فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

ارزیابی فنی و اقتصادی احداث مولد مقیاس کوچک برق (تولید پراکنده)
(مطالعه موردی : شهرک صنعتی سپیدان)

مریم حسین زاده[۱] ، حامد حسین زاده[۲]

[۱] دکتری اقتصاد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان(اصفهان)، *Mhs2620@yahoo.com*
[۲] دکتری مهندسی انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، *H.hoseinzade@srbiau.ac.ir*

چکیده

احداث واحدهای تولید پراکنده برق بخصوص مولدهای گاز سوز CHP ، ضمن کاهش تلفات شبکه، بهبود پروفایل ولتاژ و افـزایش قابلیت اطمینان، بنحو قابل توجهی هزینه تمام شده احداث نیروگاه محلی توسط شهرک را به لحاظ صرفه‌جویی در عـدم احـداث یـک پست تبدیل ولتاژ و درآمد حاصل از فروش برق به وزارت نیرو جبران خواهد نمود. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند بـه منظـور گرمایش ناحیه‌ای یا در صنایع فرآیندی مورد استفاده قـرار گیـرد. بخـش اعظمـی از شـهرک بـه صـنایع آب معـدنی، مـواد غـذایی، کنسروسازی و تولید لوله و اتصالات پلی اتیلنی اختصاص داده شده است. از طرفی دغدغه اصلی سرمایه گذاران حفظ سرمایه، کـاهش ریسک، سودآوری و بطورکلی توجیه پذیری اقتصادی طرح می باشد لذا در این تحقیق سعی شده است با استفاده از ابزارهای تحلیل اقتصادی و تکنیکهای نرم افزار Comfar به تجزیه و تحلیل و توجیه پذیری اقتصادی یک پروژه نصب مولد مقیاس کوچـک گازسـوز CHP در شهرک صنعتی سپیدان پرداخته شود. شاخص های ارزیابی اقتصادی موجود ازجملـه ارزش فعلـی خـالص، نـرخ بازگشـت داخلی، نسبت سود به هزینه بالا و همچنین کوتاه بودن زمان برگشت سرمایه نشان دهنده سودآوری وتوجیه پذیری اقتصـادی طـرح می باشد. آنالیز حساسیت وتحلیل آماری نیز میتواند شرایطی را جهت تصمیم گیری بهتر سرمایه گذارفراهم نماید.

واژه های کلیدی: ارزیابی فنی و اقتصادی، تولید پراکنده، شهرک صنعتی سپیدان، مولد گازسوز

د.وره: ۲	دریافت مقاله:۱۴۰۲/۰۲/۲۰
شماره: ۱	اصلاحیه مقاله:-
آدرس سایت: nrbste.ir	پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۰۲/۲۵
ایمیل:kome.e.a.d@gmail.com	انتشار مقاله: ۱۴۰۲/۰۳/۳۰

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

مقدمه

با افزایش میزان تقاضا برای انرژی الکتریکی، تجدید ساختار در صنعت برق و نیز افزایش راندمان واحدهای تولیدی کوچک، شرکت های برق تمایل بیشتری برای بهره برداری از این واحدها در سیستم توزیع و در نزدیکی مصرف کننده ها پیدا کرده اند. خصوصی سازی صنعت برق و توسعه انرژیهای تجدید پذیر از مهمترین عوامل گسترش این نوع از تولید برق می باشند. استفاده از واحدهای تولید توزیع شده تأثیر قابل توجهی بر مسائل فنی و اقتصادی سیستمهای قدرت می گذارد. امروزه تعداد شهرک های صنعتی در حومهٔ شهرها قابل توجه شده است . بیشتر این شهرک ها بین ۵۰ تا ۲۰۰ هکتار وسعت دارند و صنایع سبک و نیمه سنگین در آنها احداث شده و یا در حال احداث است. برق درخواستی این شهرک ها بسته به وسعت و حجم صنایع احداث شده و یا در حال احداث در آنها ۷ یا ۸ مگاوات تا چند ده مگاوات و در موارد معدود تا چند صد مگاوات برآورد می گردد گاز طبیعی ، به علت گسترش شبکه های توزیع گاز در اکثر نقاط دنیا و دسترسی نسبتاً آسان به این نوع سوخت و با توجه به قیمت نسبتاً پایدار، صرفه اقتصادی و میزان آلودگی محیطی پایین آن، سوخت رایج اکثر تولیدات پراکنده محسوب می گردد. در این تحقیق سیستم تولید همزمان برق و حرارت برای شهرک صنعتی سپیدان واقع در استان فارس در نظر گرفته شده است. ابتدا سعی شده است تعریفی از تولید پراکنده و برخی مزایای آن را اشاره کنیم و سپس در خصوص مشخصات شهرک صنعتی سپیدان مطالبی ارائه می شود، و نیز امکان تولید همزمان برق و حرارت به منظور تامین برق و حرارت شهرک صنعتی بررسی خواهد گردید. با توجه به ظرفیت برق مورد نیاز این شهرک صنعتی به کمک ابزارهای اقتصادی برآورد می شود که نصب تولید پراکنده در این مکان توجیه اقتصادی پیدا می کند.

