری به دنبال قله سایی با استفاده از DG ها

افزایش پست برای بارهای حساس و پر اهمیت

تولیدات پراکنده همچنین ممکن است مشکلاتی برای شبکه توزیع ایجاد کند که جز معایب ایـن تکنولـوژی می باشد که درذیل به مواردی اشاره گردیده است :

– پیچیده شدن شبکه وضرورت توسعه سیستم حفاظت شبکه

– پیچیده شدن بهره برداری و کنترل شبکه

– شبکه باید دارای بازبست سریع باشد . چون بازبست با تاخیر باعث کاهش تداخل در عملکـرد تولیـدات پراکنده می گردد و همچنین باعث آسیب دیدن تجهیزات تولید پراکنده به علت عـدم جـدا شـدن تولیـدات پراکنده در فاصله بین قطع و وصل بازبست می گردد . و همچنین در صورت جایگزین نمودن بازبستهای بـا

فاصله زمانی ۱ ثانیه با بازبستهای ۰,۲ و ۰,۵ ثانیه در فیدرهایی که تولیدات پراکنده در آن نصب شده اند ، مشکلات کیفیت توان را به همراه می آورد .

– جزیره شدن : جزیره شدن یعنی تغذیه پیوسته با وجود وقوع خطا در ناحیه ای از شبکه بخاطر اتصال واحد تولید پراکنده به منطقه مورد نظر. یکی از مهم ترین و چالش برانگیزترین مسایل حفاظتی تولیدات پراکنده تشخیص شرایط جزیره شدن در سیستم می باشد .

خطرات جزیره شدن:

ایمنی افراد (خطوط مرده واقعا مرده نمی باشند).

تخریب تجهیزات به علت همزمانی بازبستها

کیفیت کم تغذیه در منطقه جزیره شده

– تداخل بارله گذاری و حفاظت سیستم (هماهنگی و تنظیمات حفاظن اضافه جریان) در شبکه های توزیع با حضور تولیدات پراکنده باز شدن کلید بالا دست برای رفع خطا کافی نیست . از نظر اقتصادی بهتر است که تولید پراکنده در لحظه خطا از شبکه جدا شده و فرآیند عادی بر طرف شدن خطا اجرا شود . در هنگام زیاد بودن بار شبکه ، جدا شدن تولیدات پراکنده می تواند منجر به تضعیف پروفیل ولتاژ شبکه شود .

– نیاز به منابع ذخیره

– تاثیر بر روی عایق تجهیزات

۱–۸ چکیده فصل

بررسی منابع و مراجع مختلف نشان می دهد که تعاریف مختلفی برای تولید پراکنده وجود دارد .این امر با توجه به اینکه مبحث منابع تولید پراکنده اخیرا مورد توجه قرار گرفته قابل درک می باشد .

با توجه به تعاریف کشور های مختلف دنیا و همچنین موسسات معتبر و با بررسی دلایل رویکرد به منابع تولید پراکنده در دنیا و در ایران یک تعریف جامع برای این منابع در ایران ارائه شده است

"کلیه منابعی که به شبکه توزیع (۲۰کیلوولت وپایین تر)متصل می شوند ویا توسط مصرف کننده نهایی و جهت تامین بخشی از نیاز های انرژی آنها نصب شده و مورد استفاده قرار می گیرند "

در واقع تکنولوژی های تولید پراکنده به دلایل مختلف با استقبال چشم گیری در سرتاسر دنیا مواجه شده است که مهمترین آنها عبارت است از :

–کاهش هزینه های انتقال و توزیع

–رمان نصب کوتاه

–بهبود پروفیل ولتاژ

-ارتقاءبهره وری

البته تولید پراکنده مانند دیگر تکنولوژی ها دارای مشکلاتی نیز می باشداز قبیل:

- پیچیده کردن شبکه و ضرورت توسعه سیستم حفاظت
- پیچیده شدن بهره برداری و کنترل شبکه
- احتمال جزیره ای شدن

فصل دوم

معرفی انواع تکنولوژی

انواع تکنولوژی تولید پراکنده

۲-۱ مقدمه

اولین نیروگاه های احداث شده در دنیا از لحاظ نوع منبع به سه گروه عمده تقسیم می شوند :

آبی : (استفاده از انرژی آب جاری رودخانه ها یا آب ذخیره شده در مخازن سدها)

حرارتی:(استفاده از انرژی سوخت نظیر نفت ، گاز یا زغال سنگ)

و هسته ای (استفاده از انرژی اتمی) تا پایان قرن بیستم سایر تکنولوژی های تولید برق فرعی و غیر متداول محسوب می شدند . جدول(۲-۱) سهم هر یک از تکنولوژی های فوق را در تولید انرژی در سراسر دنیا تا پایان قرن اخیر نشان می دهد .

جدول(۲-۱) سهم تکنولوژی های مختلف در تولید انرژی در سراسر دنیا

منطقه / تکنولوژی	حرارتی	آبی	هسته‌ای	غیره / تجدیدپذیر	کل
آمریکای شمالی	۶۴۲	۱۷۶	۱۰۹	۱۸	۹۴۵
آمریکای مرکزی-جنوبی	۶۴	۱۱۲	۲	۳	۱۸۱
اروپای غربی	۳۵۳	۱۴۲	۱۲۸	۱۰	۶۳۳
اروپای شرقی-اتحاد جماهیر شوروی	۲۹۸	۸۰	۴۸	۰	۴۲۶
خاور میانه	۹۴	۴	۰	۰	۹۸
آفریقا	۷۳	۲۰	۲	۰	۹۵
آسیا و اقیانوسیه	۶۵۱	۱۶۰	۶۹	۴	۸۸۴
کل	۲/۱۷۵	۶۹۴	۳۵۸	۳۵	۳/۲۶۲
درصد	۶۶/۶	۲۱/۳	۱۱/۰	۱/۱	۱۰۰

نیروگاههای عظیم با توان بالا از هر یک از انواع فوق نیاز به اختصاص مکان مناسبی برای ساخت دارند که یافتن این مکان هم مشکلاتی به همراه دارد از قبیل اینکه نیروگاههای آبی باید در محدوده جغرافیایی مشخص بر سر راه رودخانه ای با دبی آب بالا ساخته شوند و یا اینکه نیروگاههای اتمی در محلی حفاظت شده و دور از مراکز تجمع ، با امنیت بالا احداث شوند . رساندن سوخت به نیروگاه های حرارتی نیز هزینه های را به روند کلی تولید برق تحمیل می کند که نزدیکی آنها به محل تامین سوخت ، این هزینه را کاهش می دهد . از طرف دیگر برای رساندن انرژی الکتریکی به مصرف کنندگان طراحی و احداث شبکه های حجیم انتقال و توزیع برق ضروری است که در مناطقی پراکنده و غیر متمرکز سرمایه گذاری قابل توجهی را می طلبد و برق تامین شده در محل مصرف را برقی پر هزینه و گران تبدیل می کند . در بسیاری از کشورها صنعت برق نیز همچون سایر صنایع از سرمایه بخش خصوصی بهره می گیرد . در ایران هم سمت و سوی برنامه ریزی ها در جهت خصوصی سازی و کاهش حجم دولت است .

با توجه به این واقعیت ، ضرورت توجه به تکنولوژی های دیگر تولید برق که بـه سـرمایه گـذاری کمتـری احتیاج داشته بازگشت سرمایه کوچکتری دارند- که هر دو از اولویت های مشـارکت بخـش خصوصـی در تامین مالی صنایع هستند - کاملا محسوس می باشد . بنابراین کاستن از حجم نیروگاه و بزرگی سطح تحت پوشش شبکه های برق رسانی می تواند به جذب سرمایه های خصوصی و دستیابی به اهداف برنامـه هـای توسعه یاری رساند .

از جمله تکنولوژی هایی که می توانند ما را برای رسیدن به این اهداف یاری کنند ، تکنولوژی هـایی ماننـد باد ، فتوولتائیک ، میکروتوربین و .... می باشد . به طور کلی مولدهای پراکنده را می توان به دو گروه تجدید پذیر و تجدید ناپذیر تقسیم کرد که هر یک از این گره ها به ترتیب در برگیرنده این سیستم ها هستند .

خورشیدی (فتوولتائیک و حرارتی) ، باد ، زمین گرمایی ، اقیانوس

موتورهای احتراق داخلی ، سیکل ترکیبی ، توربین احتراقی ، میکروتوربین ، و پیل سوختی

تولید پراکنده نباید با تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر همسان فرض شود چرا که مـی توانـد از منـابع پایـان پذیر نظیر سوخت های فسیلی برای تولید انرژی استفاده کند و حتی آلودگی محیطی نیـز بـه همـراه داشـته باشد . جدول (۲-۲) انواع مولدهای DG را همراه با محدوده توان تولیدی و نحوه ارتباط و اتصال سیستم به شبکه نشان می دهد .

جدل(۲-۲) : انواع مولد DG همراه با محدوده توان تولیدی و نحوه ارتباط و اتصال سیستم به شبکه

تکنولوژی	محدوده طرفیت نمونه	ارتباط با شبکه
خورشدی،فتوولتائیک	چند وات تا چند صد کیلووات	مبدلAC/DC
باد	چند صد وات ات چند مگاوات	ژنراتور آسنکرون
زمین گرمایی	چند صد کیلو وات تا چند مگاوات	ژنراتور آسنکرون
اقیانوس	چند صد کیلو وات تا چند مگاوات	ژنراتور سنکرون٤ قطبی
موتور احتراق داخلی	چند صد کیلو وات تا ده مگاوات	ژنراتور سنکرون با مبدل AC/AC
سیکل ترکیبی	چند ده مگاوات تا چند صد مگاوات	ژنراتور سنکرون
توربین احتراقی	چند مگاوات تا چند صد مگاوات	ژنراتور سنکرون
میکروتوربین	چند ده کیلو وات تا چند مگاوات	مبدلAC/AC
پیل سوختی	چند ده کیلو وات تا چند ده مگاوات	مبدلDC/AC

تولید پراکنده می تواند از دو گونه منبع انرژی معمول و تجدید ناپذیر انجام شود که البته لزوم توجه به مسائل زیست محیطی و تلاش برای کاهش تولید گازهای گلخانه ای ، انرژی های تجدید پذیر را در مرتبه بالاتری از اهمیت و توجه قرار داده است .

۲-۲ مولدهای پراکنده تجدید ناپذیر

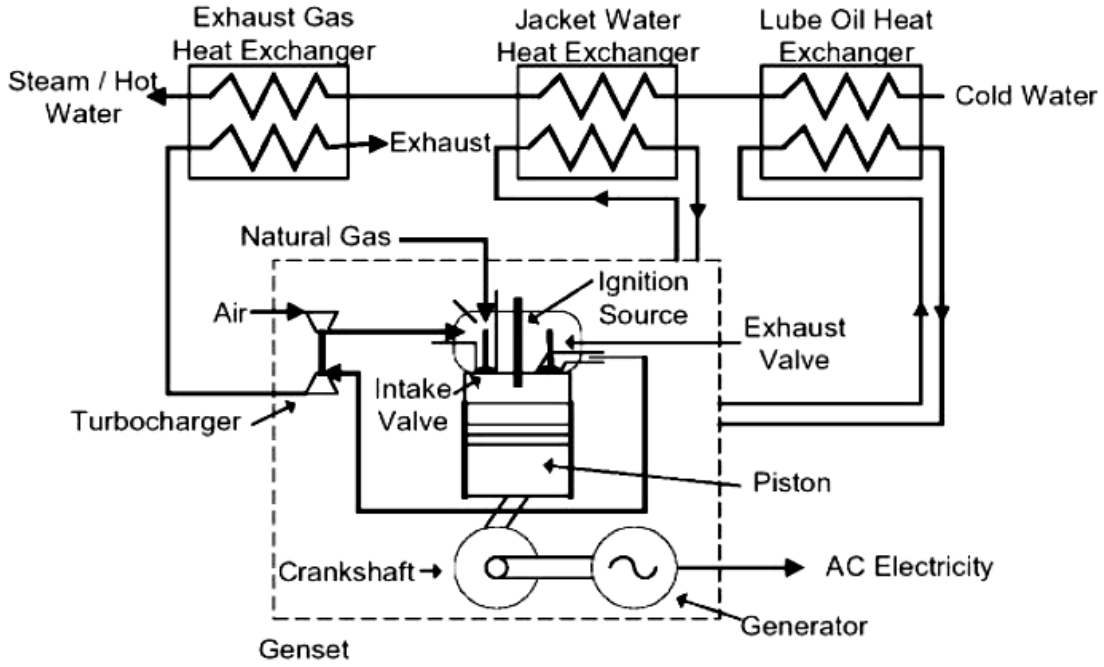
ظرفیت تولیدات پراکنده فسیلی در سال های اخیر حدود ۲۰GWبوده که تقریبا ۱۰ درصد کل ظرفیت نیروگاههای جهان می باشد که این مقدار با ظرفیت نیروگاههای هسته ای قابل مقایسه است. بیش از نیمی از این ظرفیت در حالت پشتیبان و رزرو قراردارد و نحوه استفاده آنها در ساعات اوج بار یا دائم کاری باشد . با توجه به منابع سوخت ارزان در ایران استفاده از نیروگاه های تولید پراکنده با سوخت فسیلی از نظر اقتصادی به صرفه می باشد .

مثلا موتور احتراق درونی دارای هزینه کلی کمتر نسبت به دیگر نیروگاههای تولید پراکنده اعم از تجدید پذیر و یا تجدیدناپذیر می باشد .

۲-۲-۱ موتورهای پیستونی (رفت و برگشتی)

ژنراتورهای کوچک تولید برق که با سوخت فسیلی کار می کنند غالبا به وسیله موتورهای پیستونی که از سوختهای گازوئیل ، بیوگاز یا گاز طبیعی استفاده می کنند ، برق تولید می کنند .

در موتورهای پیستونی یک قطعه متحرک به نام پیستون وجود دارد که در یک محفظه بسته به نام سیلندر حرکت رفت و برگشتی دارد . عامل این حرکت یک گاز است که در داخل خود سیلندر گرم می شد و یا خارج از محفظه سیلندر گرم می شود و پس از گرم شدن به داخل سیلندر فرستاده می شود . این نوع گاز باعث حرکت پیستون می شود . انرژی این حرکت بوسیله مولکولهای پر انرژی گاز داغ تامین می شود .



شکل(۲-۱) : موتورهای پیستونی

ساختمان موتورهای پیستونی : ساختار کلی موتورهای پیستونی مشابه یکدیگر است . لیکن بنا بر نحوه سوزاندن ماده سوختنی و یا نوع آن یکسری متعلقات آنها با یکدیگر فرق دارد . ساختمان کلی این موتورها متشکل است از یک سیستم برای تغذیه و کار بوراسیون سوخت ، یک سیستم به منظور خنک کاری موتور ، سیستم روغن کاری موتوری ، سیستم تنظیم ورود و خروج گازها یا سیستم سوپاپها ، سیستم مشتعل کننده و .... .

قطعات موتورهای پیستونی

سیلندر موتور : سیلندر به عنوان بدنه و ستون فقرات موتور است . تمامی قطعات را در وضعیت معین خود نگه می دارد و محفظه ای بسته ای را جهت پیستون و ورود و خروج گاز ها فراهم می آورد .

پیستون : عامل انتقال انرژی آزاد شده از مولکول های ماده سوختی است .

میل لنگ : باعث تبدیل حرکت رفت و برگشتی پیستون یا پیستون هابه حرکت چرخشی می شود .

مانیتولرها : مجاری ورودی هوا و یا خروج گاز ناشی از احتراق هستند .

سرسیلندر : محل قرار گیری برخی متعلقات مانندسوپاپها و نیز پوشاننده محفظه سیلندرها و متعلقات آنهاست.

چرخ لنگر یا فلاویل : یکنواختی سرعت میل لنگ و انتقال توان از وظایف چرخ لنگر است .

میل بادامک : کار زمان بندی سوپاپها را انجام می دهد .

موتورهای پیستونی از نقطه نظراینکه احتراق در کدام قسمت موتور رخ می دهد به دو دسته احتراق درونی و احتراق خارجی تقسیم می شوند .

موتور احتراق خارجی: در این موتورها که عموما موتورهای بخار نامیده می شوند از بخار آب به عنوان عامل محرک پیستون استفاده می شود . بدین صورت که ابتدا آب را در یک مخزن که به وسیله مواد سوختی حرارت داده میشود به جوش می آورند ، سپس این بخارهای حاصله از جوشیدن آب به وسیله یک لوله به محفظه سیلندر و بالاتر از پیستون انتقال داده می شوند . انرژی جنبشی مولکولهای بخار آب باعث حرکت پیستون به سمت پایین می شود . پس از رسیدن به پایین سیلندر یک وزنه تعادل و یا میل لنگ باعث برگشتن پیستون به نقطه بالای سیلندر می شود و این چرخه ادامه پیدا می کند .

علت نام گذاری این موتورها بدین دلیل است که بخار داغ به علت محترق شدن ماده سوختی در خارج از سیلندر موتور ایجاد می شود و توسط یک لوله به محفظه سیلندر منتقل می گردد .

موتور احتراق داخلی : ماده سوختنی را در داخل محفظه سیلندر محترق می کنند . این احتراق آنقدر سریع اتفاق می افتد که حالت انفجاری دارد . انرژی آزاد شده در این انفجار باعث اعمال نیرو روی پیستون و حرکت دادن آن می شود این حرکت پیستون (در موتورهای تک سیلندر) یا پیستون ها (در موتورهای چند سیلندر) بوسیله میل لنگ به حرکت چرخشی تبدیل می شود که برای انجام کار مفید مورد استفاده قرار می گیرد .

به طور کلی از این موتورها برای تولید انرژی الکتریکی در مقیاس کوچک استفاده می شود . در حال حاضر کاربرد این موتورها تنها به مناطق دور افتاده و سیستم های پشتیبانی مورد استفاده در بیمارستانها ، ساختمان های اداری و مراکز حساس محدود شده است .

سوخت مورد استفاده در این موتورها را گازوئیل ، نفت سنگین و گاز طبیعی تشکیل می دهد .

این موتورها خود به دو دسته کلی موتورهای اشتعال جرقه ای و دیزل تقسیم می شوند .

موتورهای اشتعال جرقه ای : در این موتورها پس از ورود مخلوط سوخت و هوا به داخل سیلندر از یک جرقه برای شعله ور ساختن آن استفاده می شود .

۲-۲-۲دیزل ژنراتور :

در این ماشین ها برای محترق ساختن سوخت از حرارت ایجاد شده به واسطه تراکم هوا استفاده می شود . دیزل کاربردی وسیعی در کلیه زمینهای صنعت وجود دارند و از قدیمی ترین محرک های مکانیکی به شمار می روند . از این رو تا قدرت معینی بی رقیب می باشند . اصولا دیزل ژنراتور تا قدرت ۲ الی ۳ مگاوات و به خصوص به عنوان دیزل ژنراتورهای اضطراری بیمارستان ها ، هتل ها ، و مناطقی که دارای مصرف محدود می باشند کاربرد گسترده ای دارند .

این ساده ترین نوع نیروگاه است که به راحتی نصب و راه اندازی می شود . اگر وقت صرف شده جهت نصب و راه اندازی یک واحد نیروگاه دیزلی رایک فرض کنیم ، نیروگاه گازی ۱۰ ، نیروگاه بخاری ۲۰ ، نیروگاه آبی ۹۰ واحد زمان لازم خواهد داشت .

در ایران نخستین نیروگاه ، یک واحد ٤۰۰ کیلوولتی دیزل بود که در سال ۱۲۸۵ شمسی در خیابان چراغ برق تهران (امیر کبیر) راه اندازی شد . دیزل ها نیز اصولاً از نظر طراحی به دو دسته تقسیم می شوند . دسته اول دیزل های تیپ V یا خور جینی هستند که در آنها آرایش سیلندرها به صورت حرف V هستند . این نوع دیزل به سبب نیاز به دقت بالا در تنظیم ، تعمیر و بالانس مکانیکی با استقبال خوبی در ایران مواجه نشده اند .

دسته دوم : دیزل های نوع I یا خطی هستند که محور کلیه سیلندرهای آن یکی است و با استقبال خوبی درایران مواجه شده اند و متخصصان ایرانی در زمینه بهره برداری ، نگه داری و تعمیرات آنها از تجارب بالایی برخوردار هستند .

کلیه دیزل ها از دیدگاه سرعت به سه دسته تقسیم می شوند . دسته اول دیزل های آبی پر دور هستند که دور دقیقه آنها معمولا از ۷۵۰ تا ۱۵۰۰ متغیر است . نسبت وزن به قدرت این نوع دیزل ها در قیاس با سایر گروههایی که معرفی می شوند کوچک است . و قیمت آنها نیز نسبت به سایر انواع کمتر است. سرعت راه اندازی و بارگیری این نوع دیزل ها از سایرانواع به مراتب بیشتر است

گروه دوم : دیزل های دور متوسط هستند که سرعت آنها حدوداً ٤۵۰ دور در دقیقه است.

گروه سوم نیز دیزل های کم دوری می باشند که دور آنها معمولا از ٤۰۰ دور در دقیقه کم تر است . قانون کلی حاکم بر دیزل ها این گونه است که هر چه دور دیزل کمتر باشد نسبت واحد وزن آن بیشتر است، قیمت آن بالاتر،مدت زمان رسیدن به بارکامل بیشتروقدرت آن افزایش می یابد امروزه حتی اگر نیروگاههای دیزلی را بخواهیم به طور کامل کنار بگذاریم ، باز هم استفاده از دیزل ژنراتور در نیروگاه ضروری است زمانی که شبکه سراسری Black out می شود ، برق اولیه به وسیله دیزل ژنراتور تامین می گردد که به نوبه خود توربین گازی را با برق ۳۸۰ ولت AC به عنوان Prime mover راه می اندازد توربین گازی به نوبه خود بار لازم را برای راه اندازی توربین بخار تامین می کند .

در ایران به منظور مولدهای تولید پراکنده موتورهای دیزلی و در کل موتورهای پیستونی کاربرد گسترده تری نسبت به انواع دیگر دارند شاید یکی از دلایل این امر نرخ سرمایه گذاری پائین آن باشد البته موتور پیستونی دارای مزایای دیگری نیز می باشد که این موتور را در امر تولید پراکنده با سوخت فسیلی لااقل در ایران پیشگام نموده است درجدول(۲-۳) مزایاو معایب این موتورها به اختصار آمده است. همچنین برخی خصوصیات این موتورها در جدول(۲-٤) قابل بررسی است .

جدول(۲-۳):مزایا و معایب موتور های پیستونی

موتور پیستونی	
معایب	مزایا
تولید گاز های آلاینده	کار با سوخت های ارزان
سرو صدا	راندمان نسبتاً خوب(بالاتر از ٤٥ درصد)
احتیاج به تعمیرات دوره ای	راه اندازی سریع
	قابلیت انعطاف بالا نسبت به سوخت های مختلف
	نیاز به فشار گاز کم

جدول(۲-٤): خصوصیات موتور پیستونی

خصوصیات موتور پیستونی	
بله	دردسترس بودن
6/5kwتا0/5 Kw	محدوده کارکرد
گاز طبیعی،گازوئیل،نفت،بیو گاز	سوخت
۲۵تا٤٥ درصد(بسته به اندازه اش)	راندمان
تولید گاز NOx,CO	زیست محیطی

۲-۲-۳پیل های سوختی

پیل های سوختی یکی از فناوریهای تبدیل انرژی شیمیایی سوختهای فسیلی به برق می باشند که به عنوان محصولات جانبی آب و گرما تولید می کنند . یک نیروگاه پیل سوختی در حقیقت یک سلول الکتروشیمیایی است که به طور مداوم انرژی شیمیایی یک سوخت (و یک اکسیدکننده) را به انرژی الکتریکی تبدیل میکند. تفاوت اصلی یک پیل سوختی با یک باطری این است که باطریها پس از تامین انرژی ، نیاز به شارژ مجدد دارند ، ولی پیل سوختی با تامین مواد اولیه آن ، می تواند به طور متداوم انرژی تولید نماید.

پیل های سوختی به دو دسته کلی دما بالا و دما پایین تقسیم می شوند . پیلهای دما بالا گرمای اضافی با درجه حرارت بالا تولید می کنند که می تواند در فرایند تولید همزمان استفاده شوند . پیل های بالا دارای عملکرد ساده و راندمان بالا هستند و میزان انرژی تولید آنها با افزایش دما افزایش می یابد . دمای بالای مورد نیاز برای عملکرد این پیلها باعث می شود که راه اندازی سریع این پیلها ممکن نباشد پیلهای دما بالا که بیشترین کاربرد را دارا می باشند عبارتند از پیل سوختی کربن مذاب mcfc و پیل سوختی اکسید جامد

sofc پیلهای دما پایین عموما در دمای کمتر از ۲۵۰ درجه سانتیگراد کار می کنند . دمای پایین این پیلها امکان پردازش داخلی سوخت را نمی کنند . بنابراین لازم است که سوخت از یک منبع خارجی تامین گردد. با توجه به پایین بودن دمای عملکرد این پیلها ، امکان راه اندازی سریع برای این پیلها وجود دارد.

بارزترین انواع پیلهای دما پایین عبارتند از : پیل سوختی قلیایی AFC ، پیل سوختی اسید فسفریکیPAFC و پیل سوختی غشاء پلیمری PEM . به خاطر دمای عملکرد پایین(۱۰۰-۸۰) درجه سانتیگراد و نیز راه اندازی سریع ، پیلهای سوختی PEM بهترین گزینه برای مصارف خانگی است .

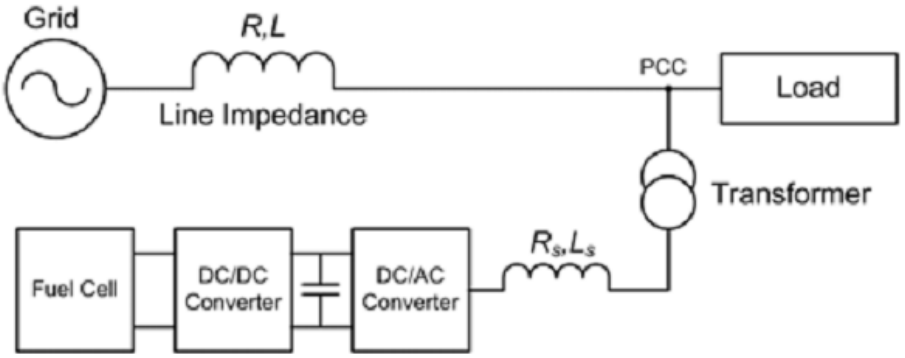
پیل سوختی از دو الکترود و یک التکرولیت مابین آنها تشکیل شده است . اکسیژن بر روی کاتد و هیدروژن بر روی آند حرکت نموده و پس از واکنش الکتروشیمیایی تولید الکتریسته می نمایند . به عنوان مثال در پیل های سوختی نوع پلمیری PEM با استفاده از یک کاتالیست اتم های هیدروژن به یونهای هیدروژن و الکترون شکسته می شوند . یونهای هیدروژن به سطح غشاء نفوذ کرده و به سمت کاتد می روند ، اما الکترون های جدا شده قادر به عبور از این غشاء نبوده مجبور به طی یک مدار خارجی می باشند این امر سبب تولید جریان برق می گردد. در کاتد الکترون ها ،یونهای هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب شده و مولکول آب تشکیل می گردد.

نیروگاههای قدرت پیل سوختی بابوجود آمدن بحث تجدید ساختار در صنعت برق و رقابتی شدن بازار برق در آینده سهم بزرگی را در تولید توان خواهد داشت پیلهای سوختی ، منابع ولتاژ dc هستند که از طریق مبدل های dc/ac به شبکه منتقل می شوند . منابع تولید پراکنده از طریق اینورتورهای سه فاز به شبکه توزیع متصل می شوند از طریق کنترل اینورتر می توان اکتیو و هم توان را کتیو را کنترل کرد . یکی از دلایل اصلی جهت به کارگیری تولید پراکنده پیل سوختی در سیستم توزیع ، تامین توان بار می باشد . معمولا از ابر خازنی و یا باتری ها جهت جبران سازی تغییرات سریع توان بار در حالتهای گذار به همراه منابع پیل سوختی استفاده می شود .

بر اساس برنامه ریزی موجود در سیستم دقتر می توان بخشی از توان بارهای مصرفی در حالت میکرو شبکه را از طریق واحد تولید پراکنده تولید کرد و یا در حالت منفصل از شبکه ، تمامی توان بار را تامین کند . در حالتهای متصل به شبکه بایستی بر اساس توان مصرفی از طرف بار ، میزان توانی که بایستی توسط واحد تولید پراکنده تولید شود را به طور صحیحی تعیین کرد . در بازارهای برق تجدید ساختار یافته معمولا واحدهای برنامه ریزی در سیستم های قدرت مهم توان مربوط به شبکه را تعیین می کنند و براساس میزان توان تولید شده از طرف شبکه ، میزان تولید توان واحد تولید پراکنده بایستی تعیین گردد از اینرو بایستی استراتژی کنترل مناسبی جهت سیستم تولید پراکنده پیل سوختی طراحی گردد تا بتواند جهت تامین توان در خواستی از طرف بار بین شبکه اصلی و سیستم تولید پراکنده هماهنگیهای لازم را بر آورده نماید .

سیستم های تولید پراکنده پیل سوختی

در این قسمت به معرفی سیستم تولید پراکنده پیل سوختی پرداخته می شود . اینگونه از سیستم ها در سطح سیستم توزیع جهت تقویت شبکه افزایش قابلیت اطمینان وعدم نیاز به توسعه شبکه ، می توانند قرار بگیرند. در شکل (۲-۲) ساختار سیستم تولید پراکنده ترکیبی پیل سوختی نشان داده شده است .



شکل(۲-۲): ساختار سیستم تولید پراکنده ترکیبی پیل سوختی

همانطور که مشاهده می شود ،اجزای اصلی این سیستم شامل پیل سوختی از نوع PEM ، ذخیره ساز انرژی، مبدل های توان DC/DC و DC/AC می باشد .

۲-۲-٤ توربین های گازی

سهولت درنصب و راه اندازی توربین گازی و وفور منابع گاز طبیعی و ارزانی نسبی آن ، افزایش تقاضا را در این زمینه موجب شده است ولی بازده توربین گازی به تنهایی به مراتب کمتر از نیروگاه های بخاری نفت سوز یا زغال سنگ می باشد . دلیل اصلی این امر خروج گازهای حاصل از احتراق در دمای بالا از اگزوز توربین می باشد . به همین دلیل تغییرات گوناگونی در طراحی توربین گاز ایجاد شده و بدون اینکه از جذابیت سیستم کاسته شود ، افزایش بازده سیستم را در پی داشته است . با وجود این بازده واقعی دستگاه به شدت تابع دمای هوای ورودی به کمپرسور(بخصوص در نواحی مرطوب و گرمسیری و داغ بدون آب) می باشد . بالا بودن دمای محیط باعث محدودیت جرم هوای ورودی به کمپرسور شده در نتیجه کاهش توان خروجی توربین را به دنبال خواهد داشت.

اجزای نیروگاه شامل توربین ، کمپرسور ، محفظه احتراق و ژنراتور می باشد. توربینهای گاز در دو مدل یک یا دو محوری طراحی می شوند .درمدل دو محوری دو توربین (توربین فشار پایین و توربین فشار بالا) در سرعت متفاوتی در حال چرخش است.

دو نوع مختلف از توربین های گازی وجود دارد.

جریان محوری[1] و جریان شعاعی[2] .

[1] Axial flow

توربین های گازی جریان شعاعی شبیه یک کمپرسور سانتریفوژ هستند، با این تفاوت کـه جریـان گـاز بـه جای خارج شدن به صورت شعاعی وارد می شود . این توربین ها به صورت گسترده در اندازه های کوچک با کمپرسور سانتریفوژ به صورت یکپارچه ساخته می شوند . چنـین ترکیبـی بـرای Turbo chatgers بـه صورت موتور دیزلی معرفی ساخته شده اند .

این توربین ها برای گاز با فشار بالا برای دستیابی به راندمان خوب مناسب نیستند .

توربین های گازی جریان محوری در اندازه های بزرگ ساخته می شوند . طبقات توربین های گاز نیز شـبیه توربین های بخار است تعداد طبقات در توربین گازی با سوخت فسیلی کم اسـت . در صـورتی کـه تعـداد طبقات در توربین گازی با سوخت هلیم زیاد است .

توربین های گازی دارای مزایا و معایبی می باشند که در ذیل به آنها اشاره می گردد.

مزایا :

۱- در مقایسه با نیروگاه ها و توربینهای بخار و کل سیستم آن دارای اندازه کوچک و مواد مصرفی و هزینـه اولیه کم هستند .

۲- دارای زمان راه اندازی کوتاه بوده و سریع وارد مدار می شوند و در دسترس قرار می گیرند (قابل کنترل از راه دور هستند)

۳- انعطاف زیاد در رابطه با چگونگی استفاده از هوای فشرده و انواع سوختهای مایع و گاز دارند .

٤- آلودگی محیطی کمتری دارند (در قیاس با دیگر تکنولوژیهای سوخت فسیلی)

۵- اکثر توربین های گازی با هوا خنک می شوند و در نتیجه نیاز به آب و تصفیه خانه ندارند .

عیب اصلی نیروگاه های گازی در عدم استفاده گسترده باردهی سیستم برای این نیروگاه هاست . پائین بودن راندمان چرخه (سیکل) این نیروگاه ها، نیاز به سیکل ترکیبی برای بالا بردن رانـدمان را امـری قابـل توجـه کرده است . عیب دیگر این نیروگاه ، این است که سازگاری در استفاده از سوختهای جامد را ندارند .

