

مولدهای مقیاس کوچک: طراحی، سرمایه‌گذاری، اجرا و بهره‌برداری

طرفی الگوی سنتی تولید برق بر پایه‌ی بهره‌برداری از تعداد محدودی نیروگاه مرکزی در مقیاس بزرگ و سپس انتقال و توزیع انرژی به مصرف‌کنندگانی است که ممکن است تا هزاران کیلومتر دورتر از محل تولید باشند. این روش ضمن بازده پایین در بخش تولید، باعث اتلاف بخش قابل‌توجهی از انرژی نیز، در گذر از شبکه‌های انتقال و توزیع خواهد شد. در چنین شرایطی لزوم مطالعات همه‌جانبه با هدف کاهش میزان مصرف انرژی از شبکه و نیز کاهش هزینه‌های تولید انرژی، بدون ایجاد لطمه به روند توسعه‌ی کشورها را ایجاد می‌کند. این مطالعات باعث به وجود آمدن برنامه‌ها و استراتژی‌هایی موسوم به «مدیریت انرژی» گردیده است. مدیریت انرژی را می‌توان استفاده صحیح و مؤثر از انرژی برای دستیابی به بیشترین سود با کمترین هزینه جهت افزایش موقعیت رقابتی در بازار دانست که این امر نیازمند استفاده از سیستم‌ها و دستورالعمل‌ها در جهت کاهش میزان مصرف انرژی بر واحد محصول و کاهش یا ثابت نگه‌داشتن هزینه‌های کل تولید است.

یکی از راه‌کارهایی که امروزه سیاست‌گذاران انرژی در دنیا از آن به‌عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می‌برند، استفاده از تعداد زیادی مولد مقیاس کوچک در محل مصرف یا نزدیکی آن با کمترین میزان استفاده از شبکه انتقال و توزیع است. در کشور ما نیز وزرات نیرو و سازمان توانیر به‌عنوان متولیان اصلی صنعت برق سیاست‌های حمایتی ویژه‌ای به منظور توسعه مولدین پراکنده برای سرمایه‌گذاران در این بخش در نظر گرفته‌اند [۱].

۲- مولد مقیاس کوچک

مجموعه‌ای از دستگاه‌ها و تأسیسات تولید انرژی الکتریکی که اتصال آن به شبکه توزیع یا فوق توزیع از نظر فنی امکان‌پذیر بوده و ظرفیت عملی تولید آن در محل نقطه اتصال، حداکثر ۲۵ مگاوات باشد. برخی

مهرداد حجت/ استادیار/ دانشکده فنی- دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود
Mehrdad.hojat@gmail.com

مرتضی شفیعی/ دانشجوی کارشناسی ارشد/ موسسه آموزش عالی خراسان
mortezashafiei72@gmail.com

چکیده

یکی از راه‌کارهایی که امروزه سیاست‌گذاران انرژی در دنیا از آن به‌عنوان ابزاری مؤثر و کارآمد در مدیریت انرژی بهره می‌برند، استفاده از تعداد زیادی مولد مقیاس کوچک در محل مصرف یا نزدیکی آن با کمترین میزان استفاده از شبکه انتقال و توزیع است. در کشور ما نیز وزرات نیرو و سازمان توانیر به‌عنوان متولیان اصلی صنعت برق سیاست‌های حمایتی ویژه‌ای به منظور توسعه مولدین تولید پراکنده برای سرمایه‌گذاران در این بخش در نظر گرفته‌اند. در این مقاله، هدف ارایه یک طرح کلی از مراحل مختلف اخذ مجوزها، کلیات نصب و چالش‌های بهره‌برداری نیروگاه‌های تولید پراکنده است. علاوه بر این مسایل اقتصادی شامل هزینه‌ها و درآمدهای طرح نیز مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱- مقدمه

عرضه و تقاضای انرژی در جهان به‌صورت یکی از مسایل روز درآمده است و در دنیای امروز برای اطمینان از رشد اقتصادی و اجتماعی یک کشور ضروری است که تمام منابع انرژی موجود در شیوه‌ای کارآمد و مقرون‌به‌صرفه برای تولید برق به کار گرفته شوند و یکی از شاخص‌های ارزیابی و پیشرفت کشورها، شاخص افزایش ظرفیت تولید و توزیع انرژی الکتریکی است. آمارها، رشد متوسط مصرف انرژی الکتریکی سالانه ۸ تا ۱۰ درصد را در کشور نشان می‌دهند. از

از مزایای این روش در شکل (۱) بیان شده است.