شهرک صنعتی مورد مطالعه

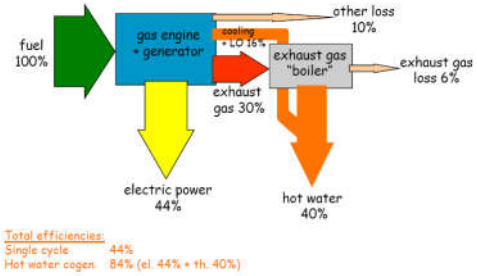
در شهرستان سپیدان سه شهرک و دو ناحیه صنعتی به تصویب هیات محترم وزیران رسیده است که مهمترین آنها شهرک صنعتی سپیدان۱ می باشد. شهرک صنعتی سپیدان۱ با توجه به مشکلات تامین برق جهت امکان سنجی احداث واحد تولید محلی برق مورد مطالعه قرار گرفته است.این شهرک با وسعت ۳۷ هکتار که ۱۷ واحد آن به بهره برداری رسیده و ۱۷ واحد دیگر در حال ساخت می باشد. همچنین این شهرک صنعتی دارای آب و گاز با دبی ۵۰۰۰ متر مکعب بر ساعت می باشد. تامین برق این شهرک توسط خط تک مداره ۲۰ کیلو ولت و از پست ۶۶/۲۰ سپیدان صورت می گیرد. مساحت مورد نیاز برای استقرار موتورهای گازی و تجهیزات مورد نیاز (که در بخش های آتی معرفی می شوند) حدود ۱۵۰۰ متر مربع برآورد می شود. محل انتخاب شده حتی المقدور نزدیک به شبکه ۲۰ کیلو ولت موجود و شبکه توزیع گاز باشد.

فشار گاز طبیعی در ایستگاه های ورودی شهر به حدود PSIg ۲۵۰ کاهش یافته و سپس به سمت ایستگاه های تقلیل فشار داخل شهر هدایت می شود. در ورودی شهرک صنعتی یک ایستگاه تقلیل فشار گاز (TBS) اختصاصی تعبیه شده است که فشار گاز را تا حد PSIg ۶۰ کاهش می دهد. با توجه به جدول ذیل ارزش حرارتی هر متر مکعب گاز $38.3MJ$ خواهد بود. بر این اساس، این موتور گاز سوز (با راندمان ۴۲) برای ارائه توان نامی خود تقریبا نیاز به ۴۴۷ مترمکعب گاز در هر ساعت دارد و مجموع سه موتور ۱۳۴۱ مترمکعب گاز در هر ساعت لازم دارند.

تولید همزمان برق و حرارت (CHP)

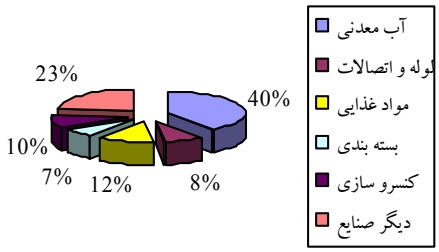
تولید همزمان برق و حرارت یک روش صرفه جویی انرژی است که در آن برق و حرارت بطور همزمان تولید می‌شوند. حرارت حاصل از تولید همزمان می‌تواند به منظور گرمایش ناحیه‌ای یا در صنایع فرآیندی مورد استفاده قرار گیرد. برای بازیافت حرارت، سیستم های متنوعی با کاربردهای مختلف وجود دارند. انتخاب سیستم مناسب در هر فرآیند، با در نظر گرفتن عوامل متعددی صورت می گیرد. بویلرهای بازیافت حرارت یکی از متداولترین سیستمهای بازیافت در کاربردهای CHP می باشد. در این بویلرها، گازهای داغ حاصل از احتراق، پیش از اینکه وارد دود کش شوند، از میان تعداد زیادی لوله های موازی که درون آنها آب جریان دارد، می گذرند. در نتیجه این تبادل حرارت، آب تبخیر شده و درون مخزن بخار جمع آوری می شود. پس از آن بخار تولید شده، در فرآیند توزیع می گردد.