انتظار نمی رود که طول مدت استفاده از نیروگاه گازی به طور on line بیشـتر از ۲۰۰۰-۱۰۰۰ سـاعت در سال باشد . علاوه بر این برای استفاده از آنها در ساعت پک بار نیاز به وجود سیستم مجهز نیروگاه بخار در کنار سیستم باشد .

۲-۲-۵ میکروتوربین ها

میکروتوربین ها ، توربین های گازی کوچکی هستند که سوخت مایع یا گاز را می سوزانند تـا یـک جریـان گاز پر انرژی را جهت چرخاندن شفت ژنراتور الکتریکی در سرعت بالا (در دور چنـدین ده هـزار دور در دقیقه) تولید نمایند .

---

[۲] Radial flow

میکروتوربین ها معمولا دارای یک بخش بهبود ساز[1] مـی باشـند . بهبـود سـازی باعـث افـزایش رانـدمان میکروتوربین می گردد .درمیکروتوربین های معمولی هوای وردی در یک کمپرسور شعاعی (گریز از مرکز) فشرده می شود .

سپس این هوای فشرده در بخش بهبود ساز و با استفاده از گرمای گاز خروجی توربین کمی گرم می شود . هوای گرم شده در بخش بهبود ساز به محفظه احتراق می رود و در آنجا بـا سـوخت مخلـوط شـده و ایـن مخلوط سوزانده می شود . در واقع در محفظه احتراق هوا با گاز مخلوط می شـود و احتـراق ایـن مخلـوط باعث ایجاد گاز گرمی می گردد که این گاز از دهانه توربین می گذرد و انرژی حرارتی گاز گرم را به انرژی مکانیکی چرخشی توربین تبدیل می کند. توربین، کمپرسور و ژنراتور را می چرخاند و انـرژی مکـانیکی در ژنراتور به انرژی الکتریکی تبدیل می شود. میکروتوربین ها سیستم ها ی نسبتا ساده ای هستند ،کـه معمـولا تنها دارای یک جزء متحرک می باشند.

این جزء متحرک یک شافت سرعت بالاست، که کمپرسور، چرخ توربین و ژنراتور را تحمل مـی کنـد. ایـن شافت به جای سوار شدن بر روی یاتاقان روغن کاری شده که در اکثر توربین های احتراقی مـورد اسـتفاده قرار می گیرد ، بر روی یاتاقان هوایی سوار شده است . این امر باعث کاهش هزینـه تعمیـرات و پیچیـدگی فنی می گردد . البته میکروتوربین ها به طور کلی دارای دو نوع تک شافتی و دو شافتی می باشـند . لازم بـه ذکر است که اکثر میکرو توربین ها از نوع تک شافتی هستند و در آنها از ژنراتور فرکانس بالا که تکنولـوژی های جدیدی هستند ، استفاده می گردد .

ظرفیت این نوع موتورها معمولا از ۳۰ تا ۱۰۰ کیلووات می باشد . برای دستیابی به توانهای بالاتر گـاهی بـا سری کردن تعدادی از میکروتوربین ها به ظرفیت بالاتری نیز می توان دست یافت .

سیستم میکروتوربین بر اساس مصرف و تولید انرژی شامل ۳ نوع می باشد که به طور خلاصه در زیر شرح داده شده اند :

۱- میکروتوربین های دارای رکوپراتور : به دلیل استفاده از گرمای خروجی اگزوز توربین ، دارای بازده بیشتری می باشند .

۲- میکروتوربین های بدون رکوپراتور (دارای سیکل ساده) : دارای بازدهی کمتـری هسـتند . امـا در مقابل دارای قیمت پائین تری نیز می باشند .

۳- میکروتوربین ها بر اساس سیستم تولید همزمان (CHP)

یکی از مهم ترین مزیت های میکروتوربین ها سادگی ساختار و کوچکی ابعاد آنهـا مـی باشـد . در زیـر بـه دیگر مزیت های میکروتوربین ها مختصرا اشاره ای گردیده است .

[1] Reduparator

۱- گرمای خروجی قابل توجه اگزوز آنها که می تواند برای تولید گرما در محل ، به صورت همزمان با انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار گیرد .
۲- نویز و سر و صدا پایین
۳- قابل استفاده از چندین سوخت
٤- پایین بودن تعداد بخشهای متحرک
٥- سیستم خنک کننده هوایی که نیاز به آب و پمپهای آب جهت خنک کاری را حذف می کند.
٦- نداشتن چرخ دنده و تسمه در سیستم میکروتوربین ها
۷- سیستم کنترل احتراقی مناسب که باعث کنترل آلودگی می شود .

استفاده از میکروتوربین ها مشکلات فنی و غیر فنی نیز به همراه دارند :

۱- داشتن راندمان پایین نسبت به یک موتور پیستونی
۲- پایین آمدن راندمان دربارهای جزئی
۳- عدم امکان سوزاندن سوختهای با ارزش گرمایی پایینتر بسته به نوع توربین
٤- احتیاج به داشتن پرسنل متخصص جهت تعمیر و نگه داری نسبت به موتورهای پیستونی
٥- گرانتر بودن نسبت به موتور دیزلی

میکروتوربین ها اغلب برای مکانهای تجاری و ساختمان های بزرگ مانند هتل ها ، مراکز آموزشی و اداری مورد استفاده قرار می گیرند . به گونه ای که تا کنون شرکت ، capstone ، ۲٤۰۰ توربین برای مصرف کنندگان تولید کرده است .

۲-۳ مولدهای تولید پراکنده با منابع انرژی تجدید پذیر و ویژگیهای آنها

پیشرفت و توسعه جوامع صنعتی در مقیاس وسیع با استفاده از انرژی میسر شده است و انرژی، ابزاری سیاسی و اقتصادی است که امنیت کشورها به آن وابسته است . آلودگی محیط زیست در اثر احتراق سوختهای فسیلی و شتاب فزاینده در جهت به پایان بردن و فنا پذیربودن منابع فسیلی ، گرایش به استفاده از انرژی های تجدید پذیر را سرعت بخشیده و روز به روز توجه بیشتری را به خود معطوف می کند . مهمترین عامل تعیین کننده در این رهگذر ، صرفه جویی در زمان است .

ایران با داشتن منابع بسیار غنی در زمینه انرژی های تجدید پذیر ، مستعد به کارگیری بهینه اینگونه انرژی ها بوده و در برنامه ریزی ها و سیاست گذاریهای کشور ، بایستی جایگاه ویژه ای را برای اختصاص داد . پیشرفت علم و تکنولوژی های مربوط به استفاده از انرژی های تجدید پذیر در جهان نیاز به تحقیق و بررسی های فراوان در این ارتباط و افزایش سقف انرژی تجدید پذیر در سبد انرژی کشور وجود دارد . این بررسی ها با توجه به دلایل مختلف لزوم استفاده از این منابع با توجه به بحث های اقتصادی شامل قیمت

برق تولیدی از منابع و سوخت های مختلف صورت می گیرد . در این میان بایستی تحلیل جامع صورت گیرد که با استفاده از کدامیک از این روش ها می توان بهترین صرفه جویی اقتصادی را نمود . این تحلیلها از آنجاییکه یکی از مهمترین اهداف استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر ، کاهش هزینه هاست ، موردتوجه بسیاری است.

استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در شبکه های توزیع انرژی با عنوان منابع تولید پراکنده برای بارهای مصرفی پراکنده و کم در مناطق دور افتاده نظیر روستاهای دور افتاده و جزایر کم جمعیت می تواند راه کار مناسبی جهت کاهش هزینه های اقتصادی ، کاهش آلودگی محیطی و افزایش بهره وری انرژی گردد .

منابع انرژی تجدید پذیر که از جریان تکراری یا پیوسته انرژی که از محیط زیست به طور طبیعی اتفاق می افتد بدست می آید . دارای مزایای بیشمار و بسیار مفیدی هستند که عبارتند از :

۱- منابع انرژی تجدید پذیر عمر طولانی و چرخه های طبیعی داشته و بر خلاف منابع انرژی تجدید ناپذیر نظیر سوختهای فسیلی حتی احتمال پایان این منابع نیز وجود ندارد . و این مسئله تداوم مصرف انرژی را برای نسلهای بعد تضمین می کند .

۲- منابع انرژی تجدید پذیر بخصوص انرژی باد و خورشید بدلیل فراوانی و امکانات مناسب جغرافیایی دارای قابلیت های بالایی در تولید انرژی هستند و استفاده از آنها می تواند موجب صرفه جویی در مصرف سوختهای فسیلی گردد .

۳- استفاده منحصر به فرد نیروگاه هایی با سوخت فسیلی، موجب ایجاد تمرکز در مناطق تولید انرژی خواهد شد ولی با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر براحتی می توان در هر محل با شرایط جغرافیایی مناسب اقدام به تولید انرژی نمود و این امر تولید غیر متمرکز انرژی را در مناطق با جمعیت کم و پراکنده نظیر روستاها و جزایر میسر می سازد .

٤- منابع انرژی تجدید پذیر بر خلاف سوختهای فسیلی دارای ویژگی عدم تولید آلاینده های مختلف بوده و در صورت استفاده از این منابع کاهش آلودگی محیط زیست میسر می گردد .

۵- استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در کنار ایجاد مشاغل مختلف و اشتغال زایی می تواند موجب بهبود مدیریت مصرف بار در شبکه برق شده و در ساعات پر مصرف شبکه برای یاری رساندن به توان تولیدی نیروگاه ها و کاستن از اضافه بار دار شدن آنها مورد استفاده قرار گیرد .

بررسی تمامی موارد فوق گاهی بر افزایش بهره وری انرژی همزمان با کاهش هزینه ها و نیز بهبود کیفیت آن در صورت استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر است . با این وجود استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر در کنار مزایای بیشمار دارای محدودیتهایی نیز است که عبارتند از :

۱- با وجود هزینه های تعمیر و نگه داری پایین منابع انرژی تجدید پذیر به دلیل هزینه های بالای سرمایه گذاری اولیه استفاده از این منابع انرژی گرانتر از سایر منابع انرژی به نظر می رسد .

۲- استفاده از این منابع با محدودیتهای مکانی و زمانی همراه بوده و مثلا برای استفاده از انرژی باد ، توربین های بادی بایستی در محلهایی با سرعت بادکافی و دائمی درتمام طول سال نصب شوند . بطوریکه مینیم سرعت باد در منطقه برای بحرکت در آوردن پره ها و تولید انرژی کفایت کند و یا سلولهای خورشیدی بایستی در مناطقی با حرارت و نور زیاد خورشید نصب گردند .

دلایل عمده تلاش در جهت استفاده از منابع انرژی های تجدید پذیر را می توان در عوامل زیر برشمرد:

۱- کاهش طول عمر منابع انرژی فسیلی در کنار عواملی همچون افزایش جمعیت و رشد اقتصادی ، نیاز به پیدا کردن جایگزینی برای آن را از هم اکنون ضروری می سازد و اگر کوتاهی در این زمینه رخ دهد ، با مشکلات زیادی در آینده نه چندان دور مواجه خواهیم شد. برای این منظور بایستی از هم اکنون به فکر جایگزین کردن یک منبع جدید به جای منابع موجود باشیم .

۲- افزایش آلودگی هوا و محیط زیست که با استفاده بیش از پیش از منابع سوختهای فسیلی و انتشار انواع گازهای آلاینده به وجود آمده است و نیاز برای یک جایگزین برای این سوختها به منظور کاهش آلودگی هوا ضروری می باشد .

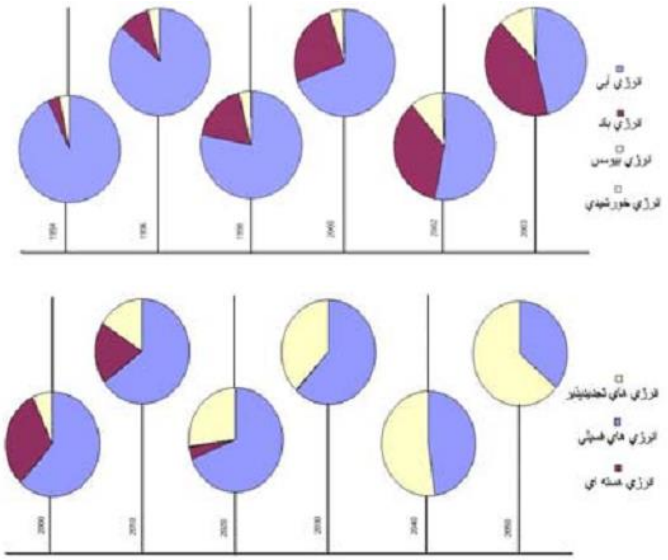
۳- توجیه اقتصادی که با عنایت به قیمتهای ایجاد و احداث نیروگاه ها با سوختهای تجدید پذیر و فسیلی و قیمت برق تولیدی آنها نشان دهنده لزوم استفاده از این منابع برای کاهش هزینه های مطرح است .

استفاده گسترده تر از منابع انرژی تجدید پذیر را در طول سالهای آینده شاهد خواهیم بود . محدودیتهایی در این میان وجود دارند که بیشمار و پیچیده بوده و گوناگونی منابع تجدید پذیر و مشکلات فنی هر یک بر این محدودیتها افزوده است .

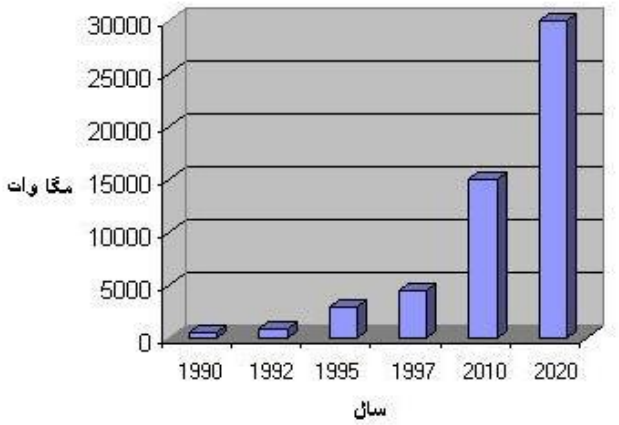
هر چند این موضوع در کشور ما بسیار شدید به چشم می خورد ولی در کشورهای اروپایی و آمریکایی با گذشت زمان استفاده از سیستم های تولید پراکنده با منابع تجدید پذیر بیشتر رواج می یابد . میزان تولید انرژی برق ایران از نیروگاههای مختلف در حال حاضر در شکل (۲-۳) دیده می شود . کاربرد گسترده از منابع انرژی تجدید پذیر در بازارهای انرژی در آینده ای دور انجام خواهد شد . ولی مهمترین نکته در این میان سرعت این تحول می باشد . بطوریکه کمیته مطالعاتی شورای جهانی انرژی سال ۲۰۲۰ را به عنوان نقطه به نتیجه رسیدن برنامه ریزی ها و سیاست های این کمیته در جهت ترغیب برای استفاده از این منابع اعلام نموده است . به عنوان مثال روند برنامه ریزی برای افزایش سهم استفاده از منابع انرژی های تجدید پذیر در کشورهای اروپایی و میزان هر یک از این منابع در شکل (۲-٤) دیده می شود .برای مقایسه میزان

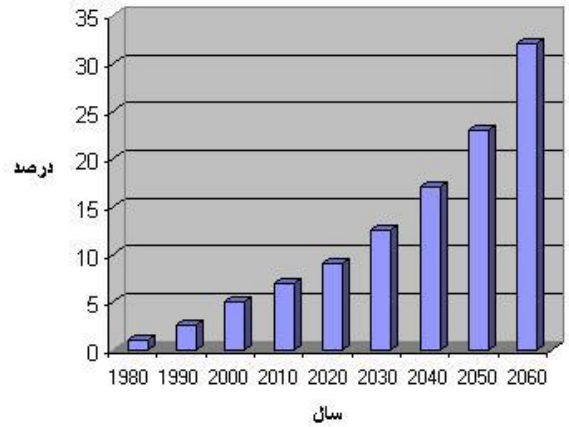
استفاده ایران و سایر کشورها از میزان انرژی های تجدید پذیر ، میزان انـرژی تولیـدی از طریـق توربینهـای بادی نصب شده برای ایران و اروپا در حال حاضر و در آینده در شکل (۲-۵) آورده شـده و بیـانگر برنامـه ریزی تولید انرژی از این روش در آینده است .

شکل(۲-۳): میزان تولید انرژی برق ایران از نیروگاههای مختلف



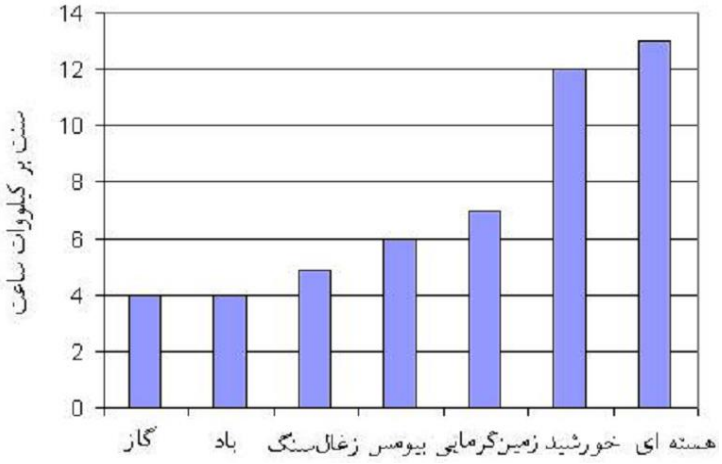
شکل(۲-٤): روند برنامه ریزی برای افزایش سهم استفاده از منابع انرژی های تجدید پذیر در کشورهای اروپایی





شکل(۲-۵) میزان انرژی تولیدی حال و آینده از انرژی باد در ایران (بالا)و اروپا (پایین)

بررسی ها به عمل آمده حاکی از آن هستند که در میان منابع انرژی های تجدید پذیر ، استفاده از انرژی باد ، کم هزینه ترین و انرژی خورشیدی گران ترین روش می باشد که نتایج این بررسی در شکل(۲-٦) دیده می شود .



شکل(۲-٦):مقایسه تکنولوژی های تولید پراکنده از لحاظ هزینه

۲-۳-۱ انرژی خورشیدی

خورشید سرچشمه عظیم و بیکران انرژی است که حیات زمین بدان بستگی دارد و همه دیگر انـواع انـرژی نیز به گونه ای از آن نشات گرفته اند . این انرژی نتیجه فرایند پیوسته همجوش هسته ای در خورشید است . در هر ثانیه ۲,٤ میلیون تن از جرم خورشید با حرارتی معادل ۱۰ تا ١٤ میلیون درجه سـانتیگراد بـه انـرژی تبدیل شده و با حرارتی نزدیک به ٥٦۰۰ درجه به صورت امواج الکترومغناطیس در فضا منتشر مـی شـود . اگر فقط یک درصد از صحراهای جهان با نیروگاه حرارتی خورشیدی به کار گرفته شوند ، برق مـورد نیـاز جهان تامین خواهد شد . هم اکنون شش شیوه تولید برق از نور خورشید، شناخته شده است که عبارتند از : آیینه سهمی گون ، دریافت کننده مرکزی ، آیینه های شلجمی (بشقابی ، استرلینگ) ، دودکـش خورشـیدی، استخر خورشیدی و سلولهای نوری (فتوولتائی).

تولید برق توسط سیکلهای ترکیبی – پیوندی (استفاده از سوخت فسیلی و انرژی خورشـیدی) نیـز مراحـل مطالعات امکان سنجی را پشت سر می گذارد . تقریبا ۸۰ درصد از الکتریسـیته خورشـیدی توسـط نیروگـاه حرارتی – خورشیدی و ۲۰ درصد بقیه به وسیله نیروگاه برق نوری (فتوولتائیک) تولید می شود .

تولید الکتریسته از چند وات تا به اندازه یک نیروگاه معمولی توسط فن آوریهای برق خورشیدی امکان پذیر است . پیشرفت فن آوری هـای بـرق خوشـیدی در نتیجـه فعالیـت هـای تحقیقـاتی ، امکـان رقابـت بـرق خورشیدی را با سایر روشهای تولید برق پدید خواهد آورد . تولید و مصرف بـرق خورشـیدی نقـش قابـل توجهی در کاهش انتشار دی اکسید کربن ایفا خواهد کرد .

-روش های تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی الکتریکی

با استفاده از تکنولوژی های خاص، انرژی حاصل از نور خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. این تکنولوژی ها را به دو دسته می توان تقسیم کرد

۱- سیستم های گرمایی خورشیدی: که از نور متمرکز شده خورشید برای گرم کردن مایعی که بخار آن یک توربین را به حرکت در می آورد، استفاده می کند

۲- سیستم فتوولتائی (PV)که عموماً تجهیزاتی جامد و بی حرکت هستند (جز در مورد انواع مجهز به سیستم ردیابی خورشید)

-نیروگاه حرارتی خورشیدی

نیروگاههای حرارتی خورشیدی از تابش مستقیم خورشید (DNI) استفاده می کنند. این بخش از تابش خورشید توسط ابرها، دود یا گرد و غبار منحرف می شود. بنابراین، نیروگاههای حرارتی- خورشیدی باید در مناطقی که از تابش مناسب خورشید برخوردار هستند ساخته شوند. سایتهای مناسب برای ساخت نیروگاههای خورشیدی از تابش خورشید ۲۰۰۰ کیلوات ساعت بر هر متر مربع($\frac{kwh}{m^2}$) سالانه برخوردار

هستند، مناطق مناسب تر جهت احداث این نوع نیروگاهها از تابشی بیش از ۲۸۰۰ کیلوات ساعت بر هر متر مربع($\frac{kwh}{m^2}$) سالانه برخوردار هستند. به طور معمول نقاطی برای این سایتها مناسب هستند که آب و هوا و گیاهان منطقه رطوبت و گرد وغبار زیادی را در اتمسفر ایجاد نمی کنند مانند استپها، بوته زار، صحراهای نیمه خشک و صحراها که به طور معمول در عرض جغرافیایی شمال یا جنوب کمتر از ٤٠ درجه قرار دارند. در بسیاری از مناطق جهان می توان با استفاده از تکنولوژیهای حرارتی–خورشیدی در مساحت یک کیلو متر مربع از زمین، ۱۰۰ الی ۳۰۰ گیگاوات ساعت الکتریسیته خورشیدی تولید نمود. این مقدار معادل تولید سالانه نیروگاههای متداول فسیلی، زغال سنگ یا گازی با ظرفیت ۵۰ مگاوات در بار متوسط است.

یک نیروگاه خورشیدی شامل تاسیساتی است که انرژی تابشی خورشید را جمع کرده و با متمرکز کردن آن، درجه حرارتهای بالا ایجاد می کند. انرژی جمع آوری شده از طریق مبدلهای حرارتی، توربین ژنراتورها و یا موتورهای بخار به انرژی الکتریکی تبدیل خواهد شد. نیروگاه های خورشیدی بر اساس نوع متمرکز کننده ها به سه دسته تقسیم می شوند:

۱–نیروگاه سهموی خطی[1]

نیروگاههای حرارتی خورشیدی از نوع سیستم کلکتور سهموی خطی شامل ردیفهای موازی و طولانی از متمرکز کننده ها می باشد. بخش متمرکز کننده شامل سطوح انعکاسی سهموی است که از جنس آینه های شیشه ای میباشند و روی یک سازه نگهدارنده قرار میگیرند. دریافت کننده انرژی شامل لوله های جاذب استوانه ای شکل با پوشش انتخابی هستند که بوسیله شیشه پیرکس پوشانده میشوند و در طول خط کانونی قرار میگیرند.

بخش دریافت کننده در قسمتهای انتهایی روی دو تکیه گاه قرار گرفته اند که این مجموعه روی تیرکهای اصلی سازه سوار است. سیستم ردیابی در این دستگاهها تک محوره بوده و ردیابی خورشید از شرق به غرب بر روی تک محور دورانی انجام میگیرد بگونه ای که پرتوهای خورشیدی در تمام مدت ردیابی بر روی لوله های جذب کننده کانونی میشوند. یک سیال انتقال حرارت، بطور مشخص روغن، در دمای بیش از ٤۰۰ درجه سانتیگراد از میان لوله های جاذب در جریان میباشد و روغن داغ در مبدلهای حرارتی، آب را به بخار تبدیل میکند و بخار داغ فوق طی سیکل رانکین از توربین و ژنراتور انرژی الکتریکی تولید می کند.

[1] Parabolic Trough Concentrator

۲- نیروگاه دریافت کننده مرکزی[1]

نیروگاه حرارتی خورشیدی از نوع برج دریافت کننده مرکزی با متمرکز نمودن پرتوهای تابش خورشید روی برج دریافت کننده انرژی الکتریکی تولید میکنند. این سیستم از مجموعه ای از آینه ها که هر یک بطور جداگانه خورشید را ردیابی میکنند تشکیل شده تعداد این آینه ها در یک نیروگاه به صدها و هزاران عدد میرسد که هلیوستات نامیده میشوند. سطوح متمرکز کننده طوری تنظیم میشود که همواره پرتوها را روی دریافت کننده ثابتی که همان برج مرکزی است منعکس کنند.

۳- نیروگاه دیش استرلینگ[2]

موتور استرلینگ موتورهای گرما- کاری هستند که حرارت را تبدیل به جنبش می کنند ونسبت به موتور بنزینی و دیزلی کارآیی بیشتری دارند. امروزه چنین موتورهایی برای موردهای خاص استفاده می شوند. موتورهای استرلینگ از چرخه استرلینگ استفاده می کنند که با چرخه های استفاده شده درموتورهای احتراق داخلی متفاوت است. چرخه استرلینگ از یک منبع حرارتی خارجی که مانند بنزین، انرژی خورشیدی یا گازهای بیومس استفاده می کند و هیچ احتراقی داخل سیلندرهای موتور رخ نمی دهد . برای تامین انرژی مورد نیاز این موتور از یک دیش منعکس کننده استفاده می شود. این دیش انرژی حرارتی خورشید را مستقیما به روی موتور منعکس می کند و موتور شروع به تولید برق می کند.

۲- سیستم فتوولتائیک

به پدیده ای که در اثر آن و بدون استفاده از مکانیزم های مکانیکی انرژی تابشی به انرژی الکتریکی تبدیل شود ، پدیده فتوولتائیک می گویند. در واقع این پدیده از فرضیه ذره ای بودن انرژی تابشی بنا نهاده شده است. هر سیستمی نیز که از این خاصیت استفاده نماید را سیستم فتوولتائیک گویند. سیستم فتوولتائیک انرژی موجود در نور خورشید را توسط سلولهای خورشیدی مستقیماً به برق از نوع DC تبدیل می کند. با استفاده از برق حاصله و بهره جویی از تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی موجود، می توان انرژی الکتریکی کلیه بارهای DC و AC را تأمین نمود.

سیستم های فتوولتاییک از سه بخش اصلی تشکیل شده است:

۱ – ماژول یاپنلهای خورشیدی که مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی می باشد.

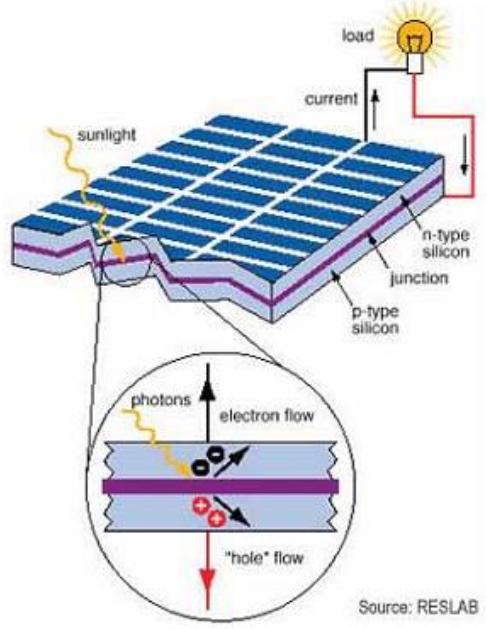
سلول های خورشیدی سیلیکونی را به سه دسته تقسیم می کنند: سیلیکون تک کریستالی سلیکون چند کریستالی سلیکون آمورف

---

[1] Power Tower

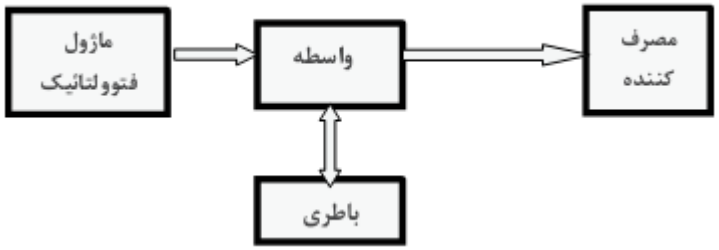
[2] Dish Sterling

ماده اصلی تشکیل دهنده بیشتر سلول های خورشیدی موجود در بازار را لایه نازک سیلیسیوم تشکیل می دهد. بر طبق خواص فیزیکی نیمه هادی ها با آلائیدن ماده اصلی به اعمال ناخالصی ازنوع (N) مانند فسفر و نوع (P) مانند بور به ماده اصلی، میدان الکتریکی در سطوح خارجی سلول، ایجاد می‌شود بر اساس قوانین حاکم بر فیزیک مواد تشکیل دهنده در برابر انرژی تابشی (نور خورشید) قادر به تولید جریان الکتریکی می باشد. جریان و ولتاژ خروجی این سلول ها DC می باشد. به مجموعه ای از این سلول ها که درکنار یکدیگر سری وموازی می گردند پنل یا ماژول فتوولتاییک گویند.



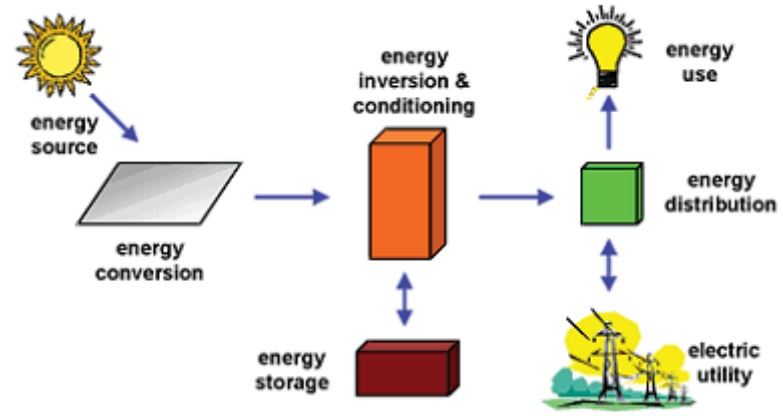
شکل(۲-۷): ماژول فتوولتاییک

۲- قسمت واسطه یا بخش توان مطلوب: انرژی الکتریکی حاصل از سیستم های فتوولتائیک را بر اساس طراحی انجام شده، متناسب با نیاز مصرف کننده، مدیریت و القا می نماید . این تجهیزات عمدتا ازشارژ کنترل، باطری، اینورتر و... بر اساس نیازمصرف کننده و طبق نظر طراح سیستم، طراحی و مشخصات آن تهیه و تدوین می گردد



شکل(۲-۸): طراحی سیستم فتوولتائیک

۳- مصرف کننده یا بار الکتریکی ، کلیه مصرف کنندگان الکتریکی اعم از مصارف برق مستقیم (AC,DC) را متناسب با میزان مصرف شامل می گردد



.

انواع روشهای استفاده از سیستمهای فتوولتائیک عبارتند از:

۱- سیستمهای متصل به شبکه سراسری برق[۱]

در این روش، انرژی الکتریکی حاصل از سیستم فتوولتائیک (با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به جریان متناوب، همچون اینورترهای متصل به شبکه و ...)مطابق ، با مشخصات سطح ولتاژ، اختلاف فاز، فرکانس و... شبکه سراسری به شبکه سراسری برق تزریق می گردد .

۲- سیستمهای مستقل از شبکه[۲]

این نوع کاربرد، بدون نیاز به وجود شبکه سراسری برق قادر به تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مصرف کننده می باشد. در این روش انرژی الکتریکی موردنیاز با استفاده از پنلهای فتوولتائیک، سیستمهای ذخیره و

Grid Connected [1]
Stand Alone [2]

کنترل، بعنوان یک واحد نیروگاهی با طول عمر مناسب ۳۰ سال می تواند با قابلیت اطمینان بالا قابل نصب و راه اندازی می باشد.

میزان تولید انرژی الکتریکی بوسیله یک سیستم فتوولتائیک

میزان تولید برق بوسیله یک سیستم فتوولتائیک معمولاً از ۲ تا ۵۰ کیلووات می باشد. یک سیستم فتوولتائیک که برای نصب روی بام ساختمان ها در شهر لوس آنجلس ساخته شده است با ظرفیت توان ۲ کیلووات، ۳۶۰۰ کیلووات ساعت انرژی در سال تولید می کند. این میزان تولید انرژی باعث ٤/۳ تن صرفه جویی در سوخت زغال سنگ برای تولید برق شده و همچنین مانع ورودIBS 5000 گاز به اتمسفر می گردد. یک سیستم فتوولتائیک(PV) دیگر که با ظرفیت ۱۰ کیلو وات در دره تنسی در ایالات متحده آمریکا نصب شده، بطور متوسط در حدود ۱٦۵۰۰ کیلو وات ساعت انرژی در سال تولید می کند. این میزان انرژی کمی بیش از نیاز مصرف برق یک خانه متوسط در ایالات متحده است.