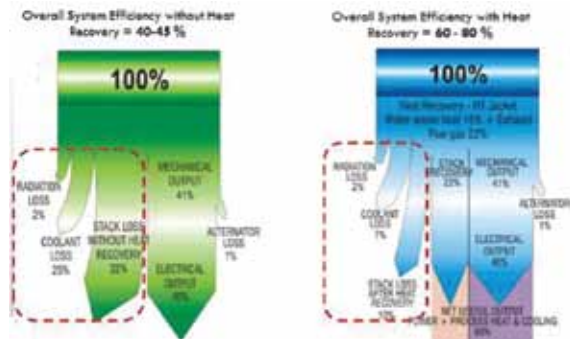


شکل ۱: مزایای استفاده از مولدهای مقیاس کوچک

امروزه در مولدهای مقیاس کوچک از فناوری‌های زیادی استفاده می‌گردد که از جمله آن می‌توان به موارد زیر اشاره نمود [۲]:

- موتورهای گازسوز
- موتورهای دیزلی
- توربین‌های گازی / بخاری کوچک
- میکرو توربین
- توربین‌های بادی
- مولدهای آبی کوچک
- سیستم‌های خورشیدی
- پیل سوختی

از میان موارد ذکر شده، تنها ۴ مورد اول، قابلیت تولید همزمان برق و حرارت را خواهند داشت. در مورد مولدهای با قابلیت تولید همزمان برق و حرارت، بازده الکتریکی مؤثر، با در نظر گرفتن میزان بهره‌گیری از حرارت بازیافتی برابر بین ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد. شکل (۲)، آنالیز راندمان بین مولدهای دارای بازیافت حرارتی و بدون بازیافت حرارتی را نشان می‌دهد.



شکل ۲: مقایسه راندمان مولدهای بدون بازیافت حرارتی و دارای بازیافت حرارتی

۱-۲- مولد تولید همزمان برق و حرارت^۱

مولدی که حرارت خروجی آن برای تولید آب گرم، بخار و یا استفاده در فرآیندهای صنعتی که نیاز به حرارت دارند، بازیافت می‌شود. در شکل زیر ساختار یک مولد CHP قابل ملاحظه است.

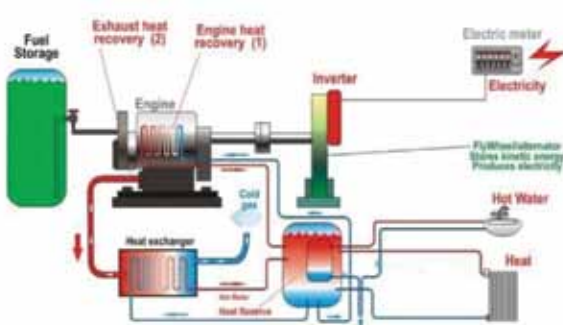
۲-۲- مولد تولید همزمان برق، حرارت و برودت^۲

در صورتی که علاوه بر مصرف توان حرارتی، نیاز به یک سیستم تولید برودت وجود داشته باشد، یک چیلر جذبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

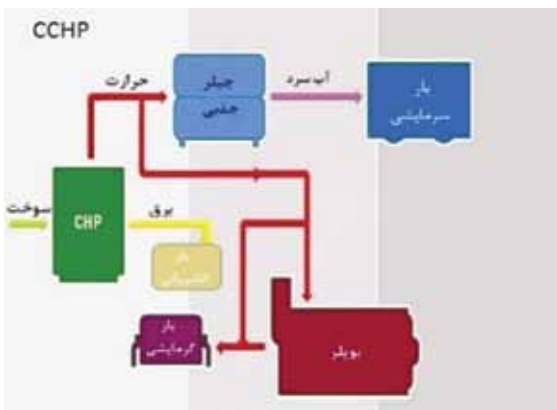
در شکل (۴) ساختار این نوع مولد مشاهده می‌شود.