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »



شکل ۱ : راندمان کل یک موتور گازی در کاربرد به صورت تولید همزمان برق و حرارت

در صورت استفاده از گرمای خروجی برای بازیافت حرارت (CHP)، راندمان مولد از رابطه $\eta_{DG} = \frac{\eta_e}{1-\eta_t \times \mu}$ محاسبه می شود که η_e بازده الکتریکی و η_t بازده حرارتی مولد تولید همزمان برق و حرارت و μ ضریب استفاده از قسمت تولید حرارت است. تاریخ استفاده از سیستم تولید همزمان به صنایع مختلف به ویژه صنایع کاغذسازی، صنایع شیمیایی انبوه و صنایعی که احتیاج به حرارت و الکتریسیته فراوان دارند می رسد. شکل (۲) سهم صنایع مختلف در شهرک صنعتی سپیدان را بر اساس مساحت در نظر گرفته شده در طرح تفصیلی آن نشان می دهد. ملاحظه می شود که بخش اعظمی از شهرک به صنایع آب معدنی، مواد غذایی، کنسروسازی و تولید لوله و اتصالات پلی اتیلنی اختصاص داده شده است. صنایع غذایی، بسته بندی و تولید لوله گوجه و ... ازعمده مصرف کنندگان بخار و آب داغ می باشند.



شکل ۲ : سهم صنایع مختلف در شهرک صنعتی سپیدان

میزان بخار و آب گرم تولیدی توسط موتورهای گازی

دمای گازهای خروجی موتور گازی انتخاب شده (TCG 2020 V20)، ۴۳۰ درجه سانتی گراد می باشد و جریان جرم آن ۱۰۶۶۸ کیلوگرم بر ساعت است. با توجه به نکات گفته در بخش قبل در خصوص انتخاب دمای گاز خروجی از دیگ بازیاب حرارت، در صورتی که دمای گاز به ۱۲۰ درجه سانتی گراد برسد در هر ساعت ۳/۶۶ GJ و در صورتی که دمای گاز تا ۱۵۰ درجه سانتی گراد کاهش یابد ۳/۳ GJ انرژی قابل بازیافت خواهد بود. همچنین می توان برای افزایش بازده، حرارت را از آبی که جهت خنک کردن موتور استفاده می شود بازیافت کرد. این موتورها می توانند حداکثر ۸۵ متر مکعب آب ۹۲ درجه در هر ساعت را از این طریق تولید کنند. در یک سیستم گرمایش ناحیه ای، آب گرم که از طریق لوله های "رفت" به مصرف کنندگان می رسد، گرمای خود را در مبدل های حرارتی از دست می دهد و لوله های "برگشت" آبی که حرارت خود را از دست داده برای گرمایش مجدد به سمت واحد تولیدی هدایت می کنند. معمولا دمای آب لوله رفت ۱۸۰ درجه فارنهایت و دمای آب برگشت ۱۶۰ درجه فارنهایت در نظر گرفته می شود.

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

$$\dot{Q} = 3.66\ GJ$$
$$f_{loss} \approx 0.95$$
$$T_{win} = 160\ ^\circ F \rightarrow H_{win} = 297\ \ kJ/kg$$
$$T_{wout} = 180\ ^\circ F \rightarrow H_{wout} = 343\ \ kJ/kg$$
$$\dot{Q} \times f_{loss} = \dot{m}_w \times (H_{wout} - H_{win})$$
$$\dot{m}_w = 75586\ \ kg/h$$

که H_{win} انتالپی آب ورودی و H_{wout} انتالپی آب خروجی می باشد. بر این اساس هر یک از این موتورها توانایی تولید حدود ۷۵ مترمکعب آب با حرارت ۱۸۰ درجه فارنهایت در هر ساعت دارند.