انتخاب سایت های خورشیدی جهت نصب پنل های فتوولتائیک

سایت ها باید با معیارهای لازم فیزیکی همخوانی داشته باشند، از جمله اینکه جهت آنها رو به جنوب باشد، به خوبی در معرض آفتاب قرار داشته باشند(آفتاب گیر باشند) و فضای لازم و همچنین ساختار مناسبی برای نصب پنل های فتوولتائیک داشته باشند.

حال شاید این سوال در مورد استفاده سیستم های فتوولتائیک به وجود آید که آیا سیستم های فتوولتائیک بطور مداوم الکتریسیته تولید می کنند؟ در شرایط ابری و آب و هوای سرد چطور؟

تولید برق بوسیله سیستم های PV به فصول بستگی دارد، اما در طول شبانه روز از ساعات اولیه صبح تا غروب می توانند برق تولید کنند. پیک تولید آنها در ساعات ظهر می باشد.

واحدهای فتوولتائیک در صورت ابری بودن هوا نیز می توانند برق تولید کنند، هر چند خروجی آنها کاهش می یابد. در یک روز بسیار ابری کم نور، یک سیستم فتوولتائیک ممکن است ۵ تا ۱۰ درصد نور خورشید در روزهای عادی را دریافت دارد، به طبع خروجی آن نیز به همان میزان کم خواهد شد.

پنل های خورشیدی در دمای پایین تر، برق بیشتری تولید می کنند. این تجهیزات همچون سایر دستگاههای الکتریکی در صورتی که هوا خنک باشد، بهتر کار می کنند. البته سیستم های PV در روزهای زمستانی کمتر از روزهای تابستانی انرژی تولید می کنند که علت آن نه برودت هوا، بلکه کاهش ساعات روز و پایین تر بودن زاویه تابش خورشید است.

آسیب پذیری دستگاههای فتوولتائیک

پنل های خورشیدی طوری ساخته شده اند که در برابر همه سختی های محیط مانند سرمای شدید قطبی، گرمای بیابان، رطوبت استوایی و بادهای با سرعت بیش از ۱۲۵ مایل در ساعت مقاومت می کنند. با اینحال جنس این وسایل از شیشه بوده و در اثر ضربات سنگین ممکن است بشکنند.

بهره برداری از سیستم های فتوولتائی برای استفاده از انرژی خورشیدی در سطح جهان

استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع به دلیل ویژگیهایی که در آغاز این بخش ذکر شد، کاملا" فراگیر شده است. شرکت های متعددی در کشورهای مختلف نسبت به نصب این سیستم ها اقدام کرده اند و کار بهینه سازی این سیستم ها، همچنان ادامه دارد.

شرکت آب و برق لس آنجلس (LADWP) در نظر دارد برنامه ای را برای نصب سیستم های برق خورشیدی روی سقف ساختمان های این شهر به مورد اجراء گذارد. به موجب این طرح تا سال ۲۰۱۰ ، ۱۰۰۰۰۰ سیستم فتوولتائیک روی سقف ساختمان ها اعم از مسکونی و تجاری نصب خواهند شد. این سیستم ها در اتصال با شبکه کار می کنند. طبق این برنامه، هر ساختمانی برق خویش را تأ مین خواهد کرد. در صورتی که میزان تولید برق ساختمانی کمتر از نیاز مصرف آن باشدوهمینطوردر شب، کمبود برق از سوی شبکه سراسری جبران می شود و بر عکس اگر ساختمانی بیش از مصرف خود برق تولید کند، این انرژی اضافی به شبکه برق جاری خواهد شد

شرکت TVA در ایالت تنسی آمریکا نیز اقدام به استفاده از انرژی خورشیدی به عنوان یک منبع " انرژی سبز" کرده است. این شرکت برای نمایش تولید برق خورشیدی و به منظور تشویق مشترکین خود به استفاده از آن در سایت انرژی خورشیدی، یکی در موزه علوم کامبرلند و دیگری در یک گردشگاه توریستی در دالیورد دایر کرده است.

در جدول (۲-۵)پیشبینی ظرفییت نصب سیستم های فتوولتائیک آورده شده است:

جدول(۲-۵)پیشبینی ظرفیت نصب شده سیستم های فتوولتائیک

ظرفیت نصب شده سالیانه سیستم های فتوولتائیک به نقل ازSUN&WINDتا۲۰۱۰							
کشور	۲۰۰۵	۲۰۰۶	۲۰۰۷	۲۰۰۸	۲۰۰۹	۲۰۱۰	رشد
آلمان	۸٦٦	۹۵۳	۱۳۰۰	۱٦۲۵	۱۹۸۳	۲۲۲۰	٪۲۵
ایتالیا	۷	۱۳	۱۰۵	۱۸٤	۳۲۲	٤۹۸	٪۱۵۱
اسپانیا	۲۰	٦۱	٤۵۰	٦۹۸	۱۰٤٦	۱٤٦۵	٪۱۲۲
امریکا	۱۰۳	۱٤۵	۲٦۱	٤۷۰	۸٤٦	۱٤۸۰	٪۷۹
هند	۸	۹	۱۷	۳۱	۵۷	۱۰٦	٪۸۵
چین	۱۲	۱۵	۲٦	٤۳	۷۸	۱٤۹	٪۷۷
ژاپن	۲۹۰	۲۸۷	۳۱۲	٤٦٤	٦۷۳	۹٤۳	٪۳۵

عمده دلایل توجه به صنعت فتوولتائیک در یک دهه اخیر و رشد سالانه آن به شرح ذیل می باشد

- عدم نیاز به سوخت فسیلی و مشکلات سوخت رسانی به ویژه در مناطق صعب العبور
- امکان نصب وراه اندازی در توان های مختلف ،متناسب با نیاز مصرف کننده
- طول عمر مناسب و سهولت در در بهره برداری
- امکان نصب بر نما و یا روی سقف خانه ها و توانایی ذخیره سازی انرژی در باطری

تعیین مکان و ظرفیت بهینه انرژی خورشیدی در ایران و ارزیابی اقتصادی

ایران با عرض جغرافیایی ۲۵ تا ٤۵ شمالی ، با متوسط ساعات خورشیدی ۲۵۰۰ در سال ، در منطقه مناسبی برای دریافت انرژی خورشیدی قرار دارد .

در صورت توجه به موقعیت استراتژیک و جغرافیای کشور ایران با اقدام و اجـرای سیاسـتی مناسـب ، مـی توان ضمن توسعه این سیستم ، در کشور بازار تجارت و صادرات منطقه را نیز در اختیـار گرفتـه و از سـود حاصله برای افزایش در آمد کشور و کاهش وابستگی به صنعت نفت و توسعه مناطق محـروم و مزایـا ایـن بخش بهره جست . حائز اهمیت است که در صورت تاخیر در انجام این امر ، جایگاهی را که اکنون در این بازار می توان به سهولت بدست آورد ، از دست خواهیم داد .

لازم به تذکر است که فن آوریهای قابل استفاده از سیستم های تجدید پذیر ، هزینه ای بیشتر از شـیوه هـای مرسوم دارند . این امر بدان معناست که بکارگیری آنها وابسته به حمایت عموم جامعه است . خـاطر نشـان می سازد استفاده از توسعه سیستم های تجدید پذیر در کشورهای پیشرو نیز بـه همـین علـت ، از حمایـت های مختلف تشویقی استفاده می نماید .

استفاده از این تجربیات و تطبیق آن با شرایط مناسب برای کشور در رشد و توسعه آن موثر بوده و مفید واقع خواهد گردید . تامین انرژی مورد نیاز بشر به علت عدم محرومیت در استفاده از انرژی خورشیدی ، روند قابل پیش بینی و رژیم مشخص تابش خورشید و خصوصاً سیستم های فتوولتائیک در جهان گردیده است . با علم به این مطلب که قیمت واحد انرژی الکتریکی حاصل از سیستم های فتوولتاییک در حال حاضر بیش از شبکه برق می باشد ، با رشد تکنولوژی این صنعت ، قیمت تمام شده انرژی الکتریکی حاصل از این سیستم در سال های آتی کاهش می یابد .

با توجه به مطالب ذکر شده استفاده از نیروگاه های خورشیدی به منظور منابع تولید پراکنده می تواند نقش بسزایی در کاهش هزینه ها وتلفات در سیستم توزیع ایفا کند.

به منظور استفاده بهینه از تابش خورشید برای تولید برق باید در تعیین مکان این منابع از لحاظ مدت زمان تابش خورشید و مقدار پتانسیل آن دقت نمود.به همین منظور سازمان انرژی های نو ایران اقدام به تهیه اطلس پتانسیل تابش خورشید در ایران نموده است که در شکل(۲-۹) قابل ملاحظه می باشد.

شکل(۲-۹) پتانسیل تابش خورشیدی در ایران(سازمان هوا شناسی ایران)

همانطور که در شکل دیده می شود مناطق مرکزی و جنوبی ایران از ظرفیت مناسبی جهت نصب و به کارگیری انرژی خورشیدی به منظور تولید پراکنده برخوردار می باشند.

۲-۳-۲ نیروگاه های بادی

منظور از توان بادی تبدیل انرژی باد به نوعی مفید از انرژی مانند انرژی الکتریکی است که این کار به وسیله توربین‌های بادی صورت می‌گیرد. در آسیاب‌های بادی از انرژی باد مستقیماً برای خرد کردن دانه‌ها و یا

پمپ کردن آب استفاده می‌شود. در انتهای سال ۲۰۰۶ میزان ظرفیت تولیدی برق بادی در سراسر جهان برابر ۷۳/۹ گیگاوات بود. گرچه این میزان چیزی در حدود یک درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدی در جهان محسوب می‌شد اما در طول بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۰۶ تقریباً چهار برابر شده‌است. در این میان کشورهای دانمارک با ۲۰ درصد، اسپانیا با ۹ درصد و آلمان با ۷ درصد از نظر درصد تولید برق بادی از کل تولید انرژی الکتریکی در جایگاه‌های نخست قرار دارند.

انرژی باد در مقادیر زیاد در مزارع بادی تولید و به شبکه الکتریکی متصل می شود.ازتوربین ها در تعداد کم معمولاً فقط برای تامین برق در مناطق دور افتاده استفاده می شود.

اما از جمله دلایل تمایل کشورها برای افزایش ظرفیت تولید برق بادی مزایای بسیار زیاد این روش تولید انرژی الکتریکی است چراکه انرژی بادی فراوان، تجدیدپذیر و پاک است و همچنین در مقایسه با استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی میزان کمتری گاز گلخانه‌ای منتشر می‌کند

توزیع سرعت باد

میزان باد دائما تغییر می‌کند میزان متوسط مشخص شده برای یک منطقه خاص صرفاً نمی‌تواند میزان تولید توربین بادی نصب شده در آن منطقه را مشخص کند. برای مشخص کردن فراوانی سرعت باد در یک منطقه معمولاً از یک ضریب توزیع در اطلاعات جمع‌آوری شده مربوط به منطقه استفاده می‌کنند. مناطق مختلف دارای مشخصه توزیع سرعت متفاوتی هستند. مدل رایلی[1] به طور دقیقی میزان ضریب توزیع سرعت در بسیاری مناطق را منعکس می‌کند.

از آنجاییکه بیشتر توان تولیدی در سرعت بالای باد تولید می‌شود, بیشتر انرژی تولیدی در بازه‌های زمانی کوتاه تولید می‌شود. بر طبق الگوی لی رنچ نیمی از انرژی تولیدی تنها در ۱۵٪ از زمان کارکرد توربین تولید می‌شود و در نتیجه نیروگاه‌های بادی مانند نیروگاه‌های سوختی دارای تولید انرژی پایداری نیستند. تاسیساتی که از برق بادی استفاده می‌کنند باید از ژنراتورهای پشتیبانی برای مدتی که تولید انرژی در توربین بادی پایین است استفاده کنند.

ضریب ظرفیت

تا زمانی که سرعت باد ثابت نباشد تولید سالیانه انرژی الکتریکی توسط نیروگاه بادی هرگز برابر حاصل ضرب توان تولیدی نامی در مجموع ساعت کار آن در یک سال نخواهد شد. نسبت میزان توان حقیقی تولید شده توسط نیروگاه و ماکزیمم ظرفیت تولیدی نیروگاه را ضریب ظرفیت می‌نامند. یک نیروگاه بادی نصب شده در یک محل مناسب در ساحل ضریب ظرفیتی سالیانه‌ای در حدود ۳۵٪ دارد. برعکس نیروگاه‌های سوختی ضریب ظرفیت در یک نیروگاه بادی به شدت به خصوصیات ذاتی باد وابسته‌است. ضریب ظرفیت

[1] Rayleigh model

در انواع دیگر نیروگاه‌ها معمولا به بهای سوخت و زمان مورد نیاز برای انجام عملیات تعمیر بستگی دارد. از آنجایی که نیروگاه‌های هسته‌ای دارای هزینه سوخت نسبتاً پایینی هستند بنابراین محدویت‌های مربوط به تامین سوخت این نیروگاه‌ها نسبتاً پایین است که این خود ضریب ظرفیت این نیروگاه‌ها را به حدود ۹۰٪ می‌رساند.

نیروگاه‌هایی که از توربین‌های گاز طبیعی برای تولید انرژی الکتریکی استفاده می‌کنند به علت پر هزینه بودن تامین سوخت معمولاً تنها در زمان اوج مصرف به تولید می‌پردازند. به همین دلیل ضریب ظرفیت این توربین‌ها پایین بوده و معمولا بین ۵-۲۵٪ می‌باشد

بنا به یک تحقیق در دانشگاه استندورد که در نشریه کاربردی هواشناسی و اقلیم شناسی نیز به چاپ رسیده در صورت ساخت بیش از ده مزرعه بادی در مناطق مناسب و به طور پراکنده می‌توان تقریباً از ۱/۳ انرژی تولیدی آنها برای تغذیه مصرف کننده‌های دائمی استفاده کرد.

محدودیت‌های ادواری و نفوذ

میزان انرژی الکتریکی تولیدی توسط نیروگاه‌های بادی می‌تواند به شدت به چهار مقیاس زمانی ساعت به ساعت, روزانه و فصلی وابسته باشد. این میزان به تحولات آب و هوایی سالیانه نیز وابسته‌است اما تغییرات در این مقیاس زیاد محسوس نیستند. از آنجایی که برای ایجاد ثبات در شبکه, میزان انرژی الکتریکی تامین شده و میزان مصرف باید در تعادل باشند از این جهت تغییرات دائم در میزان تولید این ضرورت را به وجود می‌آورد که از تعداد بیشتری نیروگاه بادی برای تولیدی متعادل‌تر در شبکه استفاده شود. از طرفی ادواری بودن طبیعی تولید انرژی باد موجب افزایش هزینه‌های تنظیم و راه اندازی می‌شود و (در سطوح بالا) ممکن است نیازمند اصول مدیریت تقاضای انرژی یا ذخیره‌سازی انرژی باشد.

از ذخیره‌سازی با استفاده از نیروگاه‌های آب تلمبه‌ای یا دیگر روش‌ها ذخیره سازی برق در شبکه می‌توانند برای به وجود آوردن تعادل در میزان تولید نیروگاه‌های بادی استفاده کرد اما در مقابل استفاده از این روش‌ها موجب افزایش ۲۵٪ هزینه‌های دائم اجرای چنین طرح‌هایی می‌شوند. ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی موجب به وجود آمدن تعادل بین دو بازه زمانی کم مصرف و پر مصرف خواهد شد و از این جهت میزان صرفه‌جویی عاید از ذخیره‌سازی انرژی هزینه‌های اجرای آن را جبران می‌کند. یکی دیگر از راهکارهای ایجاد تعادل در تولید و مصرف سازگار کردن میزان مصرف با میزان تولید با استفاده از ایجاد تعرفه‌های متفاوت زمانی برای مصرف‌کننده‌هاست.

پیش‌بینی پذیری

با توجه به تغییرات باد قابلیت پیش‌بینی محدودی (ساعتی یا روزانه) برای خروجی نیروگاه‌های بادی وجـود دارد. مانند دیگر منابع انرژی تولید باد نیز باید از قابلیت برنامه ریزی برخوردار باشـد امـا طبیعـت بـاد ایـن پدیده را ذاتا متغیر می‌کند. گرچه از روش‌هایی برای پیش‌بینی تولید توان این نیروگاه‌ها استفاده می‌شـود امـا در کل قابلیت پیش‌بینی پذیری این نیروگاه‌ها پایین است. این عیب این گونه نیروگاه‌ها معمـولا باسـتفاده از روش‌های ذخیره سازی انرژی مانند استفاده از نیروگاه‌های آب تلمبه‌ای تا حدودی بر طرف می‌شود.

برق بادی در مقیاس‌های کوچک

تجهیزات تولید برق بادی در مقیاس کوچک (۱۰۰ کیلووات یا کمتر) معمولا برای تغذیه منازل, زمین‌های کشاورزی یا مراکز تجاری کوچک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در برخی از مکان‌های دور افتاده که مجبور به استفاده از ژنراتورهای دیزلی هستند مالکان محل ترجیح می‌دهند که از توربین‌های بادی استفاده کنند تا از ضرورت سوزاندن سوخت‌ها جلوگیری شود. در برخی موارد نیز برای کاهش هزینه‌های خرید برق یا برای استفاده برق پاک از این توربین‌ها استفاده می‌شود.

برای تغذیه منازل دورافتاده از توربین‌های بادی با اتصال به باتری استفاده می‌شود. در ایالات متحده استفاده از توربین‌های بادی متصل به شبکه در رنج‌های ۱ تا ۱۰ کیلووات برای تغذیه منازل به طور فزاینده‌ای در حال گسترش است. توربین‌های متصل به شبکه در هنگام کار نیاز به استفاده از برق شبکه را از بین می‌برند. در سیستم‌های جدا از شبکه یا باید از برق به صورت دوره‌ای استفاده کرد و یا از باتری برای ذخیره‌سازی انرژی استفاده کرد.

در مناطق شهری که امکان استفاده از باد در مقیاس‌های زیاد وجود ندارد نیز ممکن است از انرژی بادی در کاربردهای خاصی مانند پارک مترها یا درگاه‌های بی‌سیم اینترنت با استفاده از یک باتری یا یک باتری خورشیدی استفاده شود تا ضرورت اتصال به شبکه از بین برود.

استفاده از زمین

توربین‌های بادی باید ده برابر قطرشان در راستای باد غالب و پنج برابر قطرشان در راستای عمودی از هم فاصله داشته باشند تا کمترین تلفات حاصل شود. در نتیجه توربین‌های بادی تقریباً به ۰٫۱ کیلومترمربع مکان خالی به ازای هر مگاوات توان نامی تولیدی نیازمند هستند

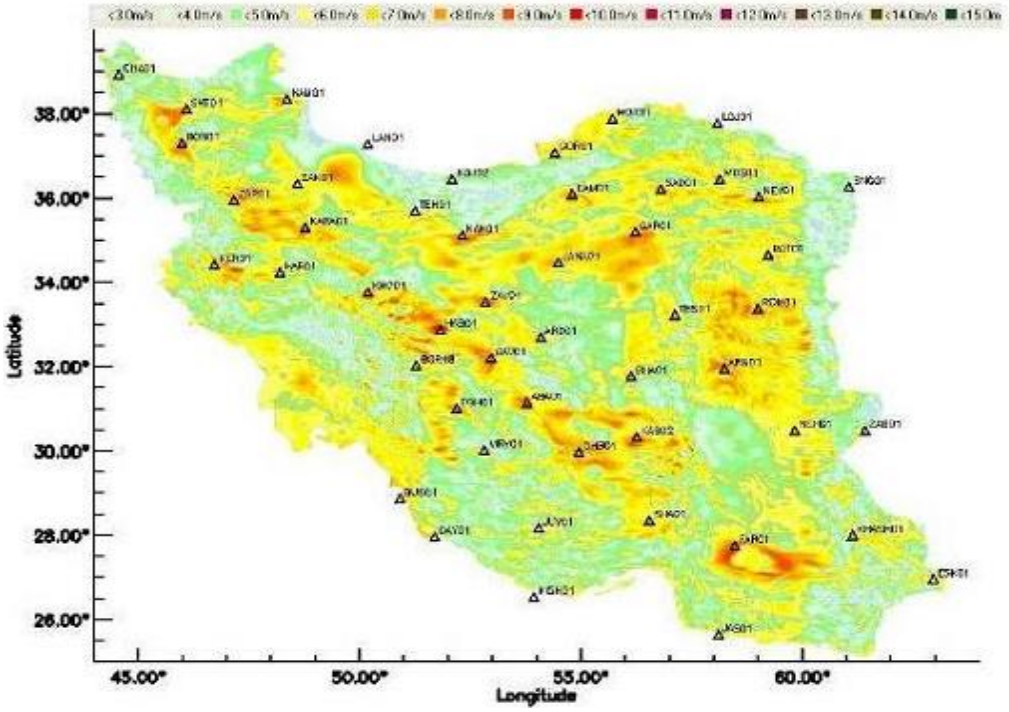
معمولا برای نصب این توربین‌ها نیازی به پاکسازی درختان منطقه نیست. کشاورزان می‌توانند برای سـاخت این توربین‌ها زمین‌های خود را به شرکت‌های سازنده اجاره می‌دهند. در ایالات متحده کشاورزان حدود ۲ تا

۵ هزار دلار به ازای هر توربین در هر سال دریافت می‌کنند. زمین‌ها مورد استفاده قرار گرفته برای توربین‌ها بادی همچنان می توانند برای کشاورزی و چرای دام مورد استفاده قرار بگیرند چراکه تنها ۱٪ از زمین برای ساخت پی توربین و راه دسترسی مورد استفاده قرار می گیرد و به عبارت دیگر ۹۹٪ زمین هنوز قابل استفاده‌است.توربین‌های بادی عموما در مناطق شهری نصب نمی‌شوند چراکه ساختمان‌ها جلوی وزش باد را سد می‌کنند و قیمت زمین نیز معمولا زیاد است. با این حال پروژه نمایشی تورنتو اثبات کرد که نصب توربین‌های بادی در چنین مکان‌هایی نیز ممکن است.

انتخاب ظرفیت و مکان بهینه توربین های بادی در ایران

انتخاب مکان مناسب برای نصب نیروگاه بادی و جهت نصب توربین‌ها در محل از نکات حیاتی برای توسعه اقتصادی این گونه نیروگاه‌هاست. گذشته از دسترسی باد مناسب در محل مورد بحث, عوامل مهم دیگری مانند دسترسی به خطوط انتقال, قیمت زمین مورد استفاده, ملاحظات استفاده از زمین و مسائل زیست محیطی ساخت و بهره‌برداری نیز در انتخاب یک محل برای نصب نیروگاه‌ها موثر است. از این رو استفاده از نیروگاه‌های بادی در مناطق دور از ساحل ممکن است هزینه‌های مربوط به ساخت یا ضریب ظرفیت را با استفاده از کاهش هزینه‌های تولید برق جبران کنند.

در ایران وبا توجه به مناطقی که دارای شرایط به کارگیری از انرژی باد به منظور تولید پراکنده می باشند استفاده از این انرژی می تواند در کاهش تولید برق توسط نیروگاه های بزرگ که قالباً با سوخت فسیلی کار می کنند موثر باشددر شکل(۲-۱۰) نقاط مستعد استفاده از انرژی باد مشخص شده اند



شکل(۲-۱۰)اطلس باد ایران(سازمان هوا شناسی ایران)

محاسبه سرعت میانگین باد

بادها از یک قانون کلی تبعیت می‌کنند، ولی از لحاظ شدت روزانه و مدت وزش در هر نقطه از زمین بطور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند .سرعت باد نسبت به ارتفاع از سطح دریا تغییر می‌کند. با آزمایشهایی که انجام یافته ، نسبت توان تولیدی در ارتفاع ۱۵۰۰ متری به توان تولیدی در ارتفاع ۵۰ متری برابر ۲۵ و در ارتفاع ۳۰۰ متری این نسبت برابر ۱۰ می‌باشد .در زیر چند شهر ایران برای نمونه از نظر سرعت باد و چگالی توان باد با هم مقایسه شده اند(شکل۲-٦)

جدول(۲-٦)سرعت و چگالی توان باد بری چند شهر ایران

نام شهر	سرعت باد	چگالی توان باد	نام شهر	سرعت باد	چگالی توان باد
خوی	۱۳	۲۹	زنجان	۱۳	۲٦
دزفول	۲۱	۸۹	سبزوار	۲۰	۱۰۷
رامسر	۱۰	۱۵	سقز	۱۷	٦۱
رشت	۱۱	۱٦	انزلی	۱۰	۱٤
ارومیه	۷	۵	بم	۱۰	۱۳
زابل	۲۲	۱۳۱	تربت حیدریه	۱۳	۳۱
زاهدان	۱۹	۹۱	تهران	۱۵	٤۲

چکیده فصل

تولیدات پراکنده هم می توانند با با منابع انژی تجدید پذیر و هم با انرژی های تجدید نا پذیرتغذیه شوند . منابع انرژی تجدیدنا پذیر شامل موتورهای پیستونی (رفت و برگشتی)،دیزل ژنراتور ،پیل های سوختی ،توربین های گازی ، میکروتوربین ها می باشند.منابع انرژی تجدید پذیر شامل انرزی خورشیدی،فتوولتاییک ،انرژی های باد ،انرژی زمین گرماییو نیروگاه های برق آبی می باشند.

استفاده از انرژی های تجدید پذیر به عنوان منابع تولید پراکنده دارای مزایای فراوانی دارد از قبیل حفاظت از محیط زیست و ذخیره سوخت های فسیلی .

کشور ما در زمینه برخی از انرزی های نو همچون خورشیدی ،باد . زمین گرمایی دارای ظرفیت های بلقوه است ولی به علت در دسترس نبودن برخی از تکنولوژی ها و هزینه سرمایه گذاری بالا این منابع در مقایسه با تکنولوژی های تجدید نا پذیراز توجیه اقتصادی برخوردار نیست.همچنین ارزان بودن سوخت های فسیلی در ایران در این امر موثر است.

فصل سوم

سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت

۳-۱ کاربرد سیستمهای تولید همزمان برق و حرارت

تولید همزمان برق و حرارت یک روش صرفه جویی انرژی است که در آن برق و حرارت بطور همزمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند بمنظور گرمایش ناحیه‌ای[1] یا در صنایع فرآیندی مورد استفاده قرار گیرد.

فرآیند تولید همزمان می‌تواند بر اساس استفاده از توربینهای گاز، توربینهای بخار یا موتورهای احتراقی بنا نهاده شود و منبع تولید انرژی اولیه نیز شامل دامنه وسیعی است که می‌تواند سوختهای فسیلی، زیست توده، زمین گرمایی یا انرژی خورشیدی باشد.

۳-۲ خصوصیات سیستم تولید برق و حرارت همزمان

به طورکلی میتوان خصوصیات یک سیستم گرمایش ناحیه‌ای رادر ٦گروه اصلی دسته بندی نمود.

۳-۲-۱-ارتقاء کارآیی انرژی

در واحدهای تولید همزمان برق و حرارت، تلفات به حداقل می‌رسد. بازده کلی این واحدها بین ۸۰ تا ۹۰ درصد خواهد بود، این در حالی است که در یک نیروگاه متداول بازده حرارتی بین ٤۰ تا ۵۰ درصد است

۳-۲-۲- تأمین حرارت مطمئن و انعطاف پذیری

با توجه به اینکه واحدهای تولید همزمان از حرارت تولیدی نیروگاهها استفاده می‌کنند، تولید انرژی حرارتی در آنها بدون وقفه انجام میشود. همچنین میزان تولید برق و حرارت، با توجه به تقاضای آنها قابل تغییر است.

۳-۲-۳-محیط زیست

راندمان بالای واحدهای تولید همزمان، این واحدها را بعنوان راه حلی قابل قبول برای تبدیل انرژی مطرح نموده است. همچنین بازدهی بالای این واحدها، باعث میشود تولید دی اکسید کربن و سایر آلاینده‌ها نظیر ترکیبات گوگردی و اکسیدهای نیتروژن کاهش یابد. از سوی دیگر در کشورهایی که قوانین سخت گیرانه زیست محیطی در آنها اعمال میشود با کاهش تعداد واحدهای تبدیل سوخت به حرارت مفید، کنترل واحدهای تولید آلاینده راحت‌تر انجام خواهد پذیرفت.

۳-۲-٤-هزینه‌های کمتر

در توجیه پذیری واحدهای CHP باید محدودیتهای مالی را بدقت لحاظ نمود. لازمست در هر ناحیه انرژیهای رقیب با واحدهای تولید همزمان مقایسه و تصمیم گیری بدقت انجام پذیرد. معمولاً واحدهای تولید همزمان به سرمایه گذاری بیشتری نسبت به سیستم‌های معمول تبدیل انرژی نیاز دارند. ولی باید دقت

---

[1] District heating

داشت که میزان مصرف انرژی در آنها بسیار پایین‌تر است: بعبارت دیگر، هزینه‌های متوسط تبدیل یک واحد انرژی در واحدهای CHP پایین‌تر از سایر روشهاست.

۳-۲-۵- استفاده هرچه بیشتر از فضای ساختمانها

با استفاده از واحدهای تولید همزمان، تجهیزات نصب شده در تأسیسات گرمایشی ساختمانها کاهش می‌یابد، به همین دلیل فضای بیشتری در ساختمانها قابل استفاده خواهد بود.

۳-۲-٦- هزینه‌های پایین‌تر تعمیرات و نگهداری

با توجه به اینکه برای استفاده از حرارت تولیدی در یک واحد تولید همزمان، تجهیزات کمتری در هر ساختمان مورد نیاز است، هزینه‌های تعمیرات و نگهداری تجهیزات نیز کمتر خواهد شد.

۳-۳ روشهای تولید همزمان

نیروگاههای تولید همزمان را می‌توان به پنج دستهٔ کلی تقسیم نمود.

- بازیافت از توربینهای زیرکش دار (Extraction condensing)
- بازیافت از توربینهای پس فشاری (Back – Pressure)
- بازیافت حرارت از توربین های گازی (Gas turbine heat recovery)
- بازیافت از سیکل ترکیبی (Combined Cycle)
- بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی (Reciprocating Engines)

ساده‌ترین نیروگاه تولید همزمان، نیروگاههایی هستند که از توربینهای Back - pressure استفاده می‌کنند. در این نیروگاهها، برق و حرارت در یک توربین بخار تولید میشود. یکی دیگر از اجزای اصلی نیروگاههای Back - pressure بویلر است که می‌تواند برای سوزاندن سوختهای جامد، مایع یا گازی شکل طراحی شود.

۳-۳-۱ نیروگاههای Extraction Condensing (زیر کشدار)

تولید حرارت به روش تولید همزمان می‌تواند در نیروگاههای مجهز به توربین بخار زیر کشدار (Extraction Condensing) انجام شود. به این طریق که مقداری از بخار قبل از رسیدن به آخرین مرحله توربین از آن خارج شود. گرمایش متمرکز می‌تواند با استفاده از بخار استخراج شده از توربین یا برای مصارف صنعتی مورد استفاده قرار داد.

شکل(۳-۱) چرخه یک نیروگاه بخار که در آن یک ایستگاه کاهش فشار نیز تعبیه شده است را نشان می دهد. از ایستگاه کاهش فشار بخار در مواقعی که از توربین بخار استفاده نشود، استفاده می شود. در این حالت بخار مطمئن برای تأمین حرارت فرآیندها تأمین خواهد شد. باید دقت داشت که در صورتیکه از

توربین بخار استفاده نشود به این سیستم تولید همزمان اطلاق نمی‌شود. در یک نیروگاه معمولی فقط برق تولید می‌شود ولی دریک نیروگاه Extraction Condensing جزئی از بخار برای تولید حرارت از توربین خارج میشود.

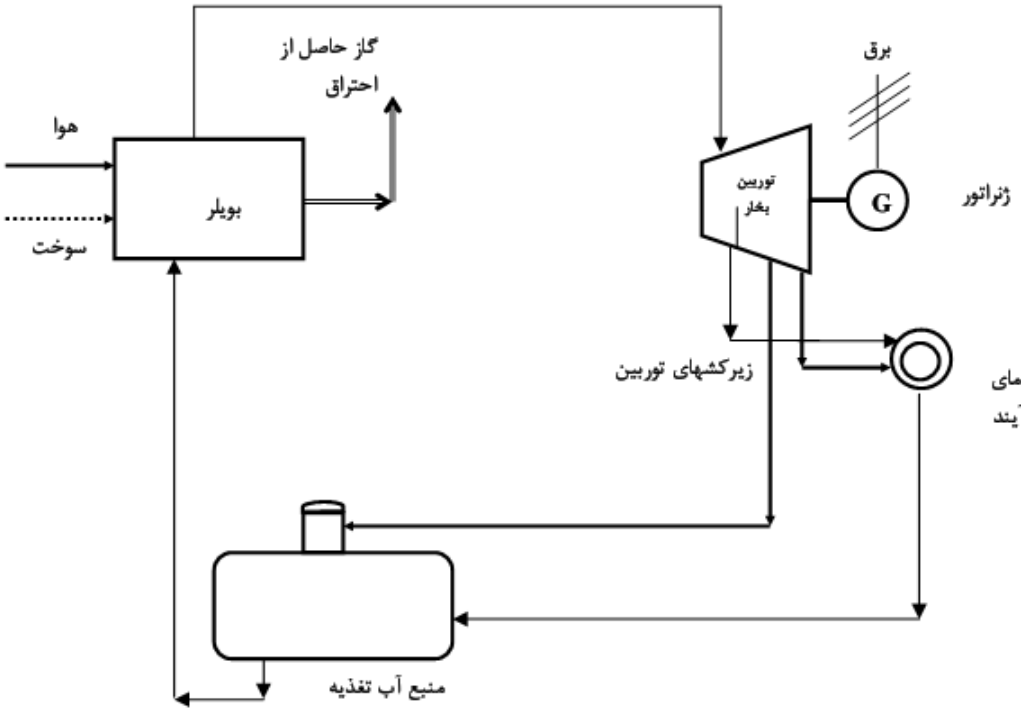
۳-۳-۲ نیروگاههای Back – pressure

در نیروگاههای بخار معمولی، بخار فشار بالا در بویلر تولید میشود که اصطلاحاً به آن بخار زنده اطلاق میشود. این بخار از میان توربین عبور می‌کند و پس از انبساط کامل، با فشار پایین وارد یک کندانسور میشود. در این بخش حرارت باقیمانده در این بخار با هوا یا آب منتقل میشود.