۳- مراحل طراحی و احداث واحد تولید پراکنده

طراحی و احداث یک واحد تولید پراکنده، دارای ۷ مرحله مطابق جدول (۱) است. کلیه این مراحل را می‌توان به دو بخش الکتریکی و مکانیکی تقسیم‌بندی نمود که در ادامه به تشریح هر یک خواهیم پرداخت.



شکل ۳: ساختار مولد CHP



شکل ۴: ساختار مولد CCHP

جدول ۱: مراحل احداث نیروگاه

مرحله	شرح
۱	طراحی داخلی نیروگاه
۲	طراحی تأسیسات عمومی و حفاظتی
۳	مدیریت تأمین تجهیزات
۴	احداث زیرساختهای مکانیکی و الکتریکی مجموعه
۵	نصب دستگاهها و ماشین آلات
۶	تست و راهاندازی
۶	بهره‌برداری آزمایشی و موقت
۷	مستندسازی

۱-۳- بخش الکتریکی

اقدامات لازم در بخش الکتریکی برای احداث مولد مقیاس کوچک شامل موارد زیر است:

آزاد شده در رادیاتور و حرارت خارج شده از اگزوز به هدر می‌رود [۴]. بنابراین فلسفه استفاده از سیستم‌های تولید همزمان برق، گرما و سرما، جلوگیری از هدر رفتن گرمای آب پوسسته و گاز داغ خروجی از اگزوز است. شکل (۶)، یک مبدل صفحه‌ای برای استخراج حرارت آب پوسسته و شکل (۷) یک مبدل اگزاست برای دریافت حرارت از گازهای داغ اگزاست را نشان می‌دهد.

۴- آنالیز نمونه عملی

در این بخش به آنالیز فنی و اقتصادی یک مولد مقیاس کوچک با ظرفیت ۲ مگاوات از نوع تولید همزمان برق و حرارت پرداخته خواهد شد. بخشی از توان الکتریکی تولید شده توسط این مولد، برای تأمین مصرف بار محلی و مابقی به شبکه سراسری برق تحویل داده می‌شود. در مورد مولدهایی که به منظور تغذیه بار محلی مورد استفاده قرار می‌گیرند، در صورت وجود محدودیت‌های معماری می‌توان از فضای پشت‌بام استفاده نمود. نتایجی که در ادامه ارائه می‌گردد، حاصل تجربه عملی این نوع مولد مقیاس کوچک است. شکل (۸)، استقرار مولد در سایت را نشان می‌دهد.

۴-۱ آنالیز فنی

در یک مولد CHP با ظرفیت ۲ مگاوات علاوه بر تولید توان الکتریکی به میزان ۲۰۰۰ کیلووات، انرژی حرارتی دریافتی از آب پوسسته ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت و انرژی دریافتی از گازهای اگزاست نیز ۱۰،۰۰۰،۰۰۰ کیلوکالری بر ساعت می‌باشد. با دریافت این میزان انرژی حرارتی از آب پوسسته و اگزاست، به میزان ۳۰۰ مترمکعب بر ساعت در مصرف گاز صرفه‌جویی می‌گردد. جدول (۲)، مشخصات مکانیکی مولد را نشان می‌دهد.



شکل ۶: مبدل صفحه‌ای برای استخراج حرارت آب پوسسته



شکل ۷: مبدل اگزاست

- طراحی نهایی نحوه اتصال ژنراتورها و ترانسفورماتورها با توجه به مباحث فنی و اقتصادی