به همین ترتیب می توان میزان بخار قابل تولید توسط این موتورها را محاسبه کرد.

$$\dot{Q} = 3.66\ GJ$$
$$P = 3\ bar \rightarrow H_s = 2724\ \ kJ/kg$$
$$T_{fw} = 90\ ^\circ C \rightarrow H_{fw} = 377\ \ kJ/kg$$
$$f_{loss} \approx 0.95$$
$$\dot{Q} \times f_{loss} = \dot{m}_s \times (H_s - H_{fw})$$
$$\dot{m}_s = 1481\ \ Kg/h$$

که H_{fw} انتالپی آب ورودی و H_s انتالپی بخار خروجی می باشد. بر این اساس هر یک از این موتورها توانایی تولید حدود ۱/۴۸ تن بخار با فشار ۳ بار در هر ساعت دارند.

مشخصات فنی موتورهای گازی پیشنهادی

همانطور که در مقدمه گزارش اشاره شد در سالهای اخیر استفاده از موتورهای گازی با توجه به شاخصه های فنی مطلوب نظیر راندمان بالا، صرفه اقتصادی، عمر طولانی، سرعت بارگیری، پایین بودن آلاینده های زیست محیطی، هزینه پایین تعمیر و نگهداری و... با استقبال زیادی روبرو شده است.

برخی پارامترهای اصلی یک موتور گاز سوز که در هنگام انتخاب بایستی مدنظر قرار گیرد عبارتند از

۱- قدرت نامی ۲- نوع سوخت مصرفی و میزان مصرف سوخت ۳- دور موتور و سیستم تنظیم دور ۴- سیستم خنک کنندگی ۵- دمای گازهای خروجی ۶- راندمان ۷- ...

در این بخش برخی مشخصات فنی موتورهای گازی مدل TCG 2020V 20 ساخت کارخانه دویتس بررسی خواهند شد.

بایستی توجه داشت که هرچند انتخاب موتورهای کوچک تر همانطور که گفته شد از برخی جهات نظیر راندمان، انعطاف پذیری، قابلیت اطمینان و ... بر موتورهای با توان زیاد ارجح هستند اما سرمایه گذاری اولیه آنها ($/kW) بیشتر می باشد.

شکل ۳ : موتورگازسوز مدل TCG 2020 V20 ساخت کارخانه Deutz

برخی مشخصات عمومی موتورگازسوز مدل TCG 2020 V20 در جدول زیر نشان داده شده اند.

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

جدول ۱ : مشخصات عمومی موتورگازسوز مدل TCG 2020 V20

شرح	واحد	مقدار
توان مکانیکی	kW	۲۰۰۰
سرعت	min^{-1}	۱۵۰۰
توان الکتریکی*	kW	۱۹۴۲
راندمان الکتریکی	درصد	۴۲
راندمان حرارتی	درصد	۴۲/۷
راندمان کل	درصد	۸۴/۷
مصرف سوخت	کیلو وات	۴۶۱۹
طول عمر	سال	۱۵
دمای گازهای خروجی	^0C	۴۳۰
جریان جرم گازهای خروجی	kg/h	۱۰۶۶۸

* در فرکانس ۵۰ هرتز، ولتاژ ۰/۴ کیلوولت و ضریب توان ۱

توان مکانیکی نامی موتور در شرایط استاندارد توسط سازندگان آن اعلام می شود. افزایش دما و افزایش ارتفاع از جمله عوامل کاهش در قدرت تحویلی موتور می باشند. ضرایب کاهش قدرت ناشی از شرایط محیطی نیز توسط سازنده محاسبه می شود.

با توجه به بررسی های فنی و اقتصادی و همچنین با در نظر گرفتن رنج تولیدات سازندگان موتورهای گاز سوز پیشنهاد شده است که برای واحدهای DG با ظرفیت بیش از ۴ مگاوات، از ترکیب چند دستگاه موتور به طور موازی استفاده شود. این امر علاوه بر اینکه انعطاف بیشتری در برابر کاهش یا افزایش تقاضا بوجود می آورد موجب افزایش قابلیت اطمینان سیستم می گردد.

تحلیل شبکه در حضور واحد تولید محلی برق

شکل زیر قسمتی از شبکه پیاده سازی شده در نرم افزار DIgSILENT به همراه سه واحد تولیدی که در شهرک صنعتی به شبکه ۲۰ کیلو ولت متصل شده است را نشان می دهد.

در هر یک از این واحد ها یک موتور گازی مدل TCG 2020 V20 ساخت کارخانه Deutz آلمان که با ژنراتور مدل DIG 130 i/4 ساخت کارخانه AVK کوپل شده بکار گرفته می شود. همانطور که پیشتر بیان شد توان مکانیکی این موتورها ۲ مگاوات بوده و سرعت آنها ۱۵۰۰ دور بر دقیقه می باشد.