در یک توربین Back - pressure بخار از قسمتهای میانی توربین و با فشار بالاتر خارج میشود و از این بخار به منظور استفاده در مصارف گرمایشی استفاده میشود. این بخار می‌تواند مستقیماً به عنوان بخار فرآیند (مثلاً در ماشینهای کاغذسازی) یا بعنوان سیال گرم در یک مبدل حرارتی برای گرم کردن آب مورد استفاده در سیستمهای گرمایشی ناحیه‌ای مورد استفاد قرار گیرد.

۳-۳-۳ نیروگاههای Back - pressure صنعتی

در نیروگاههای صنعتی Back - pressure معمولاً فشار پشت توربین در بارهای کامل و جزئی و با در نظر گرفتن شرایط فرآیند ثابت نگه داشته میشود. همچنین میتوان از قسمتهای میانی توربین نیز مقداری از بخار را با کیفیت بالاتر را استخراج نمود. این بخار می‌تواند در فرآیندهای صنعتی استفاده شود یا به مصرف داخلی نیروگاه برسد. در صورتیکه این بخار به مصرف داخلی نیروگاه برسد به آن CHP اطلاق نمی‌شود. هرچه بخار با فشار بالاتر از توربین استخراج شود میزان برق تولیدی کمتر خواهد بود.

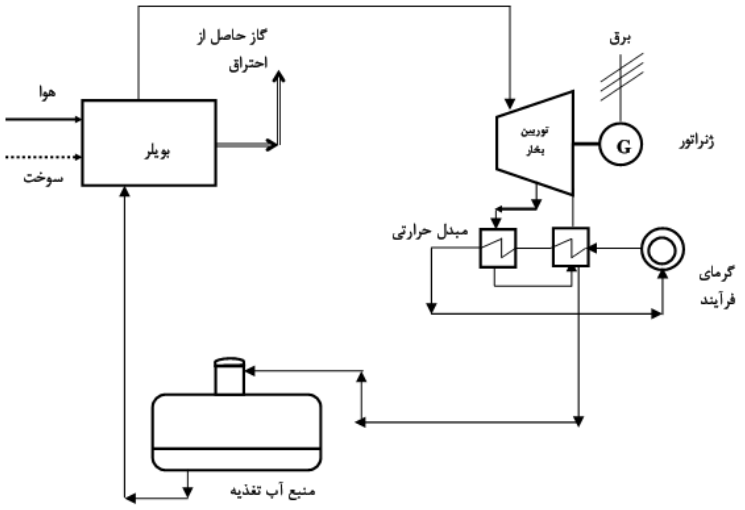


شکل(۳-۱):نیروگاه پس فشار صنعتی

۳-۳-٤ نیروگاههای Back – pressure

برای استفاده در گرمایش ناحیه‌ای در سیستمهای متداول گرمایش ناحیه‌ای آب گرم که حامل انرژی است با عبور از مبدلهای حرارتی عمل انتقال حرارت را انجام می‌دهد. دمای این آب با توجه به تغییرات دمای محیط متغیر خواهد بود. بسته به طراحی شبکه دمای آب خروجی از نیروگاه حداکثر بین ۱۲۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد در نظر گرفته میشود. بعنوان مثال اگر میانگین دمای آب خروجی از نیروگاه بین ۸۰ تا ۸۵ درجه باشد، دمای آب برگشتی حدود ۵۰ تا ۵۵ درجه سانتی گراد خواهد بود.

در بعضی از مواقع برای افزایش دمای آب خروجی ازنیروگاه بویلرهایی بصورت سری با مبدلهای حرارتی در نظر گرفته میشود. لازم بذکر است افزایش حرارت در اثر عبور از این بویلرها نباید در محاسبات راندمان کل سیستم CHP منظور شود.



شکل(۳-۲):نیروگاه های پس فشاری مورد استفاده در گرمایش منطقه ای

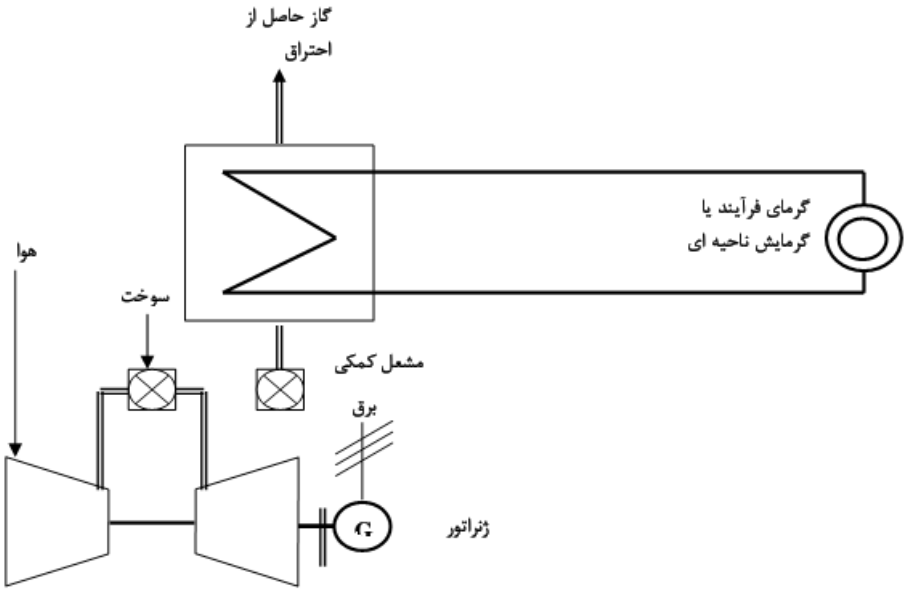
هر چه دمای آب خروجی از سیستم گرمایش ناحیه‌ای بیشتر باشد. میزان تولید برق کاهش خواهد یافت ارتباط بین میزان برق حرارت تولیدی را با فاکتوری بنام نسبت حرارت به برق[1] می‌سنجد

۳-۳-۵ توربین گاز و بویلر بازیافت حرارت

یک سیستم ساده و کم هزینه تولید همزمان برق و حرارت میتواند با ترکیب یک توربین گاز و یک بویلر بازیافت حرارت ایجاد شود. گازهای داغ خروجی از توربین گاز از یک بویلر بازیافت حرارت عبور می‌کنند و بخار مورد نیاز فرآیند یا گرمایش مورد نیاز را تأمین می‌کند. در این نوع نیروگاهها، هوای داغ خروجی از توربین گاز از بویلر بازیافت حرارت عبور کرده و حرارت خود را به سیال حامل (آب) منتقل می‌کند. در بسیاری از مواقع از گاز طبیعی بعنوان سوخت مصرفی استفاده میشود. اما گازوئیل یا ترکیبی از گاز و گازوئیل نیز به عنوان سوخت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[1] Heat to power Ratio

میزان حرارت بازیافت شده به نوع سوخت مصرفی و دمای حرارت بازیافت شده بستگی دارد. اگر از گاز طبیعی بعنوان سوخت توربین گاز استفاده شود، میتوان دمای گازهای خروجی از بویلر بازیافت را به حدود ٦٠ تا ١٠٠ درجه سانتی گراد کاهش داد ولی در صورتیکه از سوختهای مایع استفاده شود بمنظور کاهش ریسک خوردگی گوگرد باید دما بین ١٢٠ تا ١٧٠ درجه کنترل شود. در بعضی مواقع نیروگاه به یک مشعل کمکی مجهز میشود که از گازهای خروجی از توربین گاز بجای هوای احتراق استفاده می‌کند. طبیعتاً حرارت تولیدی از مشعلهای کمکی را نباید در محاسبهٔ حرارت تولیدی از CHP منظور نمود.

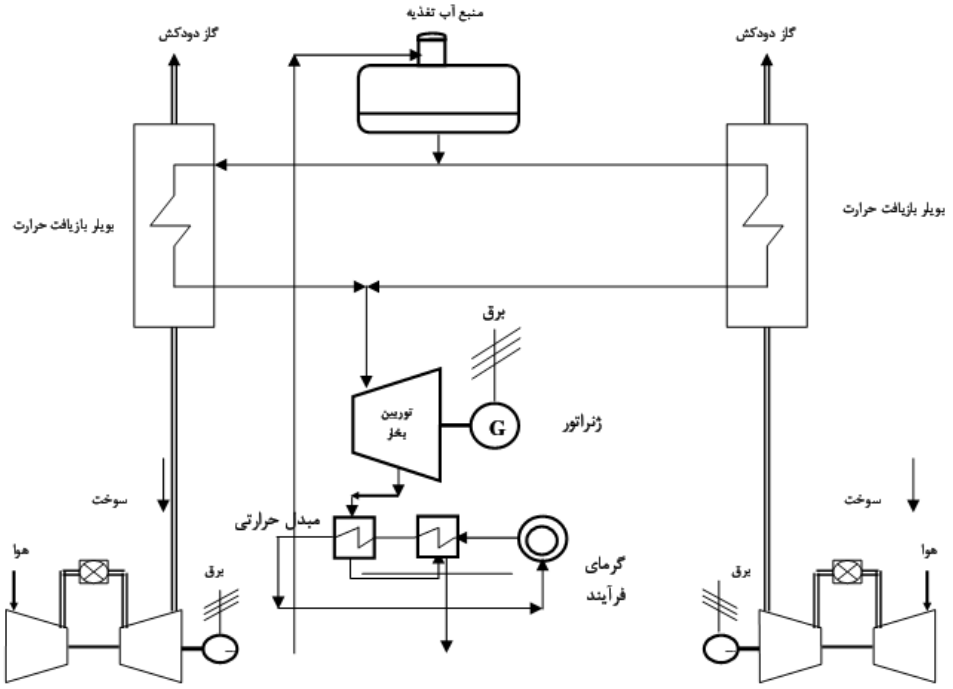


شکل(٣-٣):توربین گاز مجهز به بویلر بازیافت

در بعضی از مواقع نیز اگزوز خروجی از توربینهای گاز مجهز به یک کنار گذر (By- Pass) خواهد بود که در اینصورت میتوان فقط در مواقع لازم از بویلر بازیافت استفاده کرد و در مواقع غیر ضروری آنرا از سیستم حذف نمود.

٣-٣-٦ نیروگاههای سیکل ترکیبی

اخیراً، استفاده از نیروگاههای سیکل ترکیبی که شامل یکی یا چند توربین گاز به انضمام بویلرهای بازیافت حرارت و توربین بخار هستند نیز متداول شده‌اند. یک نیروگاه سیکل ترکیبی شامل یک یا چند توربین گازی و توربین بخار است. بسته به نوع توربین بخار، نیروگاه می‌تواند معمولی یا تولید همزمان باشد. شکل (٣-٤) یک نیروگاه سیکل ترکیبی تولید همزمان که شامل ٢ توربین گاز، ٢ بویلر بازیافت و یک توربین بخار است را نشان می‌دهد.

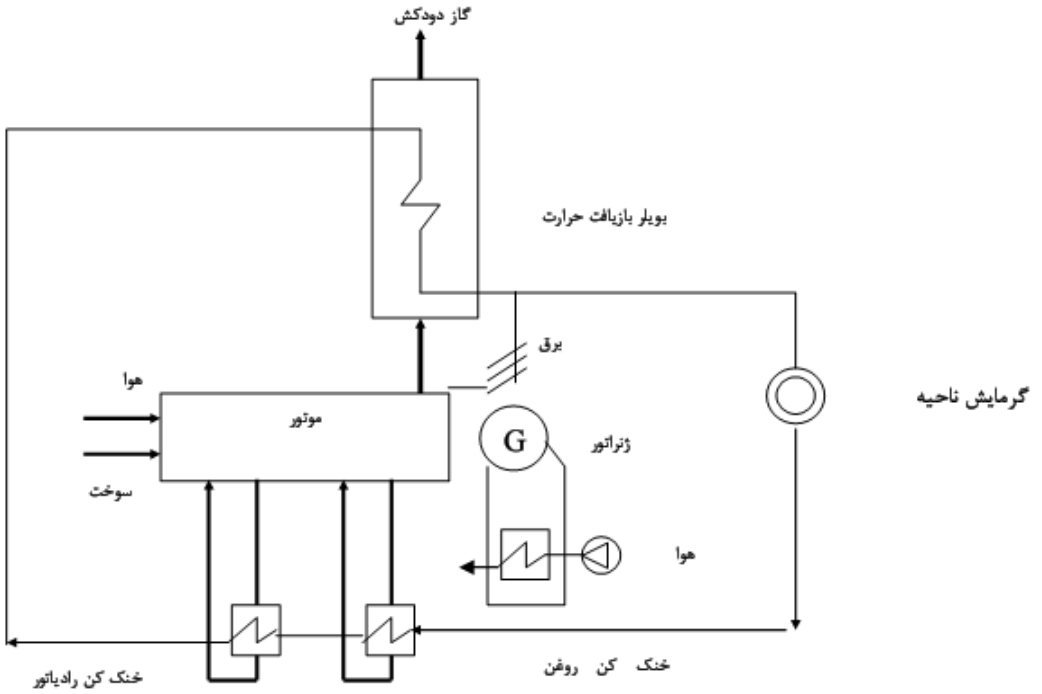


شکل(۳-٤):تولید همزمان در نیروگاه سیکل ترکیبی

اگر از خنک کن‌های کمکی برای خنک کردن مایعات خروجی از توربین بخار استفاده نشود میتوان این واحدها را بعنوان واحدهای CHP مورد استفاده قرار دارد. مشخصهٔ تمامی نیروگاههای سیکل ترکیبی، بازیافت حرارت از گاز خروجی توربینهای گاز است. این حرارت توسط بویلرهای بازیافت و به منظور تولید بخار مورد نیاز توربینهای بخار استفاده میشود. معمولاً برای افزایش کیفیت بخار از مشعلهای کمکی که از گاز خروجی توربین گاز بعنوان هوای ورودی استفاده می‌کنند برای حرارت دادن بویلر کمکی استفاده میشود. سیستمهای سیکل ترکیبی که در آنها از مایع خروجی از کندانسور برای تأمین حرارت استفاده میشود اساس سیستمهای تولید همزمان با سیکل ترکیبی را تشکیل می‌دهند.

۳-۳-۷ نیروگاههای مجهز به موتورهای رفت و برگشتی

این روش نیز مشابه به روش تولید همزمان در نیروگاههای گازی است با این تفاوت که بجای توربین گاز از موتورهای درونسوز رفت و برگشتی استفاده میشود. در نیروگاههایی که از موتورهای رفت و برگشتی استفاده می‌کنند، حرارت می‌تواند از روغن موتور یا آب خنک کن موتورها از حرارت گازهای خروجی از اگزوز بازیافت شود.



شکل(۳-۵): بازیافت حرارت از موتورهای رفت و برگشتی

بازده الکتریکی موتورهای رفت و برگشتی بین ۳۵ تا ٤۲ درصد است و در صورتیکه در اثر قوانین زیست محیطی لازم باشد اکسیدهای نیتروژن به میزان زیادی کاهش پیدا کند این راندمان ۱٪ کاهش می‌یابد. با توجه به اینکه موتورهای پیشرفته گازهای اگزوز خنک‌تری (حدود ٤۰۰) دارند، بازیافت حرارت فقط می‌تواند بصورت بخار باشد. مثلاً یک موتور دیزل ٤/۲ مگاواتی می‌تواند ۱/۵ مگاوات بخار و ۳/۱ مگاوات آبگرم و داغ تولید کند. با توجه به اینکه کل مصرف سوخت برای این موتور حدود ۱۰ مگاوات خواهد بود، بازده کل مجموعه حدود ۸۸٪ می‌رسد.

۳-٤ تولید همزمان برق و حرارت در ایران

در این مطالعه، برنامه بلندمدت استفاده از واحدهای تولید همزمان برق و حرارت در کشور، براساس حداقل سازی مجموع هزینه‌های اقتصادی سیستم عرضه انرژی کشور تهیه شده است. در محاسبه هزینه‌های سیستم عرضه انرژی، مولفه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های بهره برداری و هزینه های سوخت لحاظ شده است .

در مدلسازی سیستم تولید همزمان برق و حرارت، فرض شده است که میتوان تلفات ناشی از گازهای داغ خروجی از توربین های گازی را به صورت بازیافت حرارت وارد شبکه تولید همزمان برق و حرارت نمود. انتخاب های مطرح برای استفاده ازبازیافت حرارت، استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی برای تولید برق، استفاده از بویلر بازیافت حرارت برای تولید آبگرم و استفاده از توربین بخار پس فشاری (Back

pressure) برای تولید برق و آبگرم است. براساس اطلاعات فنی، راندمان توربین گازی بعد از نصب سیستم بازیافت حرارت ازحدود ٣٤ درصد به بیش از ٧٠ درصد افزایش می‌یابد، در نتیجه تلفات توربین‌های گازی ازحدود ٦٦ درصد به کمتر از ٣٠ درصد میرسد که پتانسیل بهینه‌سازی مهمی محسوب میشود و در این مطالعه، بررسی اقتصادی آن ارائه شده است.

بررسی وتحلیل استفاده از تولید همزمان برق وحرارت بر اساس سه روش زیر قابل انجام است:

١ ـ برنامه ریزی با محوریت تأمین حرارت مورد نیاز (Heat – oriented)

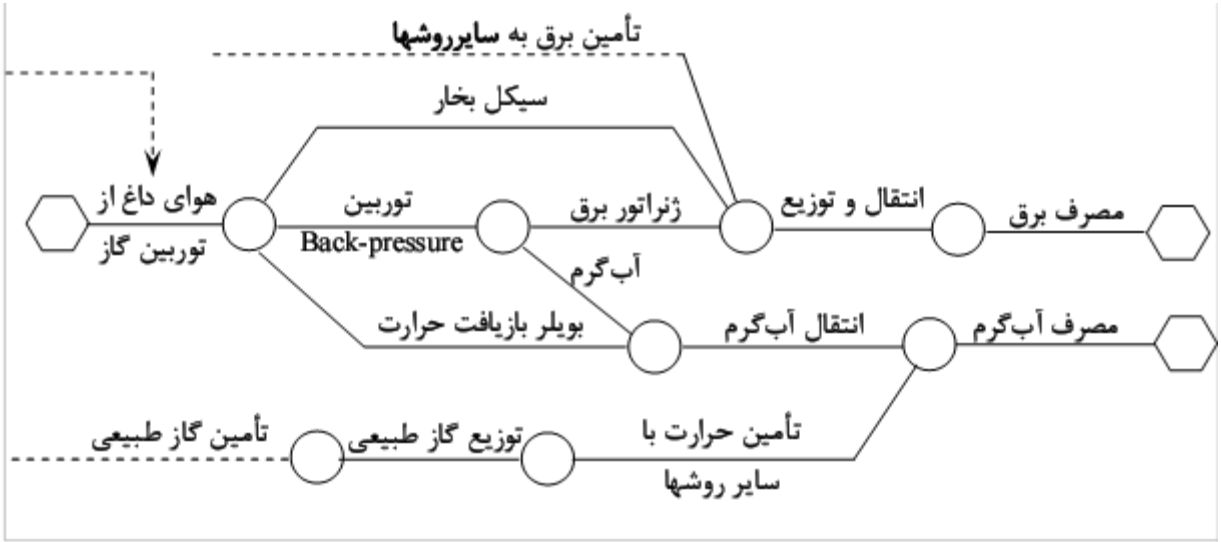
٢ ـ برنامه ریزی با محوریت تأمین برق مورد نیاز (Power – oriented)

٣ ـ برنامه ریزی با محوریت حداقل سازی هزینه کل سیستم عرضه انرژی (Cos-oriented)

در این مطالعه، برنامه‌ریزی برای استفاده از واحدهای تولید همزمان برق و حرارت بر اساس حداقل کردن هزینه‌های سیستم عرضه انرژی کشور صورت گرفته است. منظوراز هزینه های سیستم عرضه انرژی، مجموع هزینه‌های سرمایه گذاری، بهره برداری و هزینه های سوخت است.

٣-٥ مدلسازی شبکه تولید همزمان برق و حرارت

تعیین اطلاعات مورد نیاز و انتخاب روش برنامه ریزی، مهمترین قسمت بررسی انجام مطالعات بهینه سازی است. بدین منظور لازم است ساختار منطقی از کلیه تجهیزات قابل استفاده در شبکه تولید همزمان برق وحرارت تدوین گردد.مدل مورداستفاده برای این مطالعه مدل نرم افزاری EFOM-ENV بوده است. این مدل یک مدل بهینه سازی جریان انرژی است که با رسم شبکه جریان انرژی و وارد کردن اطلاعات فنی و اقتصادی و محدودیتهای موجود، برنامه بلند مدت سیستم انرژی را ارائه مینماید. شکل (٨) شبکه انرژی که بدین منظور مدلسازی شده است را نشان می‌دهد.



شکل(٣-٦): مدل شبکه انرژی تولید همزمان برق و حرارت

همانگونه که در شکل(۳-٦) ملاحظه می شود، تلفات ناشی از گازهای داغ خروجی از توربین های گازی به صورت بازیافت حرارت وارد شبکه تولید همزمان برق و حرارت می‌شود. انتخابهای مطرح برای استفاده از بازیافت حرارت، استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی برای تولید برق، استفاده از بویلر بازیافت حرارت برای تولید آبگرم و استفاده از توربین بخار پس‌فشاری (Back pressure) برای تولید برق و آبگرم است

۳-۵-۱ هزینه سوختهای ورودی به مدل شبکه تولید انرژی

در شبکه تولید انرژی از فرآورده های نفتی، گاز طبیعی، زغال سنگ و سوخت هسته‌ای به عنوان سوخت ورودی در بخشهای مرتبط استفاده شده است. همچنین گزینه‌های مختلف تولید برق بوسیله انرژی‌های نو در این شبکه در نظر گرفته شده‌است.

جدول (۳-۱) هزینه سوختهای مصرفی ورودی به بخش برق، که از بعضی بخشهای مرتبط تأمین می‌شود را نشان می‌دهد. این قیمتها بر اساس قیمتهای متوسط ۳۰ سال گذشته و بر اساس محتمل‌ترین سناریوی ممکن پیش‌بینی شده‌است.

جدول (۳-۱) هزینه سوختهای مصرفی ورودی به بخش برق

سال مطالعه	گاز طبیعی (سنت بر متر معکب)	گازوئیل (دلار بر بشکه)	نفت کوره (دلار بر بشگه)	زغالسنگ (دلار بر تن)
۱۳۸۳	۳/٦	۲۱/۳	۱٦/٥	۳۳
۱۳۸۸	۳/٦	۲۱/۳	۱٦/٥	۳۳
۱۳۹۳	۳/۸	۲۲/٤	۱۷/۳	۳٥
۱۳۹۸	۳/۸	۲۲/٤	۱۷/۳	۳٥
۱٤۰۸	٤	۲۳/٤	۱۸/۲	۳۷

۳-۵-۲ داده‌های فنی و اقتصادی تجهیزات موجود در شبکه تولید انرژی

تجهیزات مورد استفاده در شبکه برق شامل نیروگاه گازی، سیکل ترکیبی، توربین بخار، توربین بخار پس‌فشاری (Back pressure)، بویلر بازیافت حرارت، ژنراتور تولید برق و تولید حرارت توسط روشهای معمول همچون بخاری گازی می باشد.

نتایج

با استفاده از داده های موجود و اجرای مدل نتایج زیر بدست آمد:

۱- بازیافت حرارت از توربینهای گازی دارای اولویت اقتصادی بالایی در برنامه بلندمدت کشور است که بایستی بدان توجه شود. تولید حرارت از بازیافت انرژی در بویلر بازیافت حرارت برای مصارف گرمایشی بهترین انتخاب است و تولید همزمان برق و حرارت در توربین بخار پس‌فشاری (pressure ـ Back) در اولویت دوم قرار دارد.

۲- در شبکه تولید همزمان برق و حرارت، نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی در مقایسه با نیروگاه سیکل ترکیبی با توربین بخار پس‌فشاری و بویلر بازیافت حرارت دارای هیچگونه اولویت اقتصادی نیست. علت این امر، بالا بودن هزینه تولید انرژی نیروگاه سیکل ترکیبی معمولی نسبت به هزینه تولید انرژی نیروگاه سیکل ترکیبی با توربین بخار پس‌فشاری و بویلر بازیافت حرارت است.

۳- بعنوان یک تصمیم کلی برای تولید آبگرم، استفاده از بویلر بازیافت حرارت و توربین بخار پس‌فشاری (Back- Pressure) در سیستم قدرت کشور توصیه می‌شود.

۳-٦ سیاستهای کلی و پیشنهادات

با نگاه کلی، بازیافت حرارت از گازهای داغ خروجی از توربینهای گازی حتی در مناطقی که در آنها شبکه گاز وجود دارد دارای توجیه اقتصادی است. با در نظر گرفتن هزینه گاز ورودی با نیروگاهها، استفاده از بویلر بازیافت برای تأمین حرارت در اولویت اول قرار دارد. بعد از بویلر بازیافت، توربین بخار پس‌فشاری (Back ـ pressure) اولویت دوم را به خود اختصاص داده است.

با توجه به تأثیرپذیری انتخاب روشهای مختلف تولید همزمان برق و حرارت از شرایط محیطی، پیشنهاد میشود مطالعات میدانی هر پروژه اجرایی بصورت موردی انجام شود. لازمست در این مطالعات، ساز و کارهای فروش حرارت نیز بدقت مورد بررسی قرار گیرد زیرا بازار مطمئن فروش حرارت تأثیر مهمی بر انتخاب آلترناتیوهای موجود در تولید همزمان دارد ولی آنچه که بدیهی بنظر می‌رسد، استفاده از تولید همزمان برق و حرارت بمنظور بالا بردن بازده بخش عرضه انرژی است.

چکیده فصل

تولید همزمان برق وحرارت یک روش صرفه جویی انرژی است که در آن برق و گرما به صورت همزمان تولید می شوند.

خصوصیات یک سیستم گرمایش به ٦ گروه اصلی تقسیم می شوند

۱-کارایی انرژی ۲-تامین حرارت و انعطاف پذیری ۳-محیط زیست ٤- هزینه های کمتر ۵-استفاده هر چه بیشتر از فضای ساختمان٦-هزینه های پایین تر تعمیرات و نگه داری

تولید برق و گرما در حال حاظر به ۵ طریق امکان پذیر است:

۱-بازیافت از توربین های زیر کشدار

۲-بازیافت از توربین های پس فشاری

۳-بازیافت حرارتی از تو ربین های گازی

٤-بازیافت از سیکل ترکیبی

۵-بازیافت از موتورهای رفت و برگشتی

استفاده از سیستم های تولید برق و گرما به صورت همزمان می تواند یکی از مشکلات استفاده تولید پراکنده یعنی بالا بودن سرمایه گذاری اولیه را تا حدی حل کند.

برخی از تکنولوژی های تولیدپراکنده دارای راندمان پایینی هستند،استفاده از سیستم های همزمان تولید برق و گرما می تواند به بالا بردن راندمان این تکنولوژی ها کمک کند.

فصل چهارم

مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی با استفاده از منابع تولید پراکنده

٤-١ مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی با استفاده از منابع تولید پراکنده

تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز خانوارها، چاههای آب کشاورزی و معادن صنعتی در مناطق دور افتاده که گسترش شبکه انتقال و توزیع نیرو به آن مستلزم صرف هزینه های هنگفت می باشد از مسائل عمده در صنعت برق کشورهای در حال توسعه به ویژه ایران است.

همان طور که در فصل های قبل بیان شد،یکی از خصوصیات تولید پراکنده کمک به کاهش هزینه هاست.حذف خطوط انتقال وهمچنین رقابتی کردن بازار برق توسط تولید پراکنده از مزایای اقتصادی این تکنولوژی برای مصرف کنندگان میباشد. با توجه به خصوصیات اقتصادی تولید پراکنده بررسی انواع این تکنولوژی و مقایسه آنها از نظر هزینه خود میتواند مصرف کننده را برای انتخاب نوع تولید کمک کند.

برای تحقق این منظوردر این فصل چند مولفه اقتصادی مورد بررسی قرار می گیرد وروش های محاسبه هزینه نیز معرفی می شود.در آخر فصل یک منطقه از لحاظ هزینه های تولید پراکنده در دو نوع تکنولوزی(نیروگاه خورشیدی ودیزل ژنراتور) با تامین برق از پست مقایسه می گردد.

٤-٢ مؤلفه های هزینه تولید انرژی الکتریکی

برای تولید انرزی الکتریکی سه پارامتر اقتصادی باید مورد توجه قرار گیرد که صرفه جویی در هر کدام باعث کاهش هزینه ها می گرددواین مولفه ها عبارتند از۱-هزینه سرمایه گذاری اولیه ۲-هزینه آمادگی به کار ۳-هزینه سوخت

٤-٢-١هزینه های سرمایه گذاری

این هزینه تابعی از تکنولوژی تولید پراکنده ومکان وشرایط نصب آن می باشد.

جدول (٤-١):مشخصات فنی و اقتصادی تولید پراکنده

نوع تکنولوژی	گستره توانی kw	هزینه خرید$	ضریب بهره٪	ضریب بار٪	ضریب ظرفیت٪	طول عمر(سال)	بازده٪	ثابت بهره برداری $\left(\frac{\$}{kw}\right)$	متغییر بهره برداری $\left(\frac{\$}{kw}\right)$
دیزل	۳۰-۵۰۰	۱۴۰۰-۴۵۰	۱۷	٦٤/٩	۸۰	۳۰	۲۵-۴۰	۱۸-۱۰۰	۰,۰۰۵-۰,۰۰۸
میکروتوربین با chp	۲۵-۲۵۰	۱۵۰۰-۸۰۰	۱۷	٦٤/٩	۹۵	۲۰	۷۰-۸۲	۳-۱۰	۰,۰۰۵-۰,۰۰۱
توربین صنعتی	۱۰۰۰-۵۰۰۰	۱۲۵۰-۵۰۰	۱۷	٦٤/٩	۷۰	۲۰	۲۵-۴۲	۱۰-۲۵	۰,۰۰۲۵-۰,۰۰۴
توربین بادی	۵-۱۵۰۰	۱۱۰۰-۹۰۰	۱۷	٦٤/٩	۳۰	۲۰	۲۰-۴۰	۱۳/۵-۲۲	۰
فتوولتائیک	۱-۱۰۰	۵۰۰۰-۴۰۰۰	۱۷	٦٤/٩	۲۰	۳۰	۵-۱۵	۰	۰,۰۰۱-۰,۰۰۴
سلول سوختی	۵-۲۰۰	۴۰۰-۳۰۰	۱۷	٦٤/٩	۵۰	۳۰	۷۵-۸۰	۳-۱۰	۰,۰۱۳-۰,۰۱۶
میکروتوربین بدون chp	۲۵-۲۵۰	۱۳۰۰-۷۵	۱۷	٦٤/٩	۹۵	۲۰	۲۰-۳۰	۳-۱۰	۰,۰۰۵-۰,۰۱

ضریب بهره :میزان بهره سرمایه گذاری و یا به عبارت دیگر بهره وام بانکی اخذ شده برای سرمایه گذاری و نصب تولید پراکنده می باشد.

ضریب ظرفیت : این ضریب برابر نسبت انرژی الکتریکی واقعی تولید توسط تولید پراکنده در پیک دوره زمانی به کل انرژی الکتریکی تولیدی در صورتی که آن تولید در دوره زمانی مزبور با ظرفیت کامل بهره برداری گردد، می باشد (لازم به ذکر است که برای افزایش دقت محاسبات ضریب آماده به کاری تجهیز نیز در ضریب مزبور ملاحظه گردیده است،این ظریب برابر نسبت ساعات کاری واقعی تولید به کل ساعات ممکن در یک دوره مشخص می باشد)

مقادیر نرخ بهره ، ضریب بار ، ضریب ظرفیت وطول عمر دیزل ژنراتور به ترتیب برابر۸۰،٦٤،۹،۱۷درصد و ۳۰ سال می باشد .با فرض رابطه نمایی برای تغییرات هزینه سرمایه گذاری نسبت به توان نامی این هزینه را ازرابطه زیر می توان محاسبه نمود.

$$cc(p) = ۱۰^{a.p+b} \left(\frac{\$}{kw}\right) \qquad (۱-٤)$$

مقادیرa,bبر مبنای برازش منحنی نمایی روی داده های معلوم به دست آمده که در جدول زیرارائه شده است.