- تهیه طرح جانمایی ژنراتورها و ترانسفورماتورها و تابلوها

- طراحی کابلهای فشار متوسط

- طراحی تابلوهای فشار متوسط

- طراحی سیستم باسبار و سویچ‌گیر

- طراحی پست پاساژ و تابلوهای حفاظتی و اندازه‌گیری

- ارایه مدل مفهومی و تعیین سطح مانیتورینگ داخلی و کنترل نیروگاه

- ارایه مدل مفهومی اسکادا با ملاحظه الزامات توانیر

- ارایه طرح سیستم کنترل و ابزار دقیق بخش CHP

- تهیه لیست و مشخصات کلیه اقلام مورد نیاز

- تعیین الویت خرید جهت زمان‌بندی بهینه اجرای پروژه

- شروع فرآیند احداث بر اساس تجهیزات مورد نظر

- تست و تحویل موتور ژنراتور و سایر تجهیزات

- تست‌های پس از نصب موتور ژنراتور توسط فروشندگان

- راه‌اندازی آزمایشی و آموزش پرسنل

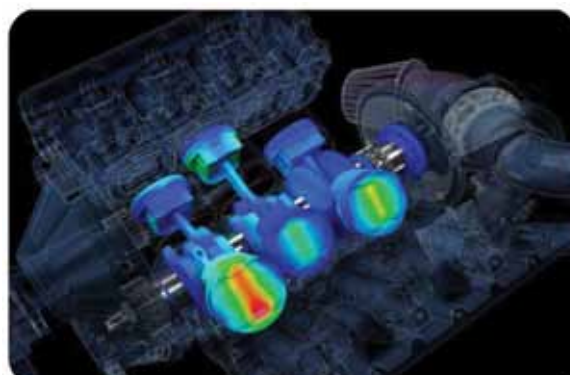
- بهره‌برداری تجاری از پروژه

- سیستم مانیتورینگ و کنترل نیروگاه

طراحی‌های این بخش می‌توانند توسط مشاور طرح صورت پذیرند و به تأیید مراجع ذی‌ربط رسانده شوند. برخی دیگر از اقدامات لازم در این بخش، از جمله وظایف مدیر پروژه هستند و اما فرآیند راه‌اندازی و انجام تست‌های مرتبط، از جمله تعهدات شرکت سازنده مولد می‌باشند که توسط نیروهای متخصص انجام خواهند شد.

۳-۲- بخش مکانیکی [۳]

در یک واحد CHP و یا CCHP، یک موتور گازی که به ژنراتور سنکرون کوپل شده است، وظیفه تأمین توان مکانیکی مورد نیاز ژنراتور را بر عهده دارد. در موتورهای گازی احتراق در محفظه سیلندرها موتور گازسوز صورت می‌گیرد. بخشی از انرژی احتراق صرف به حرکت درآوردن میل‌لنگ می‌شود و انرژی منتقل شده به میل‌لنگ، در کاربردهای نیروگاهی صرف چرخاندن ژنراتور و نهایتاً تولید برق می‌شود. اما بخش بزرگتری از انرژی احتراق صرف گرم شدن اجزا موتور می‌شود و یا توسط گازهای حاصل از احتراق از موتور خارج می‌شود که این بخش از انرژی از نظر تئوری هدر رفته است.



شکل ۵: ساختمان داخلی یک موتور گازی

در مدرن‌ترین و بهینه‌ترین موتورهای احتراق داخلی گازسوز ۴۰٪ تا ۴۵٪ از انرژی آزاد شده احتراق باعث چرخش میل‌لنگ و ژنراتور و تولیدی برق می‌شود، و ۵۵٪ تا ۶۰٪ از انرژی احتراق توسط حرارت

۲- درآمد حاصل از آمادگی در صورت عدم تولید به دلیل نقص فنی در شبکه توزیع

$$I = [(a^1 * m + a^2 * m + a^3 * m^1) * (1) + (b - c - f)] + [(g^1 * m + g^2 * m + g^3 * m^2) * (b - c - f)] + h$$

جدول ۳: خلاصه برآورد مالی نیروگاه ۲ مگاواتی

۳۲,۰۰۰	مبلغ سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)
۱,۹۰۰	توان خروجی (کیلووات)
۸,۰۰۰	کارکرد سالیانه (ساعت)
۹۹۶	نرخ پایه خرید تضمینی برق (ریال در هر کیلووات)
۱۵,۱۳۹	درآمد سالیانه (میلیون ریال)
۳,۷۸۴	هزینه‌های جاری سالیانه (میلیون ریال)
۱۱,۳۵۵	سود خالص سالیانه (میلیون ریال)
۹۴۶	سود خالص ماهانه (میلیون ریال)
۳۶	نرخ سود سرمایه‌گذاری (درصد)
۳/۶	زمان بازگشت سرمایه (سال)