قدرت نامی ژنراتورهای انتخاب شده ۲/۴۰۵ مگاولت آمپر در ضریب توان ۰/۸ می باشد. این قدرت در شرایط محیطی ۴۰ درجه سانتی گراد و ارتفاع ۱۰۰۰ متر از سطح دریا محاسبه شده است و لذا با توجه به شرایط در شهرک صنعتی افت قدرت وجود خواهد داشت. درجه حفاظت این ژنراتور IP23 می باشد. بدین معنا که در برابر ورود اجسام سخت با قطر بزرگتر از ۱۲ میلیمتر و نیز در برابر ریزش آب با زاویه ۶۰ درجه از طرفین حفاظت شده است. ولتاژ خروجی این ژنراتورها ۶/۳ کیلو ولت بوده و لذا برای اتصال آنها به شبکه ۲۰ کیلو ولت ترانسفور با ظرفیت ۳MVA در نظر گرفته شده است.

ابزارهای تحلیل اقتصادی

۱- خالص ارزش فعلی (NPV)

ارزش فعلی خالص پروژه به عنوان ارزش به دست آمده ناشی از تنزیل جداگانه برای هر سال، تفاوت میان ورود و خروج وجوه نقدی در تمام طول عمر پروژه با نرخ ثابت و از پیش تعیین شده بهره را بیان می کند. از دیدگاه ریاضی برای محاسبه ارزش فعلی خالص، ابتدا جریانات نقدی خالص هر سال در عامل تنزیل همان سال ضرب و سپس با هم جمع می شوند [۷] .

$$NPV=(\Sigma(Bt-Ct)/(1+i)^t \quad (۱)$$

NPV <0 پروژه غیراقتصادی

$NPV=0$یا$NPV>0$ پروژه اقتصادی

۲- نرخ بازده داخلی (IRR)

نرخ بازده داخلی نرخی است که تنزیل گردش نقدی پروژه سرمایه گذاری بر مبنای آن موجب محاسبه خالص ارزش فعلی مساوی صفر باشد [۷] .

$$IRR=i1+(NPV1 \quad i2-i1 \quad (۲)$$
$$)/(NPV1+NPV2)$$

۳- حاشیه سود

معیاری برای سنجش میزان سودآوری، کارایی و ساختار هزینه های یک شرکت که از تقسیم سود بر میزان فروش به دست می آید.

۴- تحلیل نقطه سر به سر (BEP)

از دید فنی تحلیل نقطه سر به سر تکنیک مهمی است که جهت مطالعه روابط بین هزینه ها، درآمد و سود به کار می رود و طبق تعریف نقطه سر به سر نقطه ای است که در آن بهره برداری از طرح نه سود و نه زیان ایجاد می کند[۶]. به عبارتی تحلیل نقطه سر به سری، نقطه ای را تعیین می کند که در آن درآمد فروش برابر با هزینه های تولید است و بدین ترتیب جهت تجزیه و تحلیل این موضوع که تغییر حجم محصول چه اثر بر سود خواهد داشت مورد استفاده قرار می گیرد.

۵- دوره بازگشت سرمایه

منظور از دوره بازگشت سرمایه مدت زمانی است که هزینه اولیه سرمایه گذاری از منافع خالص ناشی از طرح در دوره بهره برداری آن بر خواهد گشت.

$$\text{دوره بازگشت سرمایه} = \frac{\text{سرمایه گذاری اولیه}}{\text{وجوه نقد سالیانه حاصل از طرح}} \quad (۳)$$

۶- تحلیل حساسیت

تحلیل حساسیت یک طرح عبارت است از بازنگری به ارزیابی اقتصادی انجام شده با تغییر پارامترهای اولیه طرح. در تحلیل حساسیت، تحلیل‌گر به بررسی میزان تاثیر تغییرات پارامترهای اولیه طرح در نتایج طرح می‌پردازد. هرچقدر این اثرات کمتر باشد امید و اطمینان بیشتری به سرمایه‌گذار جهت انجام طرح خواهد داد.

تحلیل اقتصادی

۱- خلاصه طرح

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

طرح فوق که قرار است در شهرک صنعتی سپیدان واقع در استان فارس پیاده شود در آن از ۴ مولد ۴۳۰۰ کیلو وات استفاده می شود که مولد فوق سالیانه ۸۰۰۰ ساعت کارکرد دارد که جمعاً، سالیانه kwh ۱۳۰۷۲۰