جدول(٤-٢):مقادیر ضرایب رابطه نمایی هزینه سرمایه گذاری

تولید پراکنده	ضریب اول (a)	ضریب دوم (b)
دیزل ژنراتور	-۰/۰۰۰۱۰	۳/۱٤۹۱
میکروتوربین با CHP	-۰/۰۰۱۲۱	۳/۲۰٦٤
توربین صنعتی	-۰/۰۰۰۱۰	۳/۱۹٦٤
توربین باد	-۰/۰۰۰۰٦	۳/۰٤۱۷
سلول فتوولتائیک	-۰/۰۰۱۰۰	۳/٦۹۹۹
پیل سوختی	-۰/۰۰۰٦٤	۳/٦۰٥۳
میکروتوربین بدون CHP	-۰/۰۰۱۰٦	۳/۱٤۰٥

جدول(٤-٣): قیمت های سوخت تحویلی وزارت نفت

نوع مصرف	قیمت داخلی		قیمت خارجی	
	گازوئیل (ریال در یک لیتر)	گاز طبیعی (ریال در متر مکعب)	گازوئیل (ریال در لیتر)	گاز طبیعی (ریال در متر مکعب)
مسکونی	۱٦۰	۷٥	۱۳/٥×۸۰	۳/٦×۸۰
تجاری	۱٦۰	۱۸۰	۱۳/٥×۸۰	۳/٦×۸۰
کشاورزی	۱٦۰	۱۳۰	۱۳/٥×۸۰	۳/٦×۸۰
صنعتی	۱٦۰	۱۳۰	۱۳/٥×۸۰	۳/٦×۸۰
عمومی	۱٦۰	۱۸۰	۱۳/٥×۸۰	۳/٦×۸۰

هزینه های مزبور برای دیزل ژنراتور مورد نظر برابر ۱٤۰۰ دلار برای هر کیلو وات می باشد.مقدار ضریب بهره که از سر شکن نمودن بهره کل روی سنوات عمر تجهیز ات حاصل می شود از رابطه زیر محاسبه می شود که برای دیزل مورد نظر برابر ۱۷٫۱٥ درصد محاسبه می گردد

$$crf = \frac{gr \times (۱ + gr)^{lif}}{[(۱ + gr)^{lif} - ۱]} \quad \% \qquad (۲_۴)$$

در این رابطه lif, gr به ترتیب نرخ بهره بانکی وطول عمر دیزل ژنراتور می باشد.پس از تعیین ضریب بهره هزینه هر کیلو وات س اعت ن صب تولی د پراکن ده مط ابق رابطه ز رتعیین می گردد:

$$ic(p) = \frac{۸۰۰ \times crf}{cf \times if \times ۸۷۶۰} \qquad (۳_۴)$$

در رابطه قبلی lf,cf به ترتیب ضرایب ظرفیت و بار می باشند ومقدار هزینه مزبور برای دیزل ژنراتور مورد نظر برابر ٤٢٢ ریال برای هر کیلووات ساعت بر آورد می گردد.

٤-١-٢ هزینه آمادگی کار

$$oam(p) = \frac{oc(p)}{(cf \times if \times ٨٧٦٠)^{ov(p)}} \qquad (٤_٤)$$

کمیت های oc(p)و ov(p) به ترتیب مقادیر هزینه های ثابت ومتغیر بهره برداری تولیدپراکنده در توان نامیpمی باشند.

بر اساس محاسبات صورت گرفته مقدار هزینه مزبوربرای دیزل ژنراتورمور د نظربرابر ۹۵ ریا ل برای هر کیلو وات ساعت می باشد.

٤-٢-٣ هزینه سوخت

تعیین هزینه سوخت مستلزم محاسبه نرخ حرارتی دیزل ژنراتور بوده که بر طبق رابطه زیر تعیین می گردد:

$$hr(p) = \frac{٣٤١٣}{[٠.٩٠٤ \times ٠.١ \times eff(p)]} \qquad (٥_٤)$$

در رابطه فوق eff(p) بازده تجهیز با توان نامیpمی باشد

این بازده برای دیزل ژنراتور ۳۰ کیلو واتی ۲۵ درصد در نظر گرفته شده است . با این محاسبه مقدار نرخ حرارتی دیزل ژنراتور برابر ۱۵□۱ (بی تی یو بر کیلو وات ساعت)می گردد.

با محاسبه نرخ حرارتی ، هزینه سوخت از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$fc(p) = \frac{hr(p) \times gc}{hv} \qquad (٤-٦)$$

٤-٣ مدل هزینه نهایی انرژی الکتریکی برای یک منطقه دور افتاده

در حال حاضر تأمین انرژی الکتریکی در مناطق دور افتاده توسط نیروگاههای دیزلی صورت می پذیرد که دارای هزینه های عملیاتی قابل توجهی بوده است و علاوه بر اینکه قیمت تمام شده انرژی الکتریکی را گران می سازد آلودگی صوتی و مشکلات زیست محیطی از پیامدهای آن است .

در این قسمت یک منطقه هدف از لحاظ هزینه تامین انرژی الکتریکی با توجه به دو نوع تکنولوژی تولید پراکنده که در فصل دوم معرفی شد(نیروگاه دیزلی و نیروگاه خورشیدی) مورد بررسی قرار میگیرد.همچنین

هزینه تامین انرژی برق از پست ٦٣ (خط انتقال سراسری)نیز محاسبه شده و با تکنولوژی های تولید پراکنده قابل مقایسه است.

با مطالعه این قسمت می توان به فواید تولید پراکنده و به ویژه تولید پراکنده با انرژی های نو پی برد.

فرض می شود بار الکتریکی منطقه طی سالهای آیند 10MW برآورد گردد. همچنین فرض می شود منطقه دارای پتانسیل بالای انرژی خورشیدی می باشد(این پتانسیل در مناطق مرکزی یا جنوبی ایران مانند استانهای اصفهان ،کرمان،یزد،خراسان جنوبی و... وجود دارد) وامکان مناسبی برای بهره برداری از نیروگاه خورشیدی وجود دارد . هدف از مطرح کردن این فصل طراحی یک مدل اقتصادی می باشد که در آن عرضه برق برحسب سه مقطع زمانی بار پایه، بار میانی و بار پیک صورت می پذیرد .براساس مدل پیشنهادی نیروگاه خورشیدی در بار پایه، پست63kv در بار میانی و نیروگاه دیزلی در بار پیک مورد بهره برداری قرار می گیرد .در این فصل گزینه های مختلف نیروگاه خورشیدی مورد ارزیابی قرار گرفته، هزینه نهایی انرژی الکتریکی در حالات گوناگون محاسبه و نهایتاً گزینه برتر فنی اقتصادی انتخاب می شود.

٤-٣-١مبانی نظری مدل اقتصادی

در این مدل هزینه نهایی تولید برق براساس زمان عملکرد در بار پایه و بار پیک برآورد می شود .هزینه تولید برق نیروگاههای مختلف با توجه به ویژگیهای فنی اقتصادی نیروگاه، متفاوت است. مثلاً نیروگاههایی که در زمان بار پایه مورد استفاده قرار می گیرند، دارای هزینه های عملیاتی کم و هزینه سرمایه گذاری زیاد هستند در مقابل نیروگاههایی که در زمان پیک مورد استفاده قرار می گیرند، دارای هزینه های عملیاتی زیاد و هزینه های سرمایه گذاری کم هستند.

دراین قسمت فرض بر این است که از سه نوع نیروگاه برای تأمین انرژی الکتریکی در بار پایه، میانی و پیک درمنطقه هدف استفاده شده است . هر یک از این نیروگاهها درزمانهای h_1, h_2, h_3,مورد بهره برداری قرار می گیرند مقدار ساعات بهره برداری از هر یک نیروگاه ها با کمک پارامترهای اقتصادی C,Vکه در جدول(٤-٤) تشریح شده است، تعیین می شود. با در نظر گرفتن آرایش بهینه نیروگاهها[1]روابط

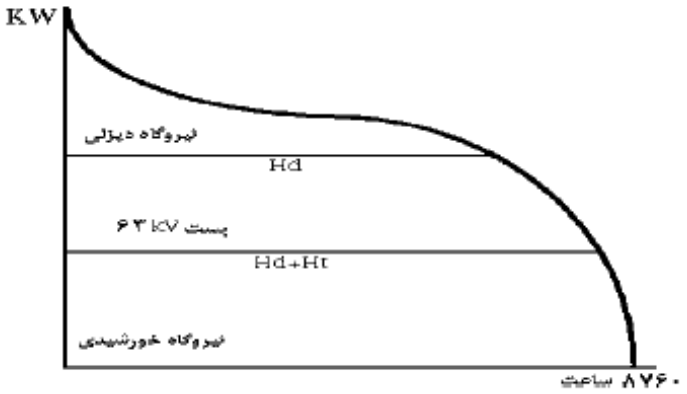
$V1 > V2 > V3$ و $C1 < C2 < C3$

برقرار خواهد بود. برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می گردد که در ساعات پیک بار از نیروگاه دیزلی ، در زمان بار میانی از پست انتقال 63KVکه برق آن از نیروگاههای بخاری تأمین می شود و در زمان بار پایه از نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک و یا نیروگاه گرمایی خورشیدی استفاده شود. شکل(٤-١) منحنی تداوم بار را برای این سه نوع نیروگاه نشان می دهد

[1]- merit-order dispatch

جدول(٤-٤):پارامترهای اقتصادیC و V

	پیک	میانی	پایه
هزینه های سرمایه گذاری تنزیل شده	C1	C2	C3
هزینه های عملیاتی	V1	V2	V3



برای محاسبه ساعات بهر ه برداری از سه نیروگاه مذکور از روابط زیر استفاده می شود

-ساعاتی که نیروگاه دیزلی در مدار قرار میگیرد.

(7-٤)

$$h_1=\frac{c_2-c_1}{v_1-v_2}$$

- ساعاتی که پست63KV در مدار قرار می گیرد

$$h_2=\frac{c_3-c_2}{v_2-v_3} \qquad (۸_۴)$$

ساعاتی که نیروگاه خورشیدی مورد بهر ه برداری قرار می گیرد.

$$h_3=۸۷۶۰-h_2-h_1 \qquad (۹_۴)$$

با مشخص بودن شکل منحنی تداوم بار شکل(٤-٢)، هزینه کل سیستم شامل هزینه های سرمایه گذاری و هزینه های عملیاتی به ر وش زیر به تفکیک ساعات پیک، میانی و پایه محاسبه میگردد.

$$TC=c_1k_1+c_2k_2+c_3k_3+h_1v_1k_1+(h_1+h_2)v_2k_2+(h_1+h_2+h_3)v_3k_3 \qquad (۱۰_۴)$$

$c_1=(\$/\mathrm{KW/yr})$ هزینه سرمایه گذاری نیروگاه پیک

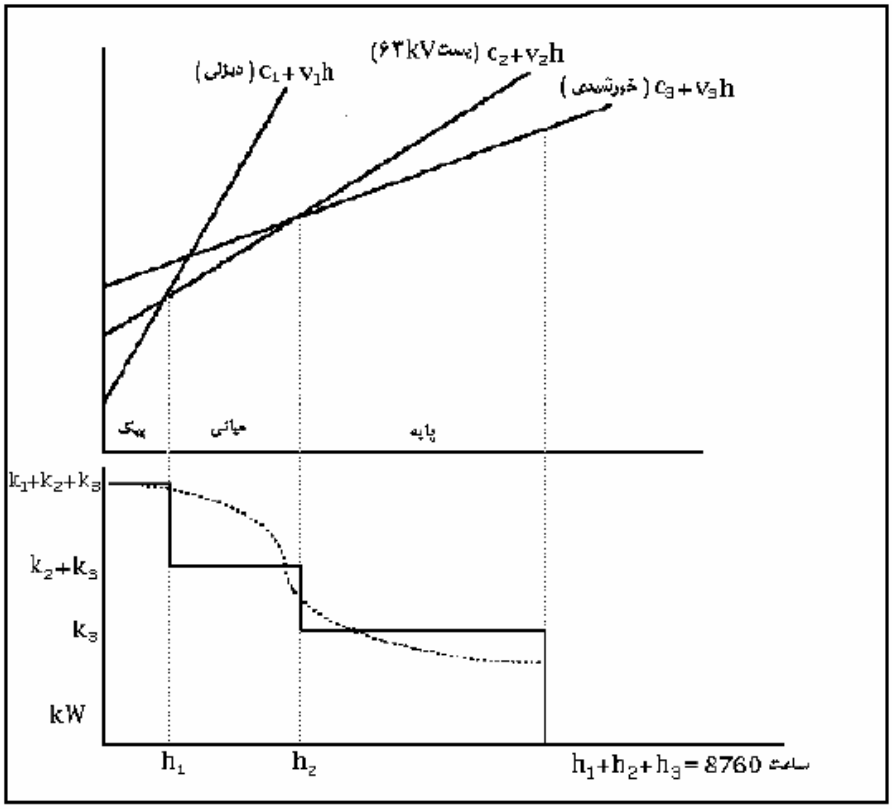
$c_2=(\$/\mathrm{KW/yr}$ هزینه سرمای هگذاری نیروگاه میانی

$c_3=(\$/\mathrm{KW/yr})$ هزینه سرمایه گذاری نیروگاه پایه

مقدار ظرفیت نیروگاه پیک $k_1 = (\mathrm{KW})$

مقدار ظرفیت نیروگاه میانی $k_2 = (\mathrm{KW})$

مقدار ظرفیت نیروگاه پایه $k_3 = (\mathrm{KW})$



شکل(٤-٢):منحنی تداوم بار

بدیهی است که به کمک تابع هزینه فوق، هزینه نهایی تولید انرژی الکتریکی به تفکیک ساعات پیک، میانی و پایه قابل محاسبه خواهد بود.

٤-٢-٢هزینه برق در زمان بار پیک

با فرض اینکه تقاضای پیک به میزان 1KWافزایش یابد،به منظور اینکه سیستم به صورت بهینه عمل نماید . میزان افزایش ظرفیت بایستی به اندازه یکKWباشد(یعنی K_1)1+افزایش هزینه کل سیستم در این شر ایط که دقیقاً برابر با هزینه نهایی افزایش تقاضابه میزان1KWاست برابر خواهد بود با

$$:\Delta TC = c_1 + h_1 v_1 (\$) \qquad (۱۱_۴)$$

$$MC_{peak} = \frac{c_1}{h_1} + v_1 \left(\frac{\$}{\mathrm{kwh}}\right) \qquad (۱۲_۴)$$

مفهوم عبارت فوق این است که هزینه تأمین برق در زمان بار پیک برابر با هزینه های عملیاتی به اضافه هزینه سرمایه گذاری در نیروگاه پیک است.

٤-٣-٣ هزینه برق در زمان بار میانی

حال اگر افزایش تقاضا در زمان بار میانی رخ دهد در این صورت رفتار بلندمدت سیستم۱-افزایش بلندمدت زمان عملکرد نیروگاه پیک به میزانh_2ساعت،۲- نصب یک نیروگاه برای بار میانی که به مدت $h_1 + h_2$ساعت در سال مورد بهره برداری قرار گیردو آزادسازی ظرفیت نیروگاه پیک . افزایش هزینه کل در حالت اول برابر است با هزینهٔ عملیاتی نیروگاه پیک به مدتh_2ساعت بیشتر،در حالت دوم این افزایش هزینه کل به صورت زیر خواهد بود:

$$\Delta(TC) = c_2 + (h_1 + h_2)v_2 - (c_1 + h_1 v_2) = h_2 v_2 + c_2 - [h_1(v_1 - v_2) + c_1] \qquad (۱۳_۴)$$

که با جایگذاری رابطه (5-1) در عبارت فوق داریم :

$$\Delta(TC) = h_2 v_2(\$) \qquad (۱۴_۴)$$

که کوچکتر از$h_2 V_1$می باشد .در این حالت هزینه نهایی هرkwhبرق خواهد بود:

$$MC_{\text{intermediate}} = \frac{h_2 v_2}{h_2} = \frac{v_2 \$}{\text{kwh}} \qquad (۱۴_۴)$$

همانطور که ملاحظه می گردد هزینه نهایی تولید در بار میانی فاقد هزینه های سرمایه گذاری است و دلیل آن این است که هزینه سرمایه گذاری در این حالت بوسیله صرفه جویی در کاهش ساعات عملکرد نیروگاه پیک خنثی شده است .به عبارت دیگر

$$c_2 = h_1(v_1 - v_2) + c_1 \qquad (۱۵_۴)$$

٤-٣-٤هزینه برق در زمان بار پایه

در حالت بار پایه افزایش هزینه کل به ازای یک واحد افزایش تقاضا برابر خواهد بود با:

$$\Delta TC = c_2 + (h_1 + h_2 + h_3)v_2 - [c_2 + (h_1 + h_2)v_2]$$

$$\Delta TC = h_2 v_2 + c_2 - [(h_1 + h_2)(v_2 - v_2) + c_2]$$

$$\Delta TC = h_2 v_2 + c_2 - c_2$$

$$\Delta TC = h_2 v_2 \qquad (۱۶_۴)$$

و هزینه نهایی تولید برابر خواهد بود با

$$MC_{\text{base}} = \frac{h_2 v_2}{h_2} = v_2 \qquad (17\text{-}4)$$

$/kwh

در رابطه بالا نیز مشابه حالت قبلی هزینه های سرمایه گذاری در محاسبه هزینه های تولید در بار پایه نقشی ندارند و محاسبات براساس هزینه های عملیاتی در زمان بار پایه صورت می پذیرد.

٤-٢-٥ گزینه های مورد مطالعه

به منظور مطالعه بر ق رسانی به منطقه موردنظر چهار گزینه متفاوت مورد بررسی قرار گرفته است.

١- **گزینه اول :**تأمین برق منطقه تماماً توسط نیروگاههای دیزلی موجود انجام گیرد.

٢-**گزینه دوم :** تأمین برق منطقه توسط ترکیب بهینه نیروگاه خورشیدی (فتوولتائیک)، پست انتقال63kvو نیروگاه دیزلی صورت پذیرد.

گزینه سوم : برق رسانی به منطقه توسط ترکیب بهینه نیروگاه حر ارتی خورشیدی پست انتقال 63kv و نیروگاه دیزلی انجام می گیرد

گزینه چهارم : برق رسانی منطقه تماماً توسط نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک صورت گیرد.

جدول (٤-٥) نتایج به دست آمده برای گزینه چهارم را با استفاده از روش ارائه شده نشان می دهد.

جدول (٤-٦) نتایج مدل ریاضی را که برای سه گزینه اول به دست آمده است نشان می دهد.

جدول(٤-٥): هزینه تولیدبرق درسیستم فتوولتائیک(گزینه چهارم)

ردیف	متغیرها	علامت اختصاری	مقدار	مقدار
١	نرخ تنزیل	i	١٥	٨
٢	طول عمر سیستم فتوولتائیک	N	٣٠	٣٠
٣	ضریب هزینه غیرمستقیم	ID	٠,٢٥	٠,٢٥
٤	هزینه سرمایه گذاری مدولها$\frac{\$}{m^2}$	MOD	٣٠٠	٣٠٠
٥	هزینه سرمایه گذاری تجهیزات جانبی سیستم فتوولتائیک مرتبط با منطقه$\frac{\$}{m^2}$	BOS	٥٠	٥٠
٦	هزینه سرمایه گذاری تجهیزات جانبی سیستم فتوولتائیک مرتبط با توان$\frac{\$}{kw}$	PC	١٠٠	١٠٠
٧	هزینه تعمیر و نگهداری سالانه($/m2/yr)	OM	٠,٣٢	٠,٣٢
٨	حداکثر تابش خورشیدی kw/m^2	SP	١	١

۹	تابش سالانه انرژی خورشیدی بر روی پانلهای مسطح و ثابت (kWh/m2/yr)	INSOL	۱۹۵۸,۱	۱۹۵۸,۱
۱۰	کارایی مدول فتوولتائیک(%)	NMOD	۱۵	۱۵
۱۱	کارایی تجهیزات جانبی(%)	NBOS	۹۰	۹۰
۱۲	ضریب تصحیح دمای سلول خورشیدی (%)	NT	۹۳	۹۳
۱۳	کارایی وضعیت توان(%)	PC	۹۵	۹۵
۱٤	هزینه تولید برق خورشیدی	Cpve	۲۸,۲	۱٦,۵

جدول(٤-٦): نتایج مدل ریاضی برای سه گزینه اول

شرح	گزینه اول	گزینه دوم			گزینه سوم		
		نیروگاه دیزلی	پست 63kv	نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک	نیروگاه دیزلی	پست 63kv	نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک
زمان عملکرد	–	پیک	میانی	پایه	پیک	میانی	پایه
۱- نرخ تنزیل سرمایه گذاری(%)	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
۲-هزینه سرمایه گذاری نیروگاهkw/($)	٤۵۰	٤۵۰	٦۰۰	۵۰۰۰	٤۵۰	٦۰۰	۳۰۰
۳-هزینه سرمایه گذاری نیروگاهkw/ریال	٤۱۰۰۰۰۰	٤۱۰۰۰۰۰	٤۸۰۰۰۰۰	٤۰۰۰۰۰۰۰	٤۱۰۰۰۰۰	٤۸۰۰۰۰۰	۲٤۰۰۰۰۰
٤- هزینه عملیاتی نیروگاه ¢/kwh	۱,۵	۱,۵	۰,۲	۰,۵	۱,۵	۰,۲	۱,۳
۵- هزینه سوخت¢/ kwh	۱,۵	۱,۵	۱,۵	–	۱,۵	۱,۵	–
٦-هزینه عملیاتی نیروگاه- wh /ریال با احتساب هزینه سوخت و۱۵درصد هزینه های زیست محیطی	۲۷٦,۱۸	۲۷٦,۱۸	۱۵٦,٤	٤۰	۲۷٦,۱۸	۱۵٦,٤	۱۰٤
۷- تلفات انتقال(%)	–	–	٦	–	–	٦	–
۸-تلفات توزیع(%)	۱۵	۱۵	۱۵	–	۱۵	۱۵	۱۵
۹-هزینه عملیاتی تعدیل شده	۳۲٤,۹۲	۳۲٤,۹۲	۱۹۵,۷٤	٤۰	۳۲٤,۹۲	۱۹۵,۷٤	۱۲۲,۳۵

wh/ریال							
۱۰-عمر مفید نیروگاه (سال)	۱۵	۱۵	۲۰	۳۰	۱۵	۲۰	۳۰
۱۱-ذخیره اطمینان نیروگاه(%)	۲۵	۲۵	–	–	۲۵	–	–
۱۲-قابلیت دسترسی به ظرفیت یاAF(%)	۸۵	۸۵	۸۰	۹۰	۸۵	۸۰	۹۰
۱۳-هزینه سرمایه گذاری سالانه تعدیل شده w/yr/ریال	۱۲۱۳۰۹۷	۱۲۱۳۰۹۷	۱۱۹۹۷۱۱	٦٧٦٨٨٩٨	۱۲۱۳,۹۷	۱۱۹۹۷۱۱	٤٧٧٨٠٤٥
١٤-تعداد ساعات عملکرد سال / ساعت	۸۷٦۰	۷٦۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰	۷٦۰	۵۰۰۰	۳۰۰۰
۱۵-هزینه سرمایه گذاری تولید سالانه تعدیل شده	۱۳۸,۵	۱۵۹٦,۱۸	۲۳۹,۹٤	۲۲۵٦,۳	۱۵۹٦,۱۸	۲۳۹,۹٤	۱۵۹,٦
١٦-هزینه سرمایه گذاری خط و پست انتقالw /ریال	–	–	۷٦۳۵۰۰۰	–	–	–	–
۱۷-ضریب همزمانی(%)	۱۰۰	۱۰۰	۸۱	٦۳	۱۰۰	۱۰۰	٦۳
۱۸-ضریب همزمانی نرمالیزه شده(%)	٤۱	٤۱	۳۳	۲٦	٤۱	۳۳	۲٦
۱۹-عمر مفید شبکه انتقال(سال)	–	–	۳۰	–	–	۳۰	–
۲۰-ذخیره اطمینان شبکه انتقال(%)	–	–	۱۰	–	–	۱۰	–
۲۱-قابلیت دسترسی به ظرفیت شبکه انتقال(%)	–	–	۱۰۰	–	–	۱۰۰	–
۲۲-هزینه سرمایه گذاری انتقال تعدیل شدهw/yr /ریال	–	–	٤۹۹۵٤۹	–	–	٤۹۹۵٤۹	–
۲۳-هزینه سرمایه گذاری انتقال تعدیل شدهwh /ریال	–	–	۹۹,۹	–	–	۹۹,۹	–
٢٤-هزینه سرمایه گذاری شبکه توزیعwh /ریال	١٤٥٠٠٠٠	١٤٥٠٠٠٠	١٤٥٠٠٠٠	–	١٤٥٠٠٠٠	١٤٥٠٠٠٠	١٤٥٠٠٠٠
۲۵-عمر مفید شبکه	۳۰	۳۰	۳۰	–	۳۰	۳۰	۳۰

توزیع(سال)							
۲۶-ذخیره اطمینان شبکه توزیع(%)	۱۰	۱۰	۱۰	-	۱۰	۱۰	۱۰
۲۷-قابلیت دسترسی به ظرفیت شبکه توزیع(%)	۹۵	۹۵	۹۵	-	۹۵	۹۵	۹۵
۲۸هزینه سرمایه گذاری توزیع تعدیل شده	۱۰۴۷۹۷	۱۰۴۷۹۷	۸۴۸۵۵	-	۱۰۴۷۹۷	۸۴۸۵۵	۶۶۰۲۲
۲۹-هزینه سرمایه گذاری تعدیل شدهw/yr /ریال	۱۱,۹۹	۱۳۷,۸۹	۱۶,۹۸	-	۱۳۷,۸۹	۱۶,۹۸	۲۲
۳۰-هزینه نهایی بلندمدت تولید برق	۴۷۵,۴	۲۰۵۹	۳۱۲,۶۳	۴۰	۲۰۵۹	۳۱۲,۶۳	۱۴۴,۳
۳۱-هزینه نهایی بلندمدت تولید برق (LRMC) wh/ریال	۵,۹	۲۵,۷	۳,۹۱	۰,۵	۲۵,۷	۳,۹۱	۱,۸
۳۲-هزینه نهایی بلندمدت تولید برق با احتساب هزینه افزایش ظرفیت (LRMC) ¢/wh		۲۰۵۹	۵۲۲,۶	۲۲۹۶,۳	۲۰۵۹	۵۲۲,۶	۱۷۳۷
هزینه نهایی بلندمدت تولید برق با احتساب هزینه افزایش ظرفیتwh /ریال		۲۵,۷	۶,۸	۲۸,۷	۲۵,۷	۶,۸	۲۱,۷

برخی از اطلاعات جدول بر اساس منابع سال های قبل به دست آمده است بدیهی است با گذشت زمان هزینه های مربوط به نیروگاه ها تغییر خواهد کرد .اما با در نظر گرفتن همین مقادیر نیز می توان مقایسه ای بین تکنولوژی های ذکر شده انجام داد.

براساس اطلاعات به دست آمده از مدل ریاضی فوق در گزینه اول، هزینه عملیاتی نیروگاه دیزلی بالغ بر۳۲۴,۹۲ wh/ریال و هزینه نهایی بلندمدت تولید برق(LRMC) برابر۴۷۵,۳۳ است لکن این اعداد با احتساب نرخ یارانه ای سوخت معادلRls/lit ۱۶۵ محاسبه شده است چنانچه نرخ بدون یارا نه سوخت در نظر گرفته شود این اعداد به ترتیب تا۲۶۴۷,۹۸و۲۷۸۳,۳ افزایش خواهند یافت. یکی از مهمترین نکات در مورد بهره برداری از نیروگاههای دیزلی گران بون هزینه های عملیاتی و به ویژه سوخت این نیروگاههاست.

در سال ۱۳۷۷ سوخت با نرخ دولتی Rls/lit ٤٠وRls/lit ۲ بابت هزینه حمل و نقل که در مجموع معادل٤٢ Rls/litبه نیروگاه تحویل داده شده است

در سال ۱۳۷۸ هزینه و نقل گازوئیل بهRls/lit ٣٤ افزایش پیدا کرد که مجموعاً هزینه سوختRls/lit 74 شده است.در سال ۱۳۸۸ مجموعه هزینه وانتقال گازوئیل تامرز ۲۷۰ افزایش پیدا کرد.

بدیهی است که هزینه سوخت نیروگاهها در ایران بسیار پایین تر از هزینه واقعی سوخت در سطح بین المللی است و همین مسئله سبب گردیده است که هزینه عملیاتی نیروگاههای دیزلی و در نتیجه هزینه نهایی تولید برق این نیروگاهها کمتر از میزان واقعی آنها به نظر رسد. طی پژوهشی که توسط پژوهشگران دانشگاه کرس فرانسه در سال ۱۹۹۹ بر روی نیروگاههای دیزلی صورت پذیرفته است، هزینه سوخت به طور معمول مابین lit /¢25تا۲۳ می باشد که براساس متوسط هزینه سوخت با احتساب هزینه حمل در دامنه١٤تا٥٥ قرار می گیرد به منظور ارائه تصویر روشنی از عملکرد نیروگاه منطقه، هزینه سوخت براساس استاندارد بین المللی محاسبه گردیده و تغییرات قیمت سوخت و تأثیر آن بر هزینه نهایی تولید برق درجدول(٤-٧) نشان داده شده است.

جدول(٤-٧):هزینه نهایی تولید برق با تغییرات قیمن سوخت

	حالت اول 74 Rs/litre	**حالت دوم 1120 Rs/litre**	**حالت سوم 4400 Rs/litre**
هزینه عملیاتی نیروگاه	٢٧٦,١٨	٧٥٣,٣٩	٢٢٥٠,٧٨
هزینه عملیاتی تعدیل شده	٣٢٤,٩٢	٨٨٦,٣٤	٢٦٤٧,٩٨
هزینه نهایی بلندمدت تولید برق	٤٧٥,٣٧	١٠٢١,٦	٢٧٨٣,٣
هزینه نهایی بلندمدت تولید برق	٥,٩	١٢,٨	٣٤,٨

گزینه دوم به منظور بهره برداری از سه منبع تأمین یعنی نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک پست انتقال63kv و نیروگاه دیزلی پیشنهاد شده است . در این گزینه نیروگاه فتوولتائیک به دلیل هزینه های زیاد سرمایه گذاری دارای بیشترین هزینه نهایی بلندمدت تولید برق است . لکن فعالیتهای تحقیق و توسعه موجب شده است که هزینه سرمایه گذاری سلولهای نوری(PV) $/wp٥-٣(در سال های قبل) به کمتر از$/wp ۲(اکنون) کاهش یابد .این کاهش منجر به کاهش هزینه های نهایی بلندمدت نیروگاههای فتوولتائیک خواهد شد.

در گزینه سوم به جای سیستم فتوولتائیک، یک نیروگاه گرمایی خورشیدی پیشنهاد شده است .در این گزینه هزینه نهایی بلندمدت تولید برق برای نیروگاه گرمایی خورشیدی کمتر از این هزینه برای نیروگاه دیزلی است.

گزینه چهارم تأمین کلی برق مورد نیاز منطقه توسط سیستمهای فتوولتائیک را نشان می دهد .هزینه تولید برق د ر این شیوه با نرخ تنزیل 15 درصد معادل(¢/ kwh) ۲۸,۲ و با نرخ تنزیل 8 درصد(¢/ kwh) ۱٦,٥ است.

٤-٤ نتیجه گیری

آنچه که در خاتمه این فصل به عنوان نتیجه گیری می توان عنوان نمود این است که بافرض بالا بودن پتانسیل انرژی خورشیدی منطقه امکان بهر ه برداری از نیروگاه خورشیدی وجود دارد . از سوی دیگر به دلیل توسعه شبکه انتقال نیرو به این منطقه و مناطق مجاور آن بهره برداری از پست انتقال63kv از توجیه اقتصادی برخوردار است . با بکارگیری این دو منبع تأمین انرژی الکتریکی، میزان ساعات بهر ه برداری از نیروگاه دیزلی به نحو قابل ملاحظه ای کاهش می یابد و آلودگی هوا و آلود گی صوتی که از خطرات مهم برای اهالی محسوب می گردد کاسته خواهد گردید .

چکیده فصل

محاسبه هزینه انواع تکنولوژی تولید پراکنده می تواند سرمایه گذار و مشتری را در انتخاب نوع تکنولوژی کمک کند.

برای محاسبه هزینه تولیدبرق دانستن چند مولفه لازم است

۱-هزینه سرمایه گذاری اولیه

۲-هزینه آمادگی به کار

۳- هزینه سوخت

برای انتخاب تکنولوژی تولید پراکنده برای یک منطقه علاوه بر مسائلی پون در دسترس بودن تکنولوژی ، امکان تامین سوخت(برای تکنولوژی های تجدید ناپذیر)شرایط جغرافیایی و آب و هوایی ،قطعا هزینه یکی از پارامتر موثر خواهد بود.

تولید پراکنده را می توان به صورت مستقل ا ز شبکه نیز استفاده کرد که به دلیل سرمایه گذاری بالا و قابلیت اطمینان پایین ،توصیه نمی شود.علاوه بر این تولید پراکنده بیشترین نقش را پیک سایی ایفا می کند.به همین منظور با دردسترس بودن چند تکنولوژی تولید پراکنده ،آنها را در ساعات پیک ،میانیو پایه به کار گرفت و با محاسبه هزینه هر کدام در این ساعات به تعیین ظرفیت و انتخاب بهینه هر کدام در طول این ساعات پرداخت.