جدول ۴: خلاصه برآورد مالی نیروگاه ۲ مگاواتی خود تأمین

۳۲,۰۰۰	مبلغ سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)
۱,۹۰۰	توان خروجی (کیلووات)
۸,۰۰۰	کارکرد سالیانه (ساعت)
۹۹۶	نرخ پایه خرید تضمینی برق (ریال در هر کیلووات)
۱۵,۲۰۰,۰۰۰	میزان انرژی تولیدی (کیلووات ساعت)
۶,۰۰۰,۰۰۰	میزان مصرف داخلی مجموعه (کیلووات ساعت)
۹,۱۶۳	درآمد سالیانه (میلیون ریال): فروش به شبکه
۹,۰۰۰	درآمد سالیانه (میلیون ریال): فروش به مشترکین
۱۸,۱۶۳	درآمد کل سالیانه (میلیون ریال)
۳,۷۸۴	هزینه‌های جاری سالیانه (میلیون ریال)
۱۴,۳۷۹	سود خالص سالیانه (میلیون ریال)
۱,۱۹۸	سود خالص ماهانه (میلیون ریال)
۴۵	نرخ سود سرمایه‌گذاری (درصد)
۲/۲	زمان بازگشت سرمایه (سال)

۵- نتیجه

احداث مولدهای مقیاس کوچک علاوه بر کاهش تلفات شبکه، در بالا بردن قابلیت اطمینان شبکه نیز نقش بسزایی ایفا می‌کنند. راندمان الکتریکی مؤثر در مولدهای CHP و یا CCHP به دلیل استفاده از حرارت اگزاست و آب پوسسته در حدود ۸۰٪-۶۰٪ است که تفاوت قابل توجهی با راندمان مولدهای معمولی دارد. با توجه به برآورد اقتصادی صورت گرفته چنانچه توان تولیدی در مولد CHP تماماً به شبکه تزریق شود، دوره بازگشت سرمایه ۳,۶ سال است و اگر مولد از نوع خود تأمین باشد، دوره بازگشت سرمایه به ۲,۲ سال کاهش

ادامه در صفحه ۵۲ <<



شکل ۸: استقرار مولد در سایت

جدول ۲: مشخصات مکانیکی مولد

20V 4000 L32	مدل موتور
ton 22	وزن دستگاه با آب و روغن
rpm 1500	دور موتور
25Hz ~ 16KHz	حوزه فرکانس ارتعاش بدنه
50kg	بار دینامیک نامتعادل در هر تکیه‌گاه

۲-۴- آنالیز اقتصادی

مطابق دستورالعمل ارایه شده از سوی وزارت نیرو به شرکت توانیر و در راستای اجرای ماده ۱۳۳ قانون برنامه پنجم توسعه و حمایت از سرمایه‌گذاری در تولید برق از مولدهای مقیاس کوچک، نرخ خرید برق از مولدهای مزبور برای اتصال در شبکه فشار متوسط معادل ۹۹۶ ریال به علاوه نرخ ۰,۲ مترمکعب گاز طبیعی و در شبکه فشار ضعیف معادل ۱۰۸۶ ریال به علاوه نرخ معادل ۰,۲ مترمکعب گاز طبیعی خواهد بود. در ادامه این دستورالعمل ذکر شده که در مورد مولدهای تولید همزمان برق و حرارت، قرارداد خرید تضمینی برق بر اساس بازده الکتریکی مؤثر مولد منعقد می‌گردد. بنابراین پرداخت‌های صورت گرفته از طرف شرکت توانیر به سرمایه‌گذار در راستای موارد زیر است:

- پرداخت بابت تولید انرژی جهت فروش به شبکه
- پرداخت بابت سوخت مصرفی
- پرداخت بابت آمادگی سرمایه‌گذار برای تزریق توان به شبکه
- پرداخت بابت آمادگی، در شرایطی صورت می‌گیرد که سرمایه‌گذار امکان تولید توان و تزریق آن به شبکه را فراهم نموده اما بنا به دلایل متفاوتی این امکان از او سلب می‌گردد.