فصل پنجم
مکان یابی منابع تولید پراکنده

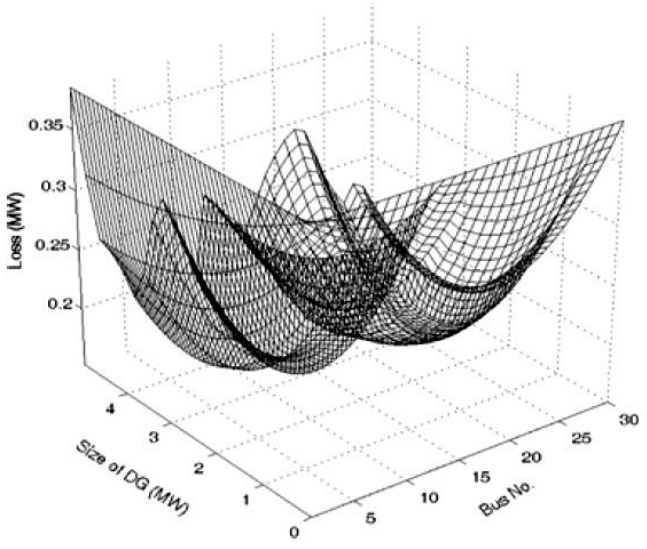
۵-۱ اهمیت جایابی و تعیین ظرفیت

یکی از مزایای تولید پراکنده کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ شبکه می باشد. مطالعات نشان میدهد که انتخاب نامناسب محل و ظرفیت DG می تواند باعث بروز تلفات بیشتری در شبکه نسبت به حالت قبل از نصب DG گردد.

جایابی بهینه و ظرفیت مناسب DG همچنین می تواند باعث آزاد سازی ظرفیت انتقال و توزیع شود.از این رو هزینه های سرمایه گذاری جدید را که هم سنگین تر و هم دارای دوره طولانی تری به نسبت DG هستند به تعویق می اندازد.

شکل (٦-١)یک منحنی سه بعدی است که کل تلفات توان در شبکه را بر حسب ظرفیت DG بر روی هر شین نشان می دهد.به روشنی مشخص است که به ازای ظرفیت خاصی از DG بر روی هر کدام از شین ها تلفات مینیمم می گردد و در صورتی که ظرفیت DG از این مقدار بزرگتر یا کوچکتر در نظر گرفته شود مقدار تلفات افزایش پیدا می کند.

این شکل دارای سه بعد است که بعد ارتفاع آن به عنوان مجهول مسئله می باشد که تاثیر گرفته از دو بعد دیگر است .برای تحلیل رسم شکل زیرباید میزان اثر گذاری دو مولفه مبنای مشخص یعنی مکان جاگذاری DG و اندازه DG به وضوح مشخص است.که در قدرت های متوسط و نیز ذر باس های نزدیک به آخر و در اواسط بهترین موقعیت نصبDGاست که این جایابی و تعیین ظرفیت تلفیقی مرکب می باشد .اما برای درک بهتر تاثیر هر کدام از مولفه ها بر تلفات جبرانی توسط DG باید تغییر یکی از مولفه ها را نادیده گرفت یا به عبارتی دیگر در شکل سه بعدی در دو حالت، یکی نمای روبرویی از طرف شماره شین ها و دیگری نمایی ، از طرف نمای روبروی اندازه ظرفیت DG به منحنی نگاه کرد . با این کار دو بردار دو بعدی پدید می آید که یکی تاثیر تغییرات جابجایی DG روی باس ها و یکی ظرفیت DG را در کاهش تلفات دخیل می دهد.



شکل (۵-۱):تأثیر ظرفیت و محل DG بر روی تلفات سیستم

۵-۲ فرمول بندی مسئله

برای هر یک از شین های شبکه توان اکتیوی وجود دارد که به ازاء تزریق آن مقدار توان اکتیو به شین مربوط،تلفات شبکه حداقل می شود.این مقدار توان اکتیو برای تک تک شین ها از رابطه(۱-٦) محاسبه می گردد.

$$P_{DG_i} = P_{D_i} + \frac{1}{\alpha_{ii}}\left[\beta_{ii}Q_i - \sum_{j=1,j\neq i}^{N}(\alpha_{ij}P_j - \beta_{ij}Q_j)\right]$$

(۱-۵)(آچاریا و دیگران،۲۰۰۹)

همچنین برای هر یک از شین های شبکه توان راکتیوی وجود دارد که به ازاء تزریق آن مقدار توان راکتیو،تلفات شبکه حداقل گردد. که این مقدار با رابطه زیر بدست می آید:

$$Q_{DG_i} = Q_{D_i} - \frac{1}{\alpha_{ii}}\left[\beta_{ii}P_i + \sum_{j=1,j\neq i}^{N}(\alpha_{ij}Q_j + \beta_{ij}P_j)\right]$$

(۵-۲)

که در روابط (۱-۵) و (۲-۵) داریم ؛

$$\alpha_{ij} = \frac{r_{ij}}{V_i V_j}\cos(\delta_i - \delta_j)$$

$$\beta_{ij} = \frac{r_{ij}}{V_i V_j}\sin(\delta_i - \delta_j)$$

$$\mathbf{r_{ij} + jx_{ij} = Z_{ij}}$$

$$[\mathrm{Zbus}] = [\mathrm{Ybus}]^{-1}$$

(۵-۳)

Pi: توان اکتیو تزریقی به شین i

i:Q i توان راکتیو تزریقی به شین

VI: ولتاژ شین

δi : زاویه ولتاژدر شین i

Zbus امین درایه ماتریس ij :Zij

N:تعداد شینها

بنابر این با استفاده از روابط ذکر شده می توان برای هر یک از شین های شبکه ضرفیت اکتیو وراکتیو واحدی را که در صورت نصب بر روی شین مربوطه ، بیشترین تاثیر را بر روی کاهش تلفات دارد،محاسبه کرد. در مرحله بعد باید از بین همه شین ها شینی که با ظرفیت مشخص شده بیشترین تاثیر را هم بر تلفات

کل و هم بر پروفیل ولتاژ شبکه دارد،مشخص شود.برای این منظور از شاخص مکان رابطه (٤-٦) استفاده می شود.

$$Indexi = A^{*}P_{Loss} + B^{*}\sum_{j=1}^{N}(1 - |V_j|)^{2} \qquad (6-4)$$

این شاخص مکان دارای دو بخش می باشد بخش اول نماینده تلفات توان و بخش دوم انحراف پروفیل ولتاژشبکه پس از نصب DGبا ظرفیت مشخص شده بر روی شین i است که در آنها داریم؛

P_{Loss} : تلفات توان پس از نصب DG

V_j :ولتاژ شین شماره j پس از نصب DG

N :تعداد شین های شبکه

A و B :ضرایب وزنی. این ضرایب با توجه به اهمیت دو هدف کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژ در شبکه تعیین می گردند.بدین ترتیب که هر کدام بیشتر باشد ضریب مربوطه مقدار کمتری به خود می گیرد.این یافته ها را می توان در چرخه برنامه نویسی چون متلب گذاشت تا با الگوریتم نویسی آن بهترین حالت ممکن بدست آید.

٥-٣ مکان یابی بهینه یک شبکه هشت شینه با استفاده ازنرم افزار psat

مراحل انجام کار به ترتیب زیر است

١-ابتدا شبکه شعاعی شکل(-2)را با استفاده از نرم افزار شبیه سازی می کنیم

٢-اطلاعات شبکه را وارد می کنیم

-اطلاعات شبکه به قرار زیر است:

$$v_1\angle\delta_1 = 1.05\angle 0pu \qquad p_{load} = 4MW$$
$$s_{loud} = 100MW \qquad Q_{load} = 1.5MVAR$$
$$v_{buse} = 23kv$$

R=0.2,X=0.25برای خطوط بر حسب PUمی باشد.

٣-انجام پخش بار شبکه بدون حضور تولید پراکنده و بدست آوردن مجموع تلفات برای شبکه

٤-در هر یک از شینه های شماره ٢ تا ٨ به ترتیب منبعی را قرار می دهیم با تولید$0.1 < p^{DG} < 1.2$ و با یک٠/٠٥=Step تولید راافزایش داده و تلفات را به دست می آوریم .

٥- مقدار دقیق کاهش تلفات و مقدار دقیق آزاد سازی ظرفیت را برای هر باس به دست می آوریم و با استفاده از نتایج بدست آمده شینه بهینه را بر اساس ماکزیمم کاهش تلفات دقیق انتخاب می کنیم.

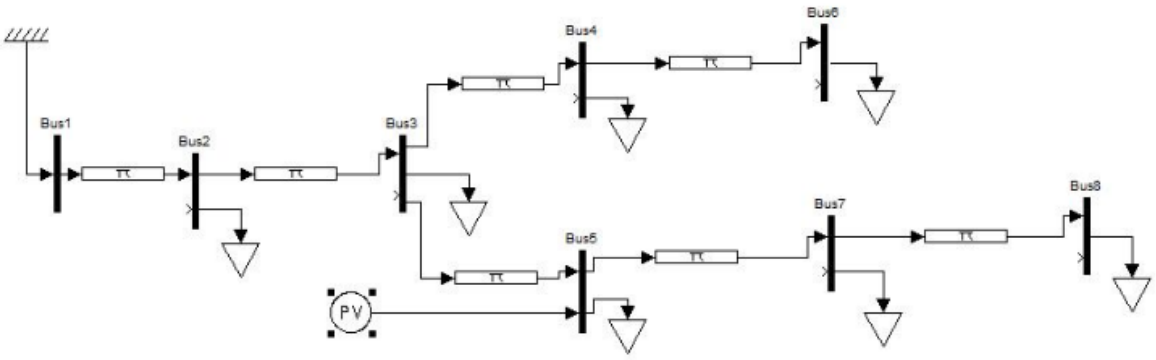
طبق مراحل ذکر شده در بالا ابتدا شبکه را بدون حضور تولید پراکنده به روش نیوتن-رافسون پخش بار می کنیم.

-برای مقایسه آسانتر نتایج از دو عامل کاهش تلفات دقیق p.L.R و آزاد سازی ظرفیت دقیقp· S·Cبر حسب در صد از روابط زیر استفاده می کنیم.

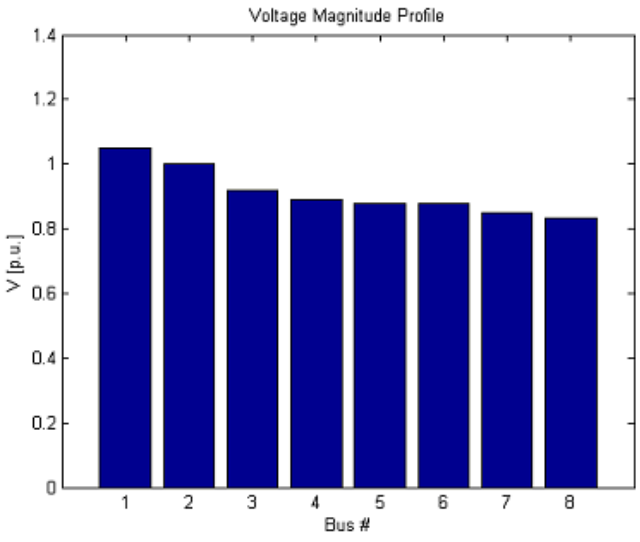
(5-5)

$$P.L.R = \frac{P_{Loss} - P_{Loss}^{DG}}{P_{Loss}} * 100 \qquad .S.C = \frac{P_{Slack} - P_{Slack}^{DG} + P_{Loss} - P_{Loss}^{DG}}{P_{Slack}} * 100$$

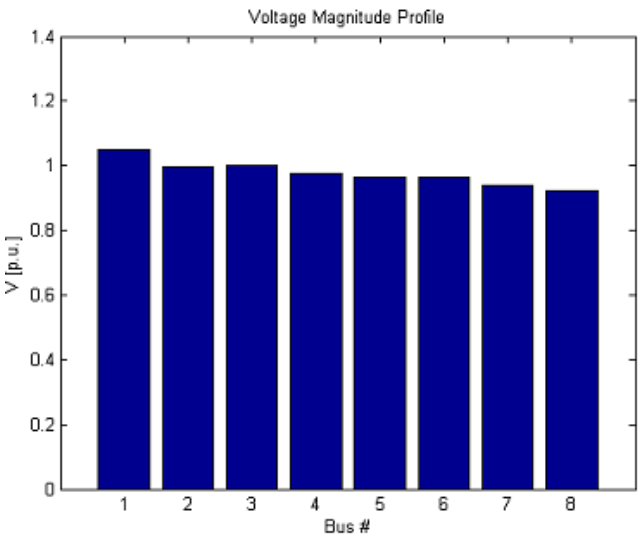
(5-6)



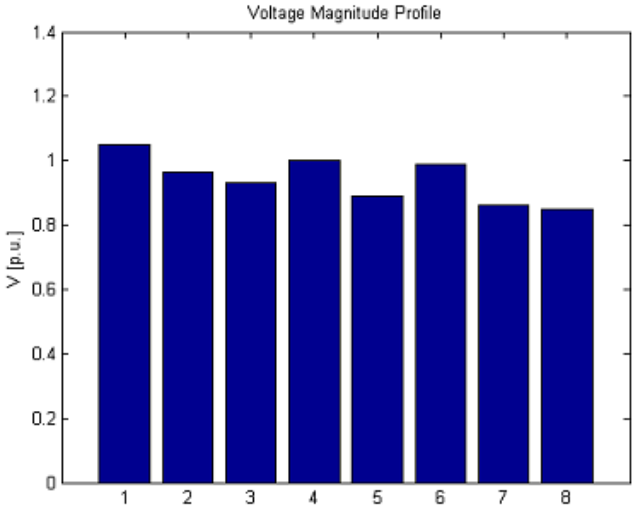
شکل(5-۲):شبکه هشت شینه مورد مطالعه



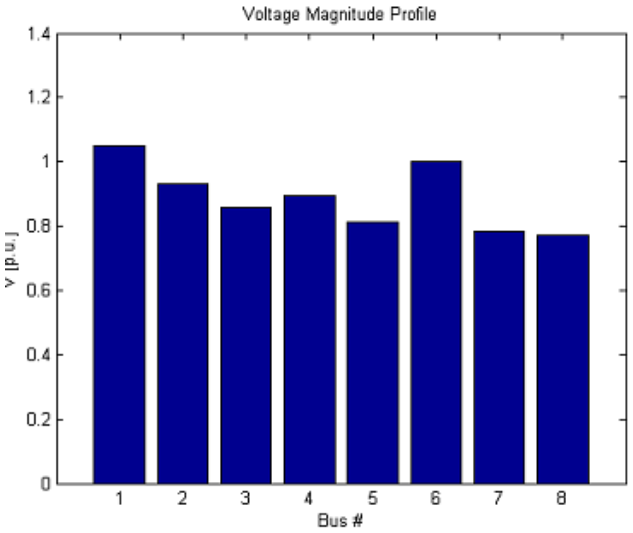
نصب DGدر شین ۲



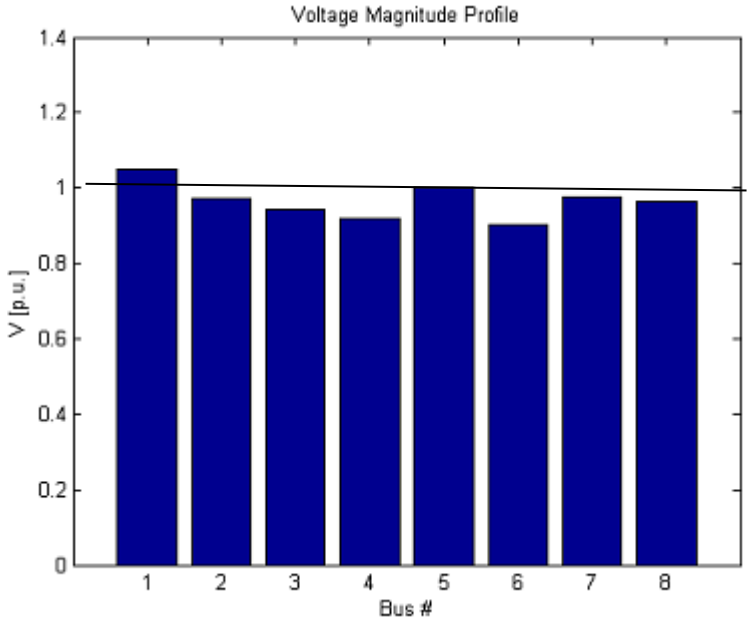
نصب DGدر شین۵



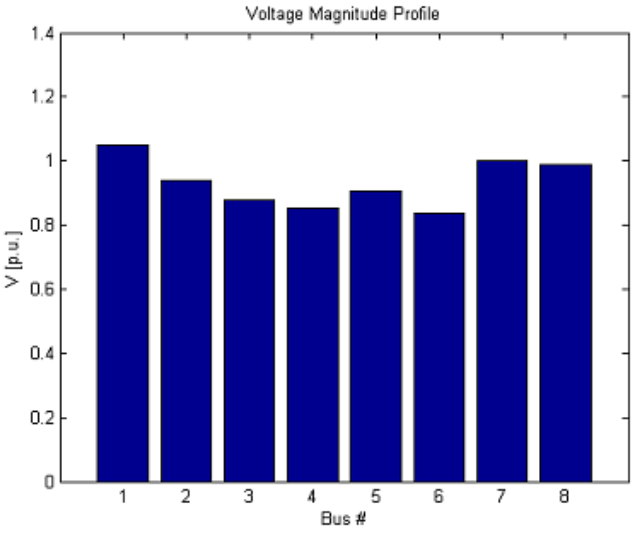
نصب DGدر شین ۴



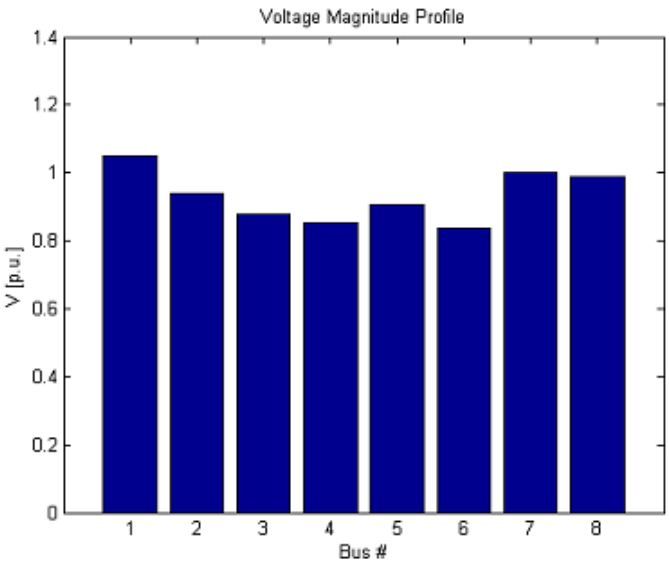
نصب DGدر شین ٦



نصب DGدر شین ۳



نصب DGدر شین ۷



نصب DGدر شین ۸

جدول(۵-۱):مجموع تلفات بدست آمده از نرم افزار

شماره شین	۱	۲	۳	٤	٥	٦	۷	۸
مجموع تلفات	۰,٤٨٣٥٣	۰,۱۲٤۸۸	۰,۱۷۳۷۸	۰,۲۷۹۳۱	۰,۳۹۷۳۳	۰,۲٦۳٦۷	۰,۳٦۳٤٦	۰,٤٨٣٥٣

٤-٥ نتیجه گیری

نتایج حاصله ازپخش بار شبکه بدون حظور تولید پراکنده نشان می دهد که تلفات سیستم بدون حضور تولید پراکنده ۰/۰٥٤۰۷ می باشد.نتایج شبیه سازی به همراه محاسبه کاهش تلفات دقیق و آزاد سازی ظرفیت در جدول(۵-۱) آمده است.

همانطور که ملاحظه می شودبا مقایسه پروفیل ولتاژ ها می توان دریافت که حالت بهینه وقتی است که در شینه۵ تولیدی با قدرت ۰,۲پریونیت نصب شود زیرا در این پروفیل، ولتاژها به ۱ پریونیت نزدیکتر بوده وهمچنین دارای نوسان کمتری نیز می باشد در صورت نصب DGدر روی باس ۵ کمترین تلفات و بهترین پرو فیل ولتاژ را خواهیم داشت .که در این صورت ما ۸۳/۳ در صد کاهش تلفات دقیق و ۳۰/۹۳در صد آزاد سازی ظرفیت دقیق خواهیم داشت.

جدول(۵-۲):نتایج مطالعات شبکه(کاهش تلفات دقیق و آزاد سازی ظرفیت)

i	2	3	4	5	6	7	8
$p^{DG}(pu)$	0/3113	0/2695	0/2018	0/2131	0/1593	0/1752	0/1459

P.L.R	%40/1	%71/25	%74/66	%83/3	%67/15	%81/53	%75/81
P.S.C	%35/76	%36/11	%28/81	%30/93	%23/69	%26/94	%23/35

استفاده از واحد های تولید پراکنده در شبکه های توزیع باعث کاهش قابل توجه در تلفات توان فیدر خواهد شد و همچنین سبب آزاد سازی ظرفیت خطوط انتقال و پستها نیز می گردد.مدت زمان همگرایی پخش بار در نرم افزارPSAT ۰/۱۸۸می باشد.

چکیده فصل

جایابی بهینه و ظرفیت مناسب DGمی تواند با عث کاهش تلفات ،بهبود پروفیل ولتاژ،بهبود ضریب توان وآزاد سازی خطوط انتقال و توزیع گردد.

برای هر یک از شین های شبکه توان اکتیوی وجود دارد که به ازاء تزریق آن مقدار توان اکتیو به شین مربوط،تلفات شبکه حداقل می شود.این مقدار توان اکتیو برای تک تک شین ها از رابطه زیرمحاسبه می گردد.

$$P_{DG_i} = P_{D_i} + \frac{1}{\alpha_{ii}}\left[\beta_{ii}Q_i - \sum_{j=1,j\neq i}^{N}(\alpha_{ij}P_j - \beta_{ij}Q_j)\right]$$

$$Q_{DG_i} = Q_{D_i} - \frac{1}{\alpha_{ii}}\left[\beta_{ii}P_i + \sum_{j=1,j\neq i}^{N}(\alpha_{ij}Q_j + \beta_{ij}P_j)\right]$$

همچنین برای هر یک از شین های شبکه توان راکتیوی وجود دارد که به ازاء تزریق آن مقدار توان راکتیو،تلفات شبکه حداقل گردد. که این مقدار با رابطه زیر بدست می آید:

برای ارزیابی تاثیر شین انتخابی برپروفیل ولتاژو تلفات از شاخص مکان زیررابطه زیر استفاده می کنیم.

$$Indexi = A^{*}P_{Loss} + B^{*}\sum_{j=1}^{N}(1 - |V_j|)^2$$

همچنین با استفاده از نرم افزار psatمی توان شبکه را مدل سازی کرد(در مورد این نرم افزار در بخش ضمیمه توضیحاتی آمده است)و با توجه به پروفیل ولتاژو مجموع تلفات روی شین ها که از خروجی نرم افزار قابل در یافت است،مکان مناسب DGرا انتخاب نمود.

منابع

دکتر حسین کلانتر،دانشکده علم و صنعت ،**نقش تولیدات پراکنده در سیستم های قدرت(۱۳۹۱)**

سعید کمالی نیا، دانشکده فنی دانشگاه تهران،**بهبود ساختار شبکه برق با استفاده از قابلیت های تولید پراکنده و امکان سنجی نصب آن(۱۳۸٤)**

محمد اسماعیل فراحت،نهمین کنفرانس دانشجویی،ج**زیره های انرژی و احتمال استفاده از آنها در آینده شبکه های توزیع(۱۳۸۵)**

امور پژوهشی شرکت گاز استان خراسان،**میکروتوربین های گازی (۱۳۹۲)**

علی باقری،حمید رضا آقایی،شرکت توزیع شهرستان اصفهان،**بررسی استفاده از اترژی های نو در راستای حفاظت از محیط زیست(۱۳۹۰)**

ماهنامه بولتن بین الملل،تاریخ چاپ۸٦/٤/۲۳ شماره چاپ ۱۰۰(۱۳۸٦)

نشریه سازمان انرژیهای نو ،سال دوم،شماره نهم ،اسفند۹۱ (۱۳۹۱)

سازمان هوا شناسی ایران(IRIMO)

قدیر نسب،نوروزی،**انرژی زمین گرمایی**

مهندس علی رضا ملا محمدی ،دپارتمان مهندسی مکانیک،**فناوری و هیدروژن زیست توده(۱۳۸۸)**

فرهاد شهنیا ،دفتر تحقیقات و استاندارد شرکت توزیع نیروی برق آذربایجان شرقی،**تحلیل و بررسی ویژگی های اقتصادی استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر به عنوان منابع تولید پراکنده در شبکه های توزیع(۱۳۸۵)**

اسماعیل خراسانی،مجله علمی تخصصی صنعت برق ،صفحه۱۶و۲۳ ,**توسعه انرژی باد وانرژی خورشید در ایران(۱۳۸٦)**

مهندسین مشاور امکان طرح (ساط)،**محاسبات امکان سنجی در پروژه های مدرن سازی(۱۳۹۰)**

حمید چیت چیان،وزارت نیرو،**کاربرد سیتم های تولید ترکیبی برق و حرارت(۱۳۸۳)**

دکتر محمد کسایی،**پهنه بندی اقلیمی ایران(۱۳۸۵)**

سید حسین حسینیان آهنگر ی،سید محمد تقی بطحائی ،دانشکده صنعتی خواجه نصیر،**انتخاب بهینه نیروگاه های تولید پراکنده(۱۳۹۲)**

مهدی زارع ،دانشگاه صنعت آب و برق (شهید عباسپور)،**روشی جدید برای جایابی منابع تولید پراکنده به منظور کاهش تلفات و بهبود پروفیل ولتاژدر شبکه های توزیع(۱۳۹۰)**

yang O.,and T.shimada, a study on the total energy system of gas turbine

N.acharya,P.Mahat and N.mithulananthan ' An analitytical opproach for DG and energy system (2009)

ضمیمه

معرفی چند نرم افزار کاربردی در زمینه تولید پراکنده

۱-نرم افزارpsat

Psat : مخفف عبارتpower system analyze tool box می باشد.

نرم افزارpsat یا جعبه ابزار تحلیل شبکه قدرت، نرم افزاری است که می توان به کمک آن ، روی شبکه دلخواه محاسبات پخش بار ، محاسبات اتصال کوتاه و ارزیابی پایداری دینامیکی شبکه قدرت را در زمان خطا انجام داد .این نرم افزار می تواند پاسخ زمانی(Time Domain) سیستم قدرت را محاسبه و نتایج محاسبات را به روشهای مختلف نمایش دهد.

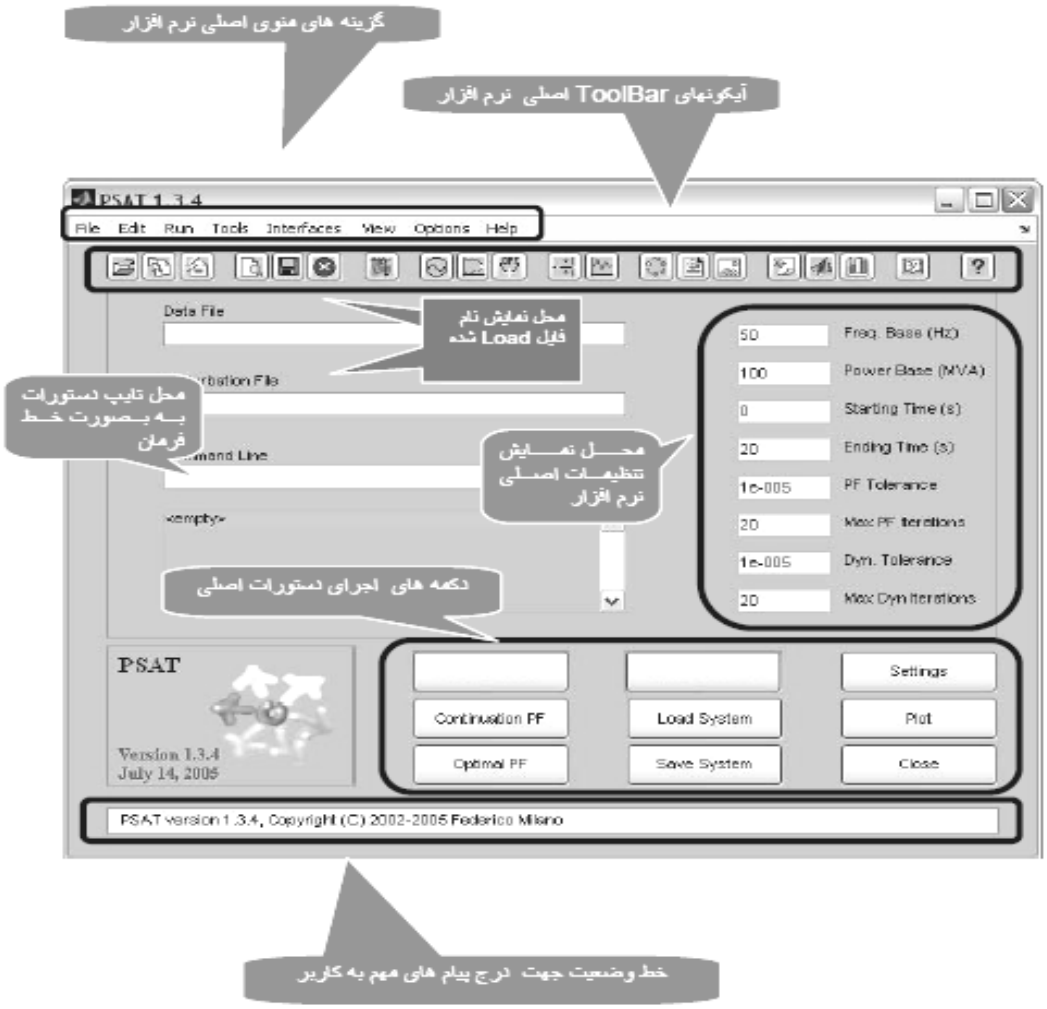
این نرم افزار بعنوان یک جعبه ابزار در نرم افزارMatlabارائه می شود و از بخشSimulinkنرم افزارMatlab نیز جهت ترسیم گرافیکی نقشه تک خطی سیستم قدرت استفاده می کند ضمنا امکان دریافت و تبدیل فایل های ساخته شده توسط دیگر نرم افزارها نیز در آن اضافه شده است.

از جمله ویژگیهای منحصر بفرد این نرم افزار در دسترس بودن کد برنامه آن (Open Source) مستندات طراحی، امکان تعریف مدل توسط کاربر است که سبب اقبال آن در محیطهای آموزشی شده است.

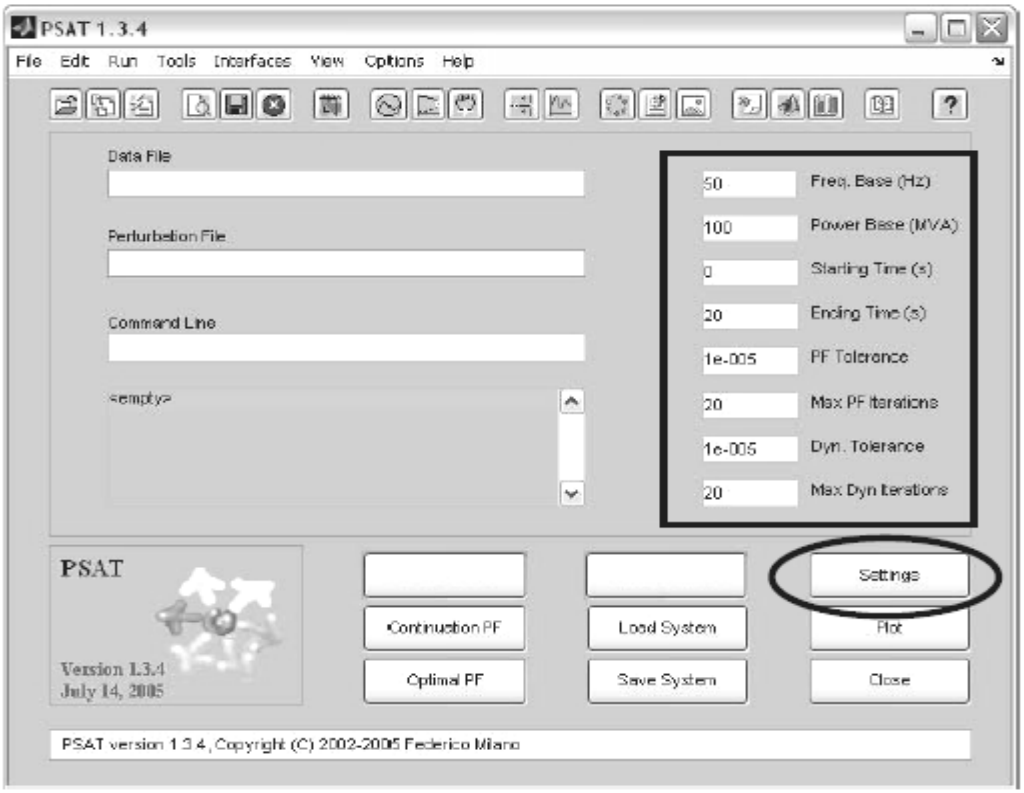
معرفی بخشهای پنجره اصلی نرم افزار

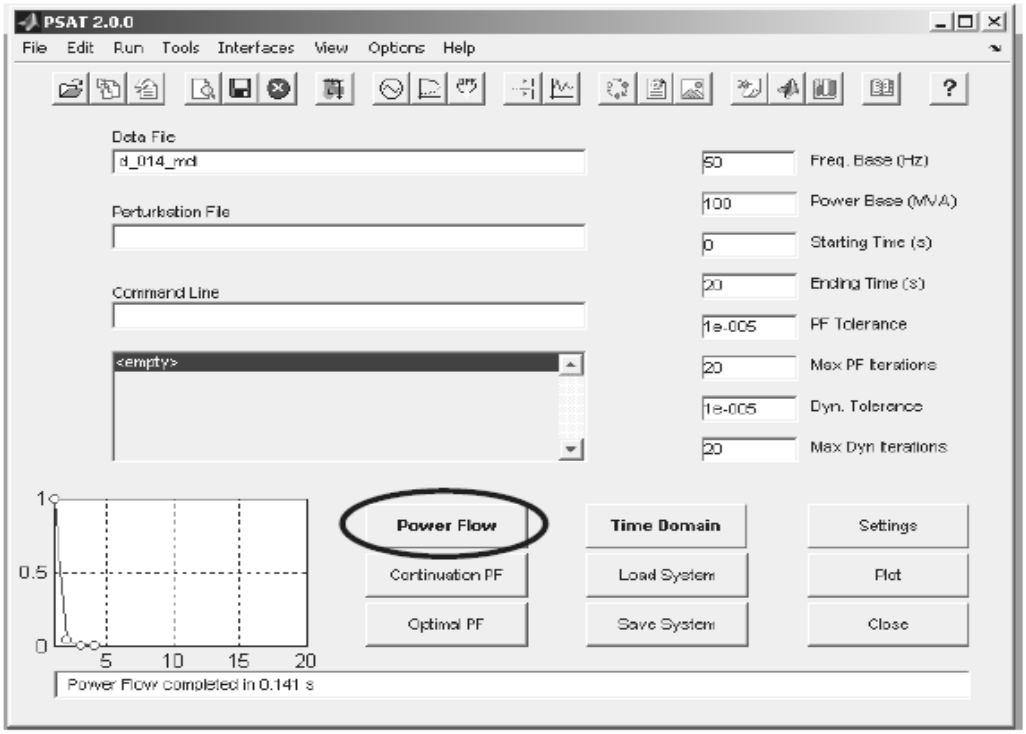
پس از تکمیل مراحل اولیه اجرایpsat پنجره اصلی آن که کلیه امکانات این نرم افزار را عرضه میکند، نمایش داده می شود .این پنجره درver1.3این نرم افزار بصورت شکل زیر می باشد .البته پنجره اصلی تفاوت قابل توجهی در ویرایش های مختلفpsatندارد .در این شکل، بخش هایی از پنجره اصلیPsatنیز معرفی شده است.