در جدول (۳) برآورد مالی نیروگاه ۲ مگاواتی ارائه شده است. در این حالت تمامی توان تولیدی مولد، به شبکه تزریق می‌گردد.

اگر مولد از نوع خود تأمین باشد یا به عبارت دیگر بخشی از توان تولیدی مولد صرف تغذیه بار محلی شود، احداث نیروگاه از توجیه اقتصادی بالاتری برخوردار خواهد شد.

در جدول (۵) یک نمونه از صورت‌حساب فروش انرژی به شبکه برای یک مولد تولید پراکنده نشان داده شده است. نحوه محاسبه درآمد حاصل از فروش انرژی به شبکه از رابطه (۱) خواهد بود. پارامترهای این رابطه در جدول (۵) نشان داده شده‌اند. این رابطه دارای دو بخش اصلی است:

۱- درآمد از حاصل از فروش انرژی

با توجه به بررسی‌های انجام شده در این مقاله، استفاده از سنسورهای هوشمند برای اندازه‌گیری پارامترهای کلیدی در تجهیزات برق فشارقوی، بسیار حائز اهمیت است. با توجه به مهیا بودن بسترهای ارتباطی و اتوماسیون در اغلب پست‌های برق خراسان، استفاده از این سنسورها علاوه بر بهبود روش تعمیرات و نگهداری، سبب کاهش هزینه‌ها در طولانی مدت می‌شود. هزینه نیروی انسانی متخصص از یک طرف، و هزینه‌های تعمیرات اساسی در تجهیزات از طرفی دیگر باعث افزایش هزینه در تعمیرات فعلی PM می‌شود. در حالی که با استفاده و بهره‌مندی از روش تعمیرات پیش‌بینانه، مدت زمان تعمیرات بر اساس وضعیت سلامت تجهیز متغیر است. همچنین پیش‌بینی و تشخیص زود هنگام خطا در ترانسفورماتورهای قدرت با استفاده از آنالیز گازهای محلول در روغن آن، علاوه بر افزایش طول عمر ترانس، به بهبود بهره‌برداری در طول دوره عمر مفید آن منجر می‌شود. علاوه بر این با استفاده از قابلیت‌هایی که در این مقاله ذکر شده است، احداث پست‌هایی تنها با یک ترانس قدرت، دور از ذهن نمی‌باشد.

مراجع

- [1] J.Roger Bowman, D.Wahl, "Advanced Distributed Sensor Networks For Electric Utilities", San Diego, CA92121, Science Application International Corporation, 2012
- [2] R. Moghe, A. Iyer, F. C. Lambert, D. Divan, "A Robust Smart Sensor for Smart Substations", IEEE Power and Energy Society General Meeting, pages 1-8, July 2012
- [3] R. Shoureshi, J. Work, "Advanced Sensor And Diagnostic Technologies For Development Of Intelligent Substations", IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol.1, pages 727-746, June 2004
- [4] J. Dončuk, V. Mentlík, J. Velek, "Condition assessment of power transformer using gas detection methods", journal in PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, 2013
- [5] Shihlin Electric & Engineering Corporation, "Instructions Maintenance For Power Transformer" Taiwan
- [6] R. Youngblood, C. Baker, F. Jakob, N. Perjanik, Application Of Dissolved Gas Analysis To Load Tap Changer
- [7] R. Vilaithong, S. Tenbohlen, T. Stirl, On-Line Tap Changer Diagnosis Based On Acoustic Technique
- [8] A. Prevost, "Oil Circuit Breaker Diagnostic" 7th Annual Weidmann Technical Conference, New Orleans, September 2008
- [9] IEEE Standard, "IEEE Guide for Diagnostics and Failure Investigation of Power Circuit Breakers" IEEE Power & Energy Society, August 2002
- [10] Hydroelectric research and technical services group, "Maintenance Of Power Circuit Breaker" Facilities instructions, standards and technique, Vol.3-16, December 1999
- [11] K. Malmedal, P.K. Sen, "Potential of Massively Deployed Sensors Applications in Substation Engineering" IEEE Research
- [12] A. Nunez, "Acoustic Emission Wireless Sensors applications On Power Equipment" MISTRAS Group
- [13] MISTRAS Group, "SF6 Leak Detection Solution" 2011
- [14] R. Keith Mobley, "Plant Engineer's Handbook" Butterworth-Heinemann, first edition, march 2001.

می‌یابد. در سالیان اخیر، سیاست‌های حمایتی و بسته‌های تشویقی ویژه به منظور ایجاد انگیزه برای سرمایه‌گذاران در توسعه مولدین تولید پراکنده در نظر گرفته شده است.

جدول ۵: صورت‌حساب فروش انرژی

22,761	شهریور	(a ₁)	۱- مقدار انرژی الکتریکی تولید شده سهم تولید در ساعات کم‌باری (KW/h)
400,197	مهر		
110,850	شهریور	(a ₂)	۲- مقدار انرژی الکتریکی تولید شده سهم تولید در ساعات بار مادی (KW/h)
461,875	مهر		
29,657	شهریور	(a ₃)	۳- مقدار انرژی الکتریکی تولید شده سهم تولید در ساعات اوج بار (KW/h)
136,203	مهر		
0.5			۴- عدد n تعیین شده در فرارزاد (جیت محاسبه ضریب تعدیل)
996.00		(b)	۵- نرخ پایه تعدیل انرژی (ریال بر کیلووات ساعت) (با اعمال ضریب تعدیل)
0		(c)	۶- مبلغ تخفیف (ریال بر کیلووات ساعت)
0.2		(d)	۷- میزان گاز مصرفی قابل قبول برای تولید یک کیلووات ساعت برق (مترمکعب)
0		(e)	۸- نرخ هر متر مکعب گاز مصرفی (ریال بر متر مکعب)
166.00		(f)	۹- متوسط هزینه‌ی متغیر AVC (ریال بر ساعت)
0		(g ₁)	۱۰- میزان آمادگی در ساعات کم‌باری (کیلووات ساعت)
0		(g ₂)	۱۱- میزان آمادگی در ساعات بار مادی (کیلووات ساعت)
0		(g ₃)	۱۲- میزان آمادگی در ساعات اوج بار (کیلووات ساعت)
0		(h)	۱۳- سایر هزینه‌های اضافی (ریال)
180,818,322	شهریور	(i)	۱۴- مبلغ کل ناشی از صورت‌حساب این دوره (ریال)
930,641,982	مهر		
$I = [(a_1 \cdot m_1 + a_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot m_3) \cdot (b - c + d \cdot e)] + [(g_1 \cdot m_1 + g_2 \cdot m_2 + g_3 \cdot m_3) \cdot (b - c + f)] + h$ $m_1 = 0.5 \quad m_2 = 1 \quad m_3 = 2$			

پی‌نوشت‌ها

- 1-Combined Heat & Power (CHP)
- 2-Combined Cold & Heat & Power (CCHP)

مراجع

- [۱] ششیوه محاسبه پیش‌پرداخت و نرخ تخفیف خرید برق در قراردادهای تضمینی، شرکت مدیریت شبکه برق ایران، ۱۳۸۹.
- [۲] راهنمای سرمایه‌گذاران احداث مولدهای مقیاس کوچک، سازمان بهره‌وری انرژی ایران، ۱۳۸۹.
- [3] D.W. Wu, R.Z. Wang, Combined cooling, heating and power: A review, Institute of Refrigeration and Cryogenics, Shanghai Jiao Tong University, Dongchuan Road 800, Shanghai 200240, China, Progress in Energy and Combustion Science 32 (2006) 459-495
- [4] H.I. Onovwiona & V.I. Ugursal, "Residential cogeneration systems: review of the current technology", Renewable and Sustainable Energy Reviews 10 (2006).