اگر بخواهیم تغییراتی در کمیتهای عددی این شبکه داده و پخش بار را روی این شبکه اجرا نماییم. نرم افزارpsatبه ما این امکان را می دهد تا در محیطmatlabبه طراحی شبکه مورد نظرمان بپردازیم. برای تغییر در هر یک از اجزا، روی آن عنصرdouble click می کنیم تا پنجره مربوط به خصوصیات قابل ویرایش آن باز شود .از طریق پنجرهء هرکدام از عناصر می توان کمیتهای ذخیره شدهء آن عنصر را ویرایش نمود؛



Psatجهت اجرای پخش بار از تنظیماتی استفاده می کند که در پنجره اصلی این نرم افزار نشان داده می شوند برای تغییر سایر تنظیمات این نرم افزار از آیکونSettingکه در شکل زیر نشان داده شده است استفاده می کنیم


PSAT 1.3.4
File Edit Run Tools Interfaces View Options Help
Data File
Perturbation File
Command Line
<empty>
50 Freq. Base (Hz)
100 Power Base (MVA)
0 Starting Time (s)
20 Ending Time (s)
1e-005 PF Tolerance
20 Max PF Iterations
1e-005 Dyn. Tolerance
20 Max Dyn Iterations
PSAT
Version 1.3.4
July 14, 2005
Continuation PF
Optimal PF
Load System
Save System
Settings
Plot
Close
PSAT version 1.3.4, Copyright (C) 2002-2005 Federico Milano


PSAT 2.0.0
File Edit Run Tools Interfaces View Options Help
Data File
d_014_mdl
Perturbation File
Command Line
<empty>
50 Freq. Base (Hz)
100 Power Base (MVA)
0 Starting Time (s)
20 Ending Time (s)
1e-005 PF Tolerance
20 Max PF Iterations
1e-005 Dyn. Tolerance
20 Max Dyn Iterations
1
0.5
0
5 10 15 20
Power Flow
Continuation PF
Optimal PF
Time Domain
Load System
Save System
Settings
Plot
Close
Power Flow completed in 0.141 s

برای انجام محاسبات پخش بار و بدست آورد پاسخ حالت دائمی شبکه، آیکون Power Flow را در پنجره اصلی بصورتی که در شکل فوق نشان داده شده است کلیک می نماییم.

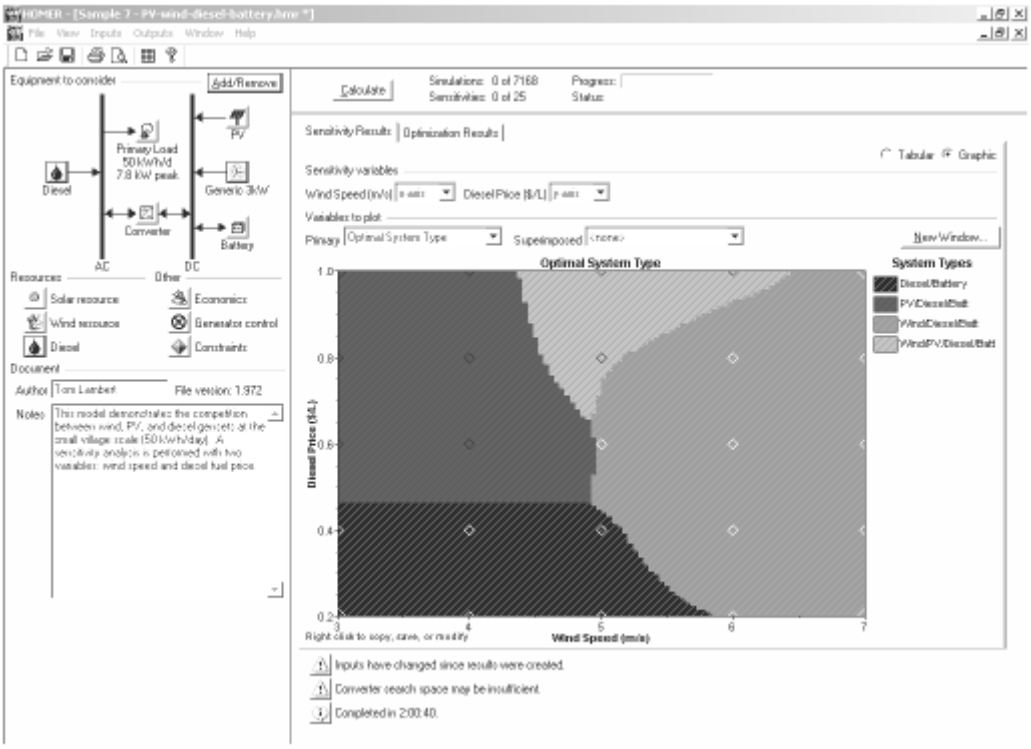
با استفاده از از نرم افزا ر PSATمی توان مکان بهینه DGرا روی شینه ها انتخاب کرد . که در فصل ششم این پروژه یک شبکه هشت شینه توسط نرم افزار شبیه سازی شده است. این نرم افزار قابلیت ارائه پروفیل ولتاژ ،توان اکتیو، زاویه ولتاژ، توان راکتیو را نیز داراست.

از قسمت REPORTنرم افزار می توان به اطلاعاتی همچون مقدار وزاویه ولتاژ،مجموع تلفات در هر شین ،تلفات شینی که DGنصب شده و... را بدست آورد.و با مقایسه این مقادیر محل مناسب DGرا انتخاب نمود.

۱- آشنایی نرم افزارHOMER

نرم افزارHOMER مربوط به آزمایشگاه ملی انرژی انرژی تجدید پذیر آمریکا (NREL) می باشد.

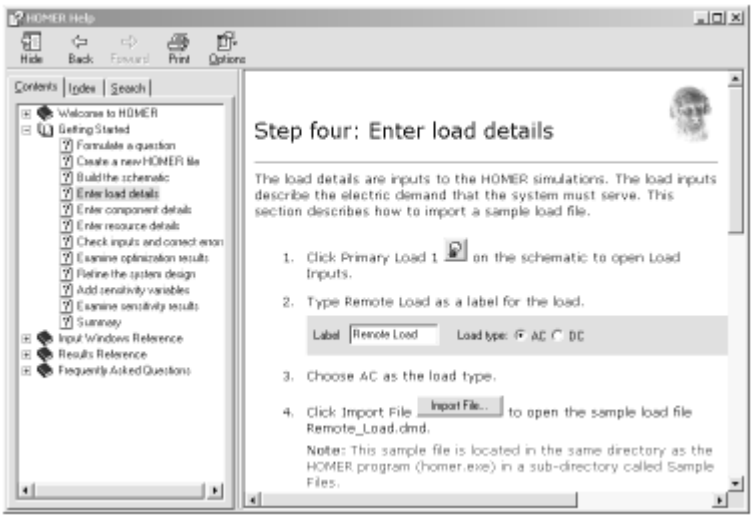
با استفاده از این نرم افزار می توان گزینه های مربوط به تولیدات پراکنده از نظر فنی و اقتصادی را ارزیابی و محاسبه نمود . از این نرم افزار هم می توان برای DGهای مستقل از شبکه و هم برای DGهایی که همراه با شبکه مورد استفاده قرار می گیرد کاربرد دارد .

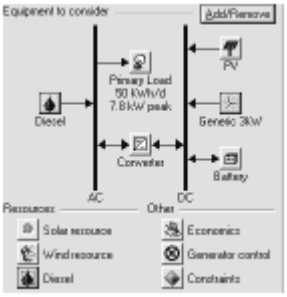


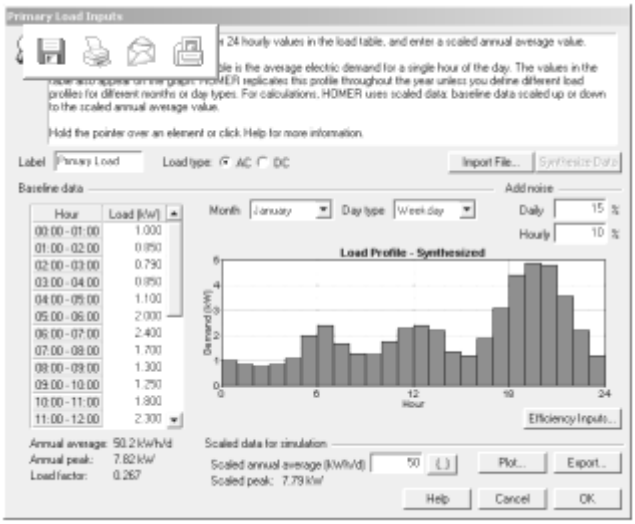
با استفاده از این نرم افزار می توان قابلیت های تکنولوژی های مختلف مختلف تولید پراکنده را بهینه سازی و آنالیز حساسیت کرد.. این نرم افزار به ما این امکان را می دهد تا تکنولوزی های تولید پراکنده را ارزیابی

اقتصادی نموده و امکان اجرای تکنولوژی را در مناطق مختلف بررسی نمود.البته برای انتخاب انواع تکنولوژی باید در دسترس بودن منابع نیز در نظر قرار گیرد.

یکی از مزیت های این نرم افزار این است که می توان پاسخ نرم افزار را به صورت جدول و یا شکل هندسی دریافت کرد همچنین می توان این پاسخ را در قالب نرم افزار های دیگر مشاهده نمود.







برای منابع انرژی تجدید پذیر مانند خورشید با ید اطلاعات مربوط به منطقه از نظر جغرافیایی را به نرم افزار وارد کرد و همچنین تغییرات آب و هوایی باید مد نضر قرار گیرد.همچنین تغییرات حرارتی محیط باید لحاظ شود،چون این تغییرات بر عملکرد سیستم های تولید پراکنده اثر می گذاردو HOMER قادر است که این تغییرات را در پاسخ خود تاثیر دهد.اطلاعات ورودی این نرم افزار چند بخش است:

۱-باید نوع منبع مشخص شود(فتو ولتائیک ،توربین بادی ،بیوماس، میکروتوربین و...)

-این نرم افزار قابلیت ورودی سه نوع منبع را دارد

۲-نوع سوخت(دیزل، بنزین،بیوماس ،و....)

۳-قیمت سوخت

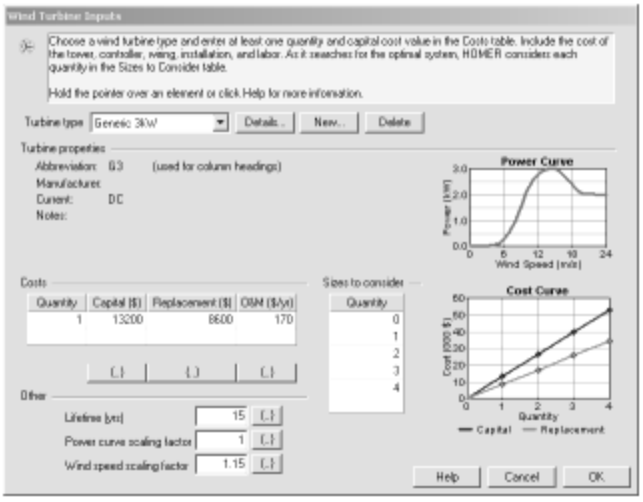
٤-ذخیره سازی (بانک باتری ، هیدروژن،...)

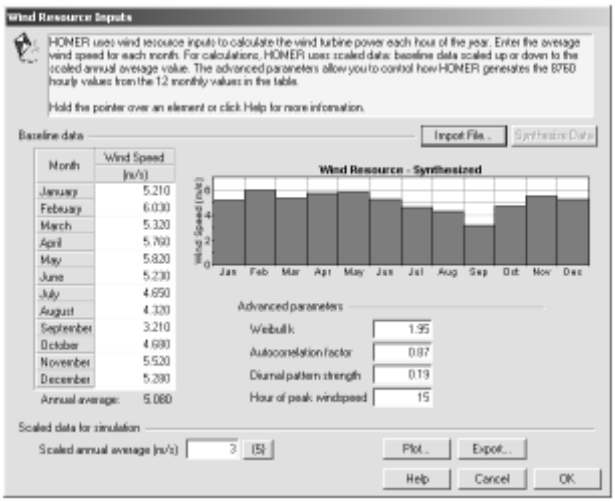
۵-نوع بارها:تغییرات فصلی و روزانه

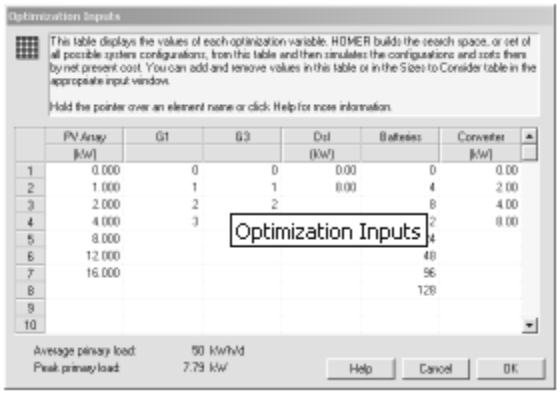
٦-حرارت(مدت گرمایش)

۷-راندمان دستگاه

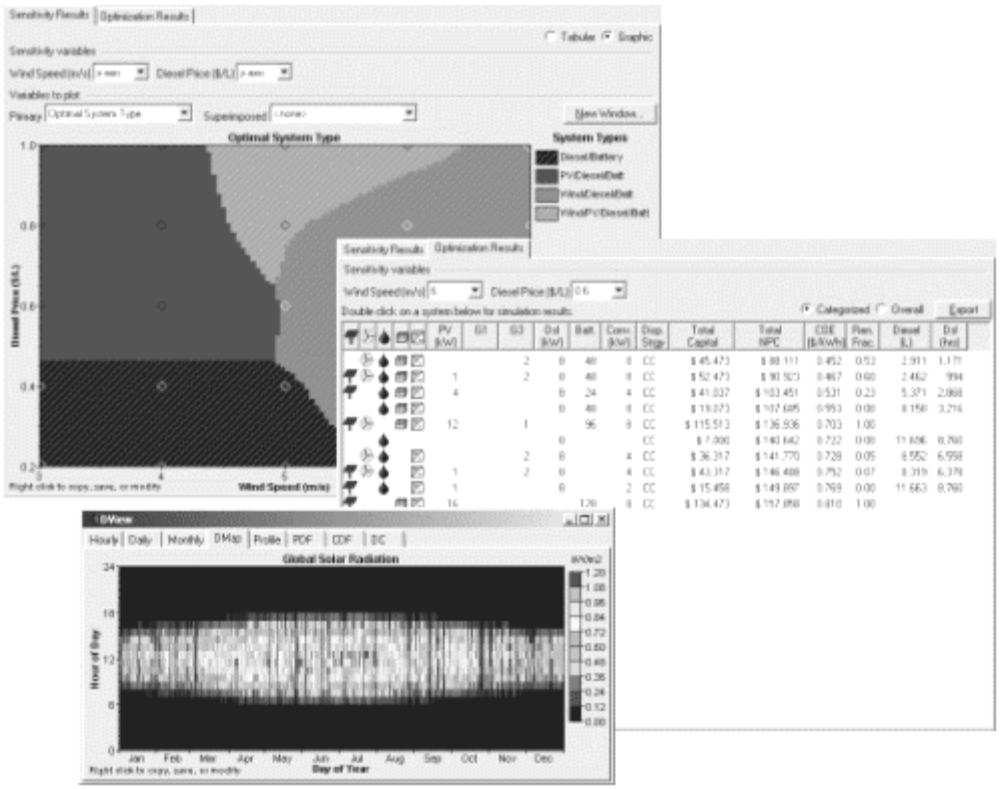
۸-عمر تکنولوژی


Wind Turbine Inputs
Choose a wind turbine type and enter at least one quantity and capital cost value in the Costs table. Include the cost of the tower, controller, wiring, installation, and labor. As it searches for the optimal system, HOMER considers each quantity in the Sizes to Consider table.
Hold the pointer over an element or click Help for more information.
Turbine type
Generic 3kW
Details...
New...
Delete
Turbine properties
Abbreviation: G3 (used for column headings)
Manufacturer:
Current: DC
Notes:
Power Curve
Power (kW)
Wind Speed (m/s)
Costs
Quantity
Capital ($)
Replacement ($)
O&M ($/yr)
1
13200
8600
170
Sizes to consider
Quantity
0
1
2
3
4
Cost Curve
Cost (000 $)
Quantity
Capital
Replacement
Other
Lifetime (yrs)
15
Power curve scaling factor
1
Wind speed scaling factor
1.15
Help
Cancel
OK


Wind Resource Inputs
HOMER uses wind resource inputs to calculate the wind turbine power each hour of the year. Enter the average wind speed for each month. For calculations, HOMER uses scaled data: baseline data scaled up or down to the scaled annual average value. The advanced parameters allow you to control how HOMER generates the 8760 hourly values from the 12 monthly values in the table.
Hold the pointer over an element or click Help for more information.
Baseline data
Import File...
Synthesize Data
Month
Wind Speed (m/s)
January 5.210
February 6.030
March 5.320
April 5.760
May 5.820
June 5.230
July 4.650
August 4.320
September 3.210
October 4.680
November 5.520
December 5.280
Annual average: 5.080
Wind Resource - Synthesized
Wind Speed (m/s)
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
Advanced parameters
Weibull k
1.95
Autocorrelation factor
0.87
Diurnal pattern strength
0.19
Hour of peak windspeed
15
Scaled data for simulation
Scaled annual average (m/s)
5
Plot...
Export...
Help
Cancel
OK


Optimization Inputs
This table displays the values of each optimization variable. HOMER builds the search space, or set of all possible system configurations, from this table and then simulates the configurations and sorts them by net present cost. You can add and remove values in this table or in the Sizes to Consider table in the appropriate input window.
Hold the pointer over an element name or click Help for more information.
PV Array (kW)
G1
G3
Dsl (kW)
Batteries
Converter (kW)
1 0.000 0 0 0.00 0 0.00
2 1.000 1 1 8.00 4 2.00
3 2.000 2 2 8 4.00
4 4.000 3 3 2 8.00
5 8.000 4
6 12.000 48
7 16.000 96
8 128
9
10
Optimization Inputs
Average primary load: 50 kWh/d
Peak primary load: 7.79 kW
Help
Cancel
OK

Sensitivity Values
Variable: Diesel Price
Units: $/L
Link with: <none>
Values:
1 0.40
2 0.50
3 0.60
4 0.70
5 0.80
6 0.90
7 1.00
8
9
10
Clear
Help
Cancel
OK


Sensitivity Results
Optimization Results
Tabular
Graphic
Sensitivity variables
Wind Speed (m/s)
Diesel Price ($/L)
Variables to plot:
Primary
Optimal System Type
Superimposed
<none>
New Window...
Optimal System Type
System Types
Diesel/Battery
PV/Diesel/Batt
Wind/Diesel/Batt
Wind/PV/Diesel/Batt
Diesel Price ($/L)
Wind Speed (m/s)
Right click to copy, save, or modify
Double click on a system below for simulation results.
Categorized
Overall
Export
PV (kW)
G1
G3
Dsl (kW)
Batt
Conv (kW)
Disp. Strgy
Total Capital
Total NPC
COE ($/kWh)
Ren. Frac.
Diesel (L)
Dsl (hrs)
HOMER
Hourly
Daily
Monthly
DMap
Profile
PDF
CDF
DC
Global Solar Radiation
Hour of Day
Jan
Feb
Mar
Apr
May
Jun
Jul
Aug
Sep
Oct
Nov
Dec
Day of Year

در فصل پنجم ده شهر نمونه ایران با استفاده از این نرم افزار شبیه سازی شدهاست .برای این منظور ابتدا اطلاعات جغرافیایی مناطق جمع آوری شده و برخی از ورودی هایی که نرم افزار احتیاج داشت با استفاده از فرمول های موجود محاسبه گردید .به عنوان یک مثال کاملا کاربردی در مورد چگونگی پاسخ این نرم افزار می توان به این فصل رجوع کرد.

اطلاعات ورودی به نرم افزار در فصل پنجم کاملا واقعی بوده و نرم افزار از لحاظ هزینه، بهینه ترین تکنولوژی های تولید پراکنده را برای شهر تهران معرفی کرده است.

۳-نرم افزار vipor

مقدمه ای بر نرم افزا ر:

این نرم افزار برای مدلسازی حال بهینه برای نحوه برقرسانی به مناطق روستایی و جاهایی که از شبکه سراسری دور هستند استفاده می شود .ورودی این نرم افزار اطلاعاتی راجع به میزان بار مصرفی منطقه ، نوع مصرف بار (منزل کلیسا مسجد کارگاه معابر عمومی و..) .میزان پراکندگی بار در نقاط مختلف ، نوع نقشه جغرافیا یی منطقه (و این که در اطراف منطقه آیا دریاچه ای وجود دارد یا زمین بصورت چمن است و یا این که زمین بصورت خاکی یا آسفالت است) ، اینکه بار باید ازشبکه سراسری برق دار شود یا بصورت ایزوله از شبکه و از طریق منابع انرژی نو مثل پیل سوختی یا سلولهای خورشیدی و ... تامین انرژی کند و یا حتی بصورت هایبرید (از شبکه و منابع انرژی استفاده کند) ،هزینه تجهیزات استفاده شده نظیر سیم کشی و کابل کشی و ترانس و ..میباشد که این اطلاعات را طراح شبکه برق رسانی ، با توجه با اینکه آیا برق رسانی به منطقه مورد نظر باید به هر قیمتی انجام شود و اینکه میزان آبونمان دریافتی از مصرف کننده آیا صفر است یا اینکه باید یک مقدار معقولی باشد و با توجه به نوع جغرافیای منطقه ، وارد نرم افزار می کند و این نرم افزار بهینه ترین حالت برق رسانی را از نقطه نظر اقتصادی ارایه می کند.

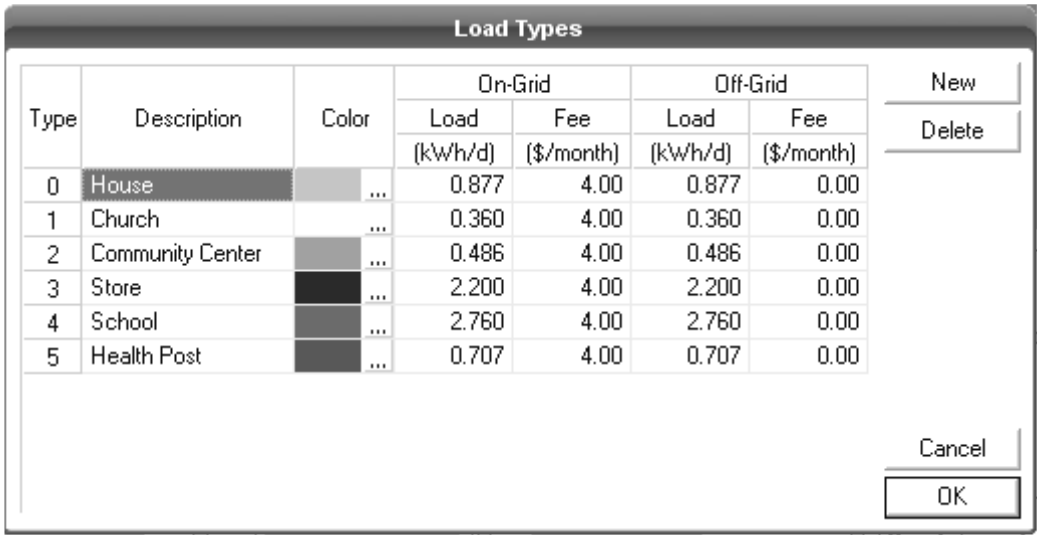
بدیهی است خروجی این نرم افزاروابسته به اطلاعات ورودی است که ما را جع به آن منطقه می دانیم و مثلا " اگر میزانFEEیکسری از بارها مثلا "بارهای چند تا منزل را صفر قرار دهیم یعتی قرار باشد هزینه ای از بابت برقدادن به آنها دریافت نکنیم ممکن است این چندتا منزل در خروجی مدل ارایه شده توسط نرم افزارقرار نگیرند این بدان مفهوم است که برق رساندن به این چندتا منزل اقتصادی نیست و مثلا "بهتراست برای برق دادن به آنها از منابع انرژی نو مثل پیل سوختی استفاده کنیم یا اینکه منزل آنها رابه نزدیکی های شبکه برق سراسری منتقل کنیم تا رساندن برق به آنها از طریق برق سراسری اقتصادی باشد . به عنوان مثال دیگر ،اگر در اطراف یک سری از منازل در یک منطقه ای از روستادر یاچه ای وجود داشته باشد مسلم است که کشیدن کابل از روی یک دریاچه وسیع بسیار هزینه بر است و این نرم افزار با دیدن یک چنین شرایط جغرافیایی و این که بار آن منازل (یا هر مکاندیگری) باید ایزوله از شبکه باشد (این مورد را طراح شبکه تعیین می کند) ، در تحلیل

خود آنها رادر مسیر شبکه برق رسانی خود ، لحاظ نمی کند (چون اقتصادی نیست)و باید برای برق دادن آنهاازپانلهای خورشیدی آماده (یا چیزهای دیگر) استفاده کنیم.

اطلاعات ورودی این نرم افزار

الف- انواع بارها

در منوی input گزینه load types را کلیک می کنیم پنجره زیر باز می شود



در این پنجره۵ نوع بار تعریف شده ، خانگی ، کلیسا ، مرکز اجتماع مردم ، مغازه، مدرسه ، و مرکزدرمانی .که هر کدام از این مکانها را با یک رنگ مشخصی در نقشه صفحه کار مشخص می کنیم(بادو بارکلیک کردن روی هر رنگ می توان رنگ آن را عوض کرد) دو نوع اتصال بار داریم:

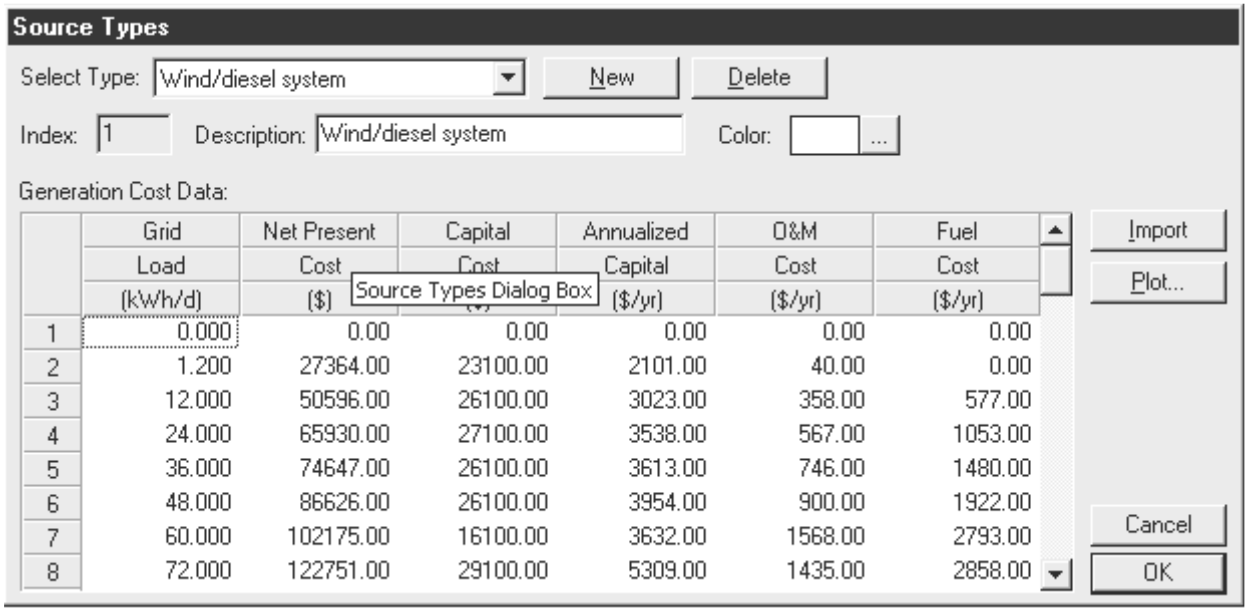
on grid و. off grid

on grid یعنی بار به شبکه توزیع سراسری وصل است و از برق اصلی برق می گیرد و off grid یعنی ایزوله از شبکه است و مثلا "از سیستم خانگی خورشیدی کسب انرژی می کند سایز مصرف این نوع بار معمولا "کمتر از نوع اول است چون در نوع دوم توانایی تولید توان برای برای منابع انرژی نو محدود است

سایز مصرف بار بر حسب kwh/d(کیلو وات ساعت بر حسب روز)می باشد Fee یعنی میزان دستمزد در یافتی ماهیانه از مشترکین می باشد که به اسم آبونمان معروف است(میزان کل دریافتی و نه سود خالص)بدیهی است که در نوع off grid میزان Fee دریافتی صفر است چون از شبکه ایزوله است (با زدن گزینه New میتوان بار دیگری را خودمان تعریف کنیم)

ب- انواع منابع: با انتخاب گزینه source type پنجره زیر باز می شود در قسمت select type نوع منبع اعم از ایزوله از شبکه ، یا ادامه شبکه سراسری و یا هایبرید ، را مشخص می کنیم

اگر منبع از نوع ایزوله از شبکه بود می توان با استفاده از نرم افزار Homer برآورد هزینه راانجام داده و از آن استفاده کنیم که در شکل زیر نوع منبع را سیستم بادی -دیزل انتخاب کرده ایم و آنرا با رنگ زرد در نقشه اصلی مشخص می کنیم.

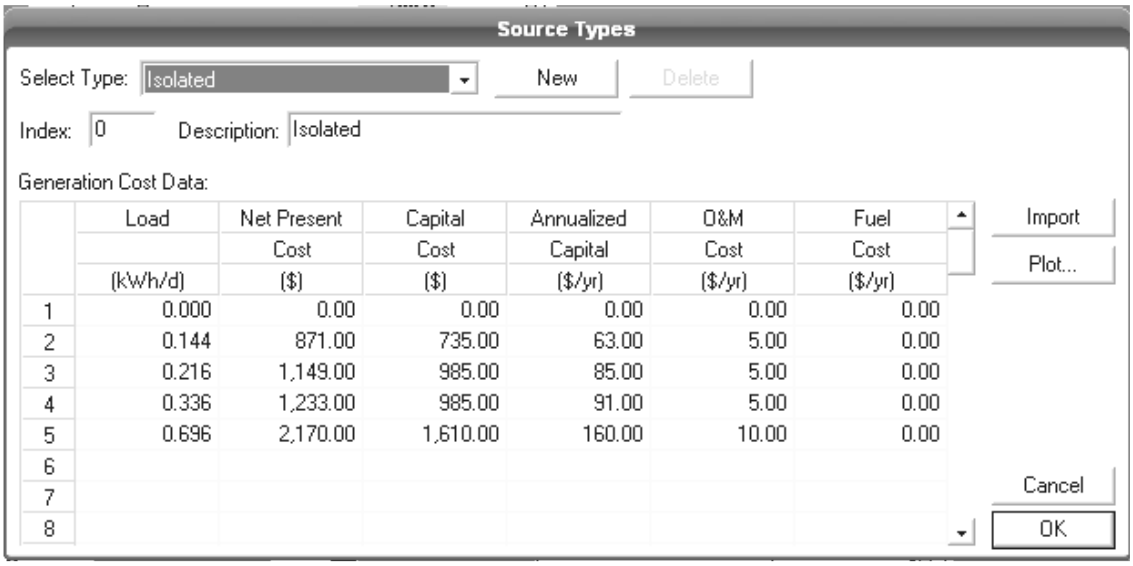


	Grid Load (kWh/d)	Net Present Cost ($)	Capital Cost	Annualized Capital ($/yr)	O&M Cost ($/yr)	Fuel Cost ($/yr)
1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.200	27364.00	23100.00	2101.00	40.00	0.00
3	12.000	50596.00	26100.00	3023.00	358.00	577.00
4	24.000	65930.00	27100.00	3538.00	567.00	1053.00
5	36.000	74647.00	26100.00	3613.00	746.00	1480.00
6	48.000	86626.00	26100.00	3954.00	900.00	1922.00
7	60.000	102175.00	16100.00	3632.00	1568.00	2793.00
8	72.000	122751.00	29100.00	5309.00	1435.00	2858.00

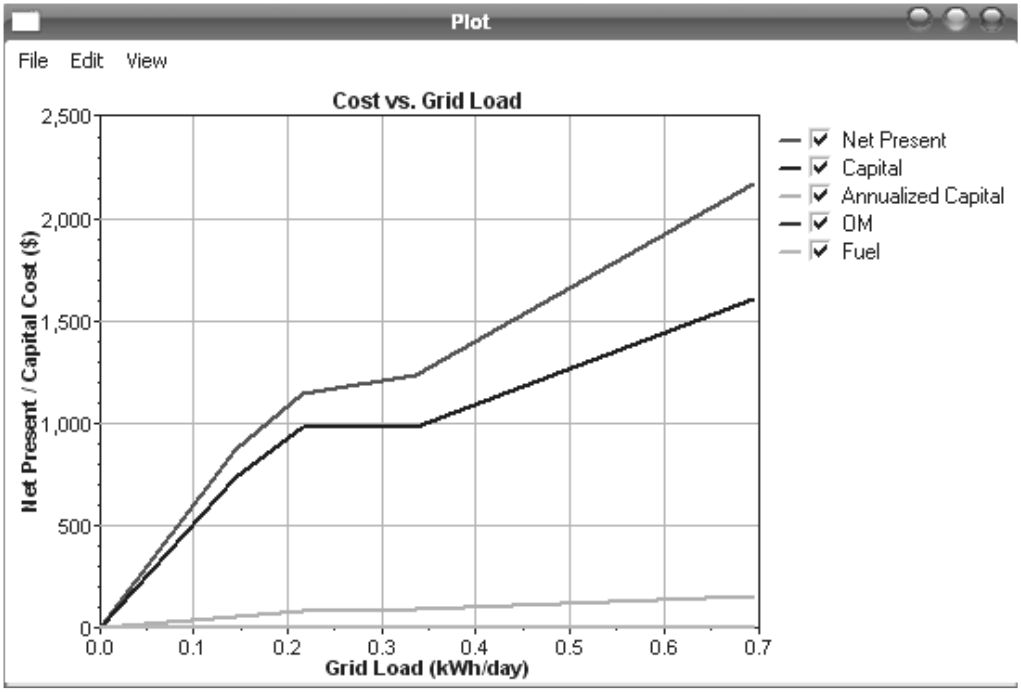
در قسمتloadمیزان حداکثر مصرف بار روزانه را پیش بینی می کنیم و برای هر مصرفی میزان

net presentcost–هزینه اولیه شبکه – را تعیین می کنیم در قسمتcapital cost هزینه اصلی را تعیین می کنیم در قسمتannualized capitalهزینه سالیانه اصلی را تعیین می کنیم در قسمتO&Mمیزان هزینه تعمیرات و نگهداری سالیانه را مشخص می کنیم ودر قسمتfuel costهزینه سوخت مصرفی سالیانه را مشخص می کنیم .

حتی می توانیم این هزینه ها را با نرم افزار Homer بدست آورده و باimportکردن آن دیتاها بصورت فایلtextهزینه ها را در جدول زیر وارد کنیم. با زدن گزینهplotمیتوان نمودار تغییرات تک تک هزینه را بر حسب تغییر بار روزانه رامشاهده کرد.



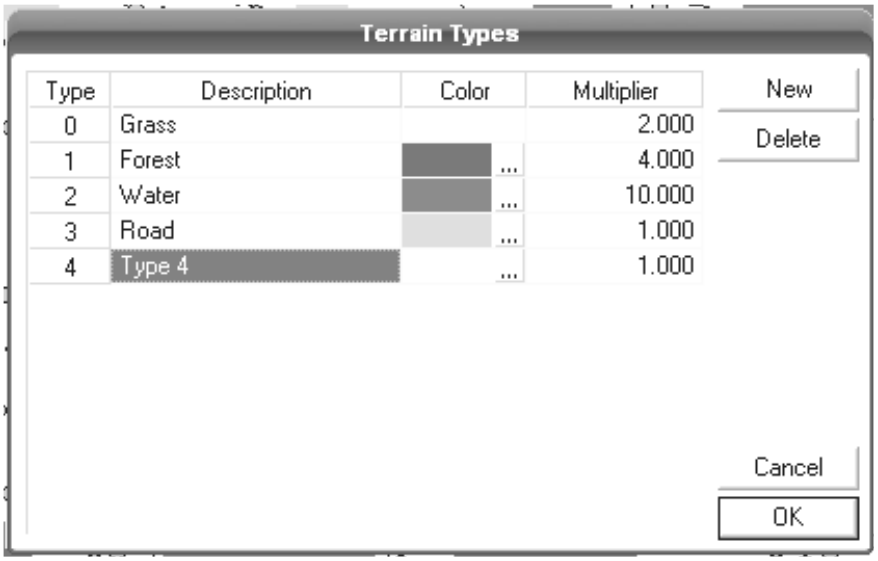
	Load (kWh/d)	Net Present Cost ($)	Capital Cost ($)	Annualized Capital ($/yr)	O&M Cost ($/yr)	Fuel Cost ($/yr)
1	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.144	871.00	735.00	63.00	5.00	0.00
3	0.216	1,149.00	985.00	85.00	5.00	0.00
4	0.336	1,233.00	985.00	91.00	5.00	0.00
5	0.696	2,170.00	1,610.00	160.00	10.00	0.00
6						
7						
8						



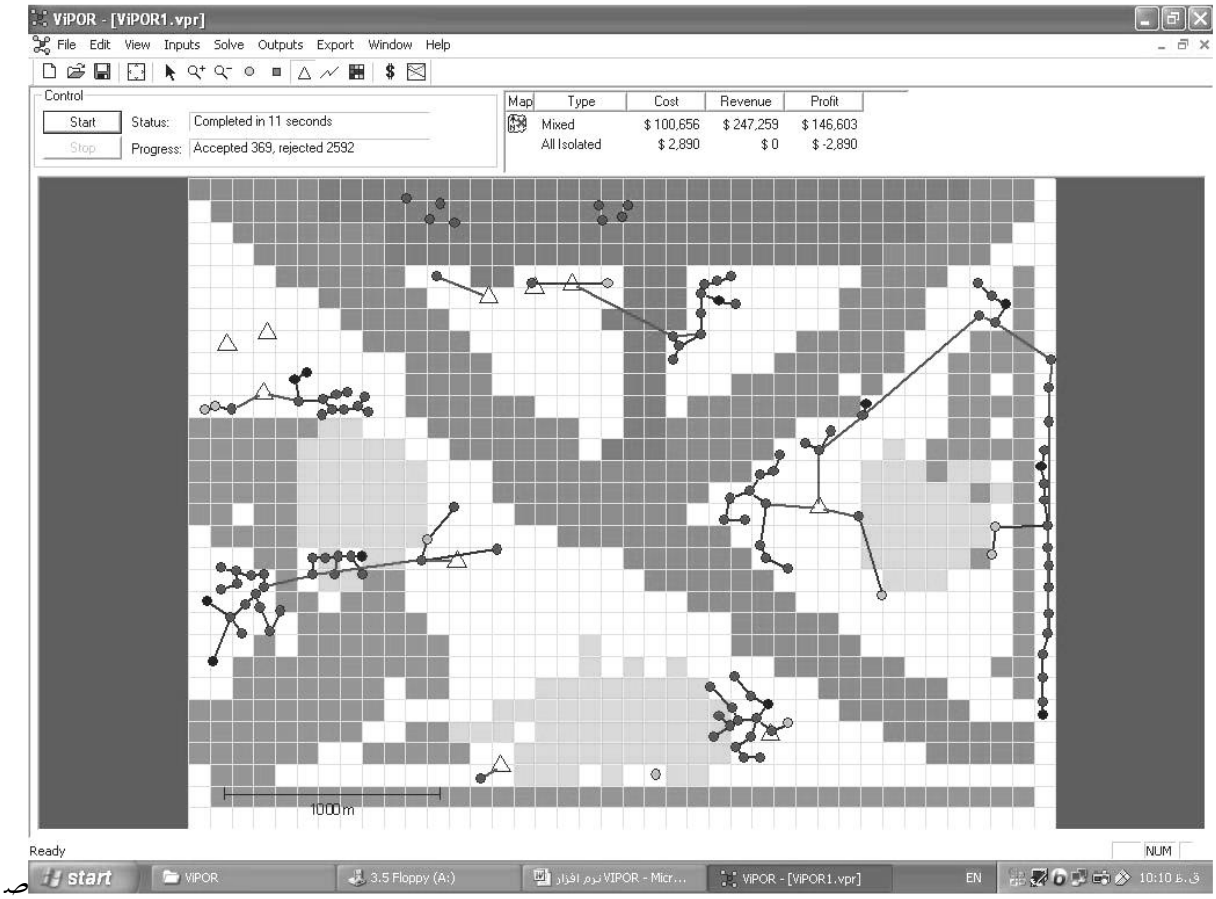
ج- انواع منطقه

با انتخاب گزینهTerrain typeپنجره زیر باز می شود. نوع منطقه می تواند چمنزار ، جنگلی ،دریایی ، یا جاده ای ، و راه آهن و ...باشد که در هر منطقه هزینه نصب تجهیزات شبکه متفاوت میباشد رنگ هر منطقه ای را نیز میتوان بصورت دلخواه مشخص کرد .درگزینهmultiplierضریبی را وارد می کنیم که با توجه به سختی کار در هر منطقه یک عددی را نسبت می دهیم مثلا "برای نوعRoadکه نصب تجهیزات راحت تر

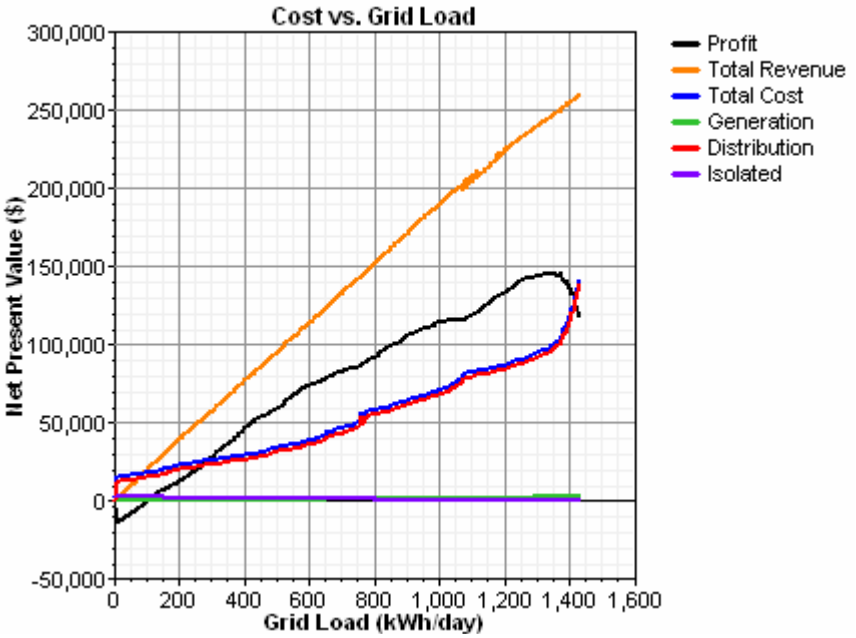
است عدد۱را نسبت می دهیم و برای نوعwaterکه نصب تجهیزآن برای یک چنین مناطق شبه جزیره ای بسیار مشکل و هزینه بر است ماکزیمم عدد۱۰را نسبت می دهیم و به همین ترتیب برای سایر مناطق.



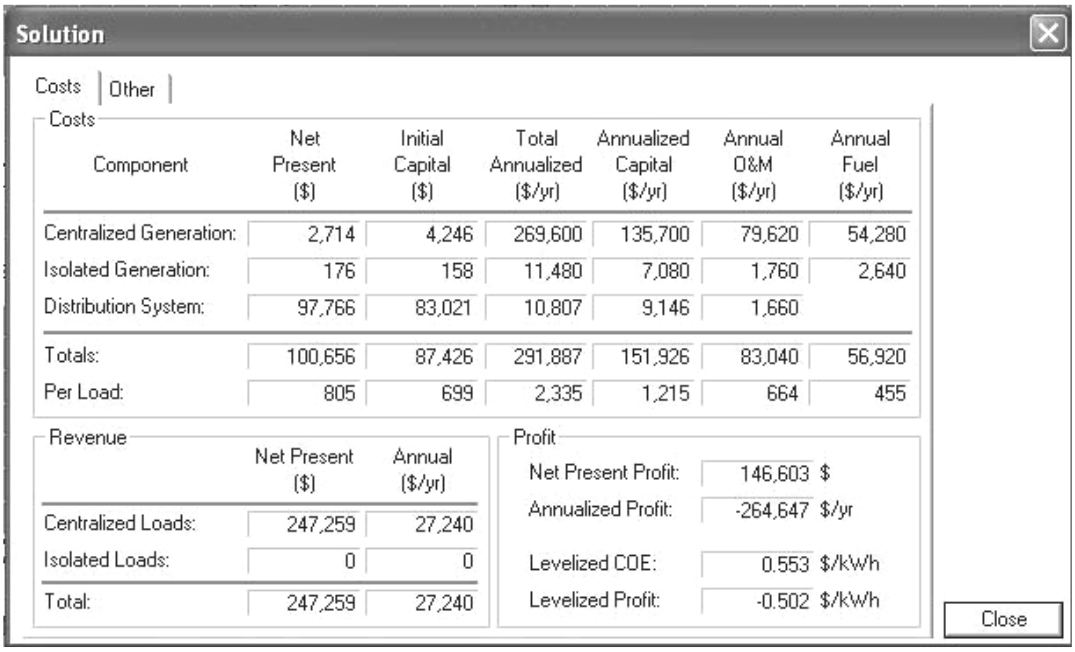
شبیه سازی زیر را با نرم افزارvipor انجام داده ایم:

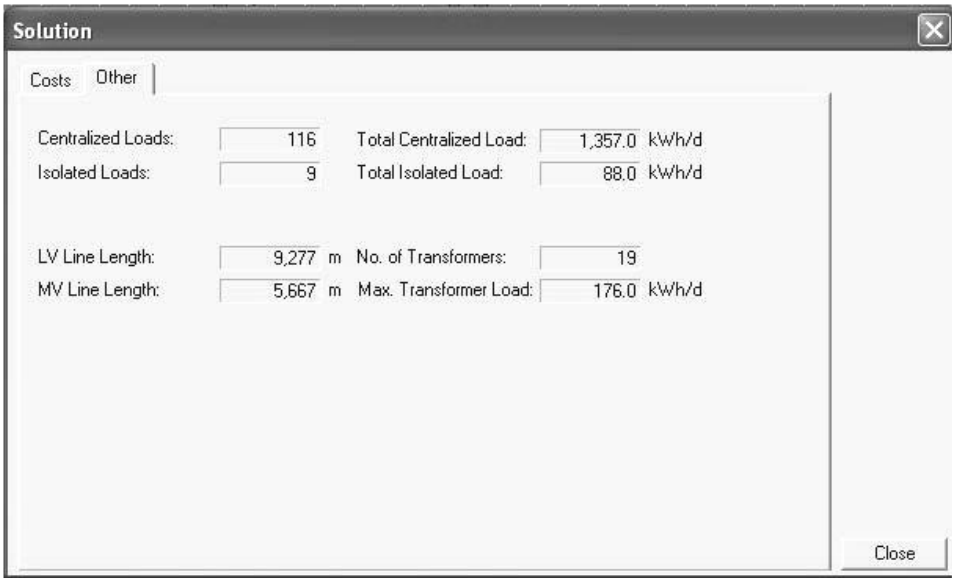


فحه اصلی



منحنی تغییرات سود و دریافت کلی و انواع منابع بر حسب افزایش بار شبکه در روز


Solution
Costs
Other
Costs
Component
Net Present ($)
Initial Capital ($)
Total Annualized ($/yr)
Annualized Capital ($/yr)
Annual O&M ($/yr)
Annual Fuel ($/yr)
Centralized Generation: 2,714 4,246 269,600 135,700 79,620 54,280
Isolated Generation: 176 158 11,480 7,080 1,760 2,640
Distribution System: 97,766 83,021 10,807 9,146 1,660
Totals: 100,656 87,426 291,887 151,926 83,040 56,920
Per Load: 805 699 2,335 1,215 664 455
Revenue
Net Present ($)
Annual ($/yr)
Centralized Loads: 247,259 27,240
Isolated Loads: 0 0
Total: 247,259 27,240
Profit
Net Present Profit: 146,603 $
Annualized Profit: -264,647 $/yr
Levelized COE: 0.553 $/kWh
Levelized Profit: -0.502 $/kWh
Close


Solution
Costs
Other
Centralized Loads: 116
Total Centralized Load: 1,357.0 kWh/d
Isolated Loads: 9
Total Isolated Load: 88.0 kWh/d
LV Line Length: 9,277 m
No. of Transformers: 19
MV Line Length: 5,667 m
Max. Transformer Load: 176.0 kWh/d
Close

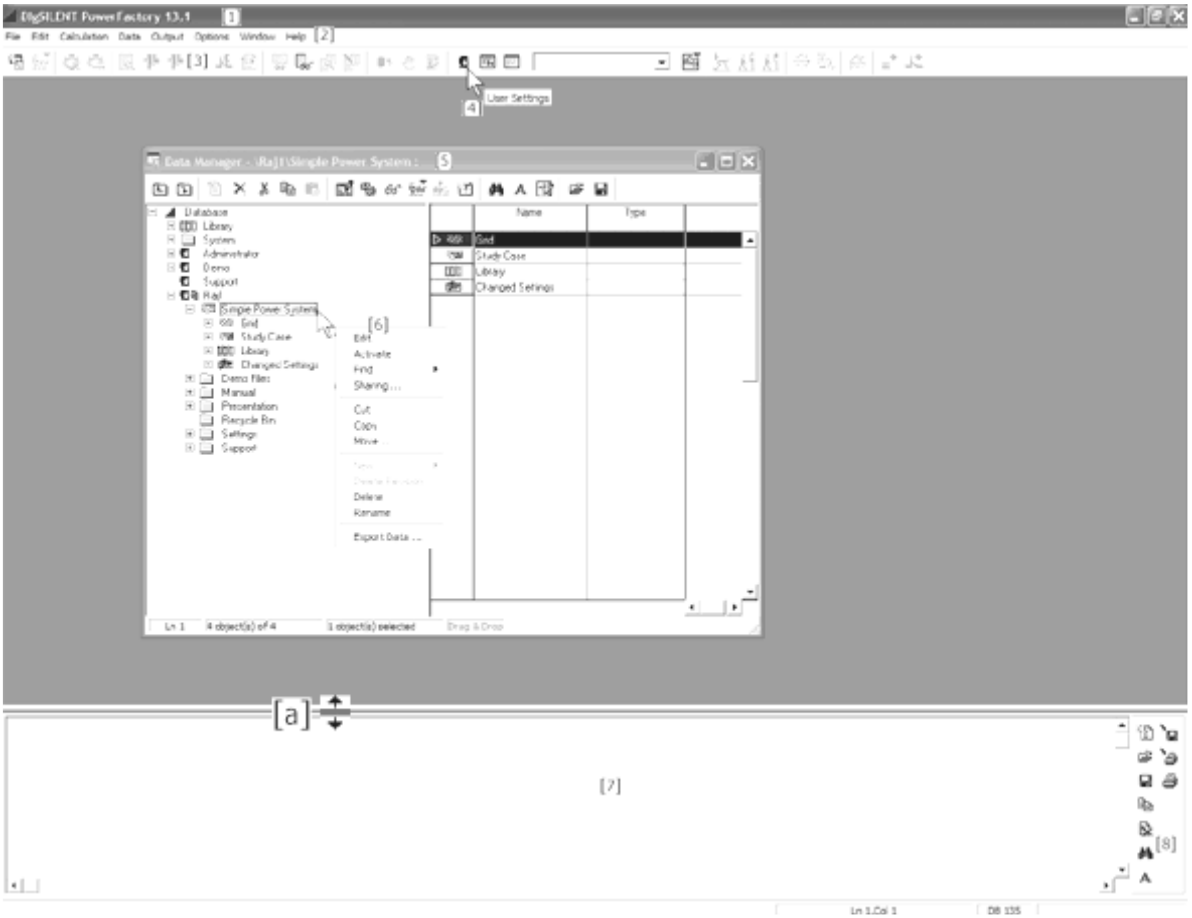
در پایان باید متذکر شوم که دیتای مورد نیاز این نرم افزار فقط بحث اقتصادی است و تنها بحث فنی آن این است که در قسمت توزیع ، اطلاعاتی که برایwireانتخاب می کنیم برایLVوMVبایستی حداکثر طول مجاز را در نظر داشت که مثلا "حداکثر طول مجاز برایLV ،۱۰متراست که بیش از این مقدار بحث افت ولتاژ در انتهای کابل یا سیم مطرح می شود.

٤- نرم افزار DIgSILENT PowerFactory

نرم افزار*DIgSILENT PowerFactory* یک بسته نرم افزاری یکپارچه می باشد .بدین معناست که تمام توابعی که برای اهداف ذیل استفاده می نماید یا هر تابع دیگری که مرتبط با این وظایف می باشد، مستقیماً در خود محیط برنامه اصلی وجود دارند:

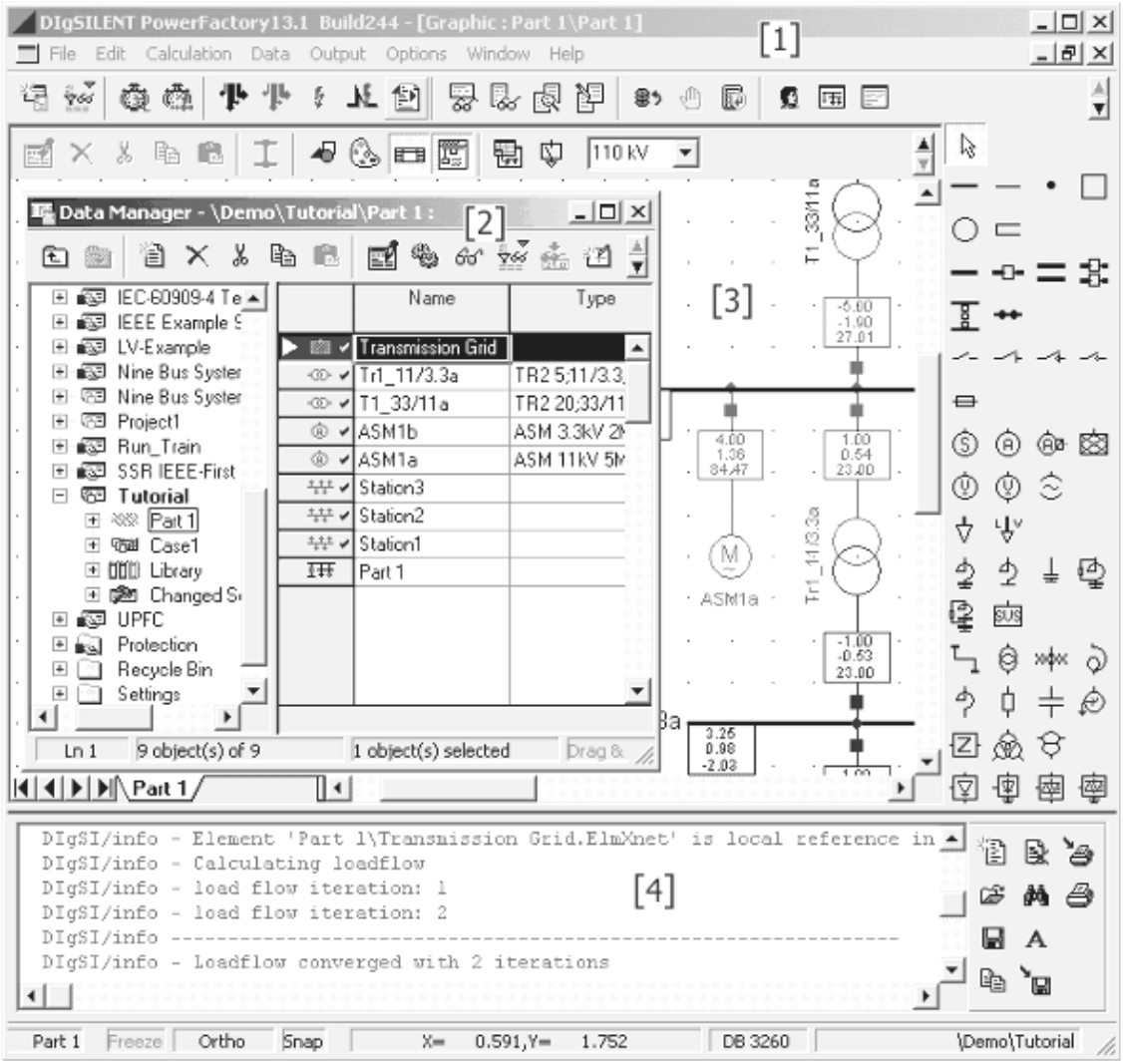
·وارد نمودن طرح(بخش هایی از ...)یک سیستم قدرت جدید، در قالب متن یا به شیوه گرافیکی · استفاده کردن و چاپ نمودن نمودارهای تک خطی · مدیریت بانک داده · انتخاب گزینه های طراحی · انجام محاسبات · گزارشگیری و چاپ نتایج اهمیت این ویژگی در آن است که کاربران نیاز دارند که تنها با یک محیط کاربری آشنا گردند، زیرا کلیه عملیات تنها از طریق محیط برنامه اصلی کنترل شده و قابل دسترسی می باشند. و مهمتر از آن، اینکه کلیه داده ها در یک مکان مرکزی نگهداری می شوند، و کاربر نیازی ندارد که داده ها را از بخشی از برنامه به بخشی دیگر انتقال داده، کپی نموده، بچسباند و یا تغییر دهد تا اینکه بتواند محاسبه جدیدی را انجام دهد .محیط کاربری نرم افزار*PowerFactory* کاملاً با سیستم عامل ویندوز سازگار است.

PowerFactory از ابتدا با این منظور طراحی شده است که در یک محیط گرافیکی اجرا و استفاده گردد . ورود داده ها با ترسیم شبکه تحت مطالعه و سپس ویرایش اجزاء موجود در محیط ترسیم به منظور تخصیص داده به آنها، انجام می گیرد.



همچنان که کاربران در کار با نرم افزار پیشرفت نموده و مهارت کسب می نمایند، ویرایش داده ها با استفاده از یک مرورگر داده بنام *Data Manager* انجام خواهد پذیرفت.

شکل زیر شمایی از محیط کار نرم افزار *PowerFactory* را زمانیکه یک پروژه فعال باشد، نشان می دهد.



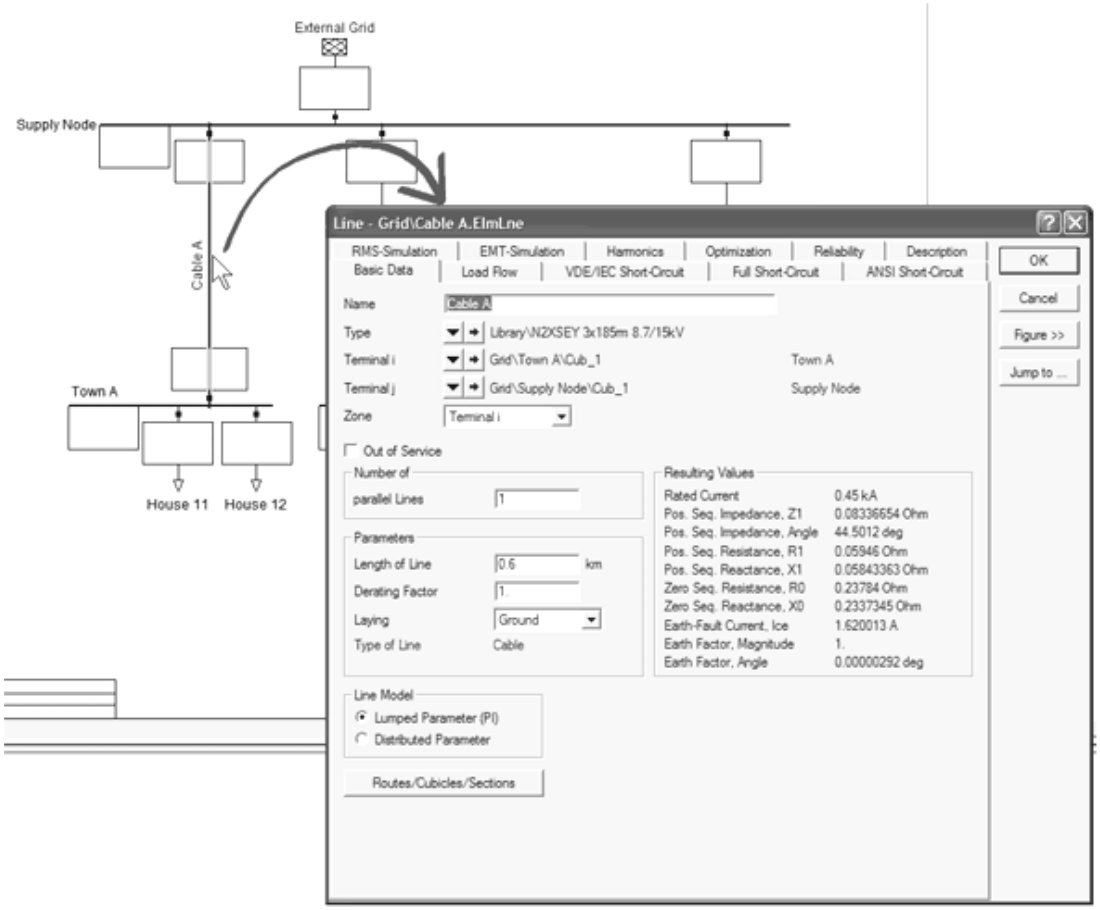
پنجره اصلی(کلانتر،۱۳۹۱)

پنجره مدیریت داده(کمالی نیا و دیگران،۱۳۸٤)

پنجره های گرافیکی(فراحت،۱۳۸۵)

پنجره خروجی(امور پژوهشی شرکت گاز استان خراسان،۱۳۹۲)

دو روش دسترسی به داده عبارتند از : از طریق صفحه(صفحات) گرافیکی و از طریق مدیریت داده.
روش کار با صفحه گرافیکی، ساده می باشد و با دوبار کلیک بر روی هر عنصر در محیط گرافیکی، یک کادر محاوره ای باز شده و کاربر می تواند اطلاعات عنصر را نظیر آنچه در شکل زیر نمایش داده شده است، وارد نموده و یا ویرایش نماید



تمام داده هایی که به این روش برای عناصر وارد شده اند، بطور خاص در پوشه هایی سازماندهی شده تا کاربران را از طریق آن هدایت نماید . در واقع برای ملاحظه این داده ها، از یک مدیر داده استفاده شده است .مدیر داده در ظاهر و عملکرد شبیه به مرورگر ویندوز می باشد.

همانطور که قبلاً ذکر شد، داده های مربوط به یک مطالعه در چندین پوشه سازماندهی شده اند . قبل از بررسی این ساختار، بایستی فلسفه این آرایش را بدانیم.

برنامه امکان طراحی سیستم قدرت جدید (بخشی از آن) را با روش دستی می دهد .به عبارت دیگر، می توان تما م اجزا را در یک محیط داده متنی ایجاد نمود و بطور دستی آنها را به یکدیگر متصل ساخت تا توپولوژی مورد نظر تعریف گردد . گرچه روش مناسبتر اینستکه از محیط واسطه نمودار تک خطی استفاده نماییم.

نمودارهای تک خطی به منظور ایجاد اجزاء جدید سیستم قدرت و اضافه نمودن آنها به ساختار شبکه رسم شده، استفاده می شوند .با این روش، بانک داده و نمودار تک خطی شبکه قدرت با هم و توأمان ساخته می شوند.

علاوه بر این، می توان با دوبار کلیک نمودن بر نمادهای گرافیکی در نمودار تک خطی، برای مثال برای تنظیم سطح ولتاژ یا سایر پارامترهای الکتریکی ، اجزای شبکه قدرت ایجاد شده را ویرایش نمود . با دوبار

کلیک نمودن بر نماد هر عنصر، کادر محاوره ای مربوط به آن جزء از سیستم، گشوده خواهد شد . در این فصل تمامی این مطالب به تفصیل ارائه خواهد شد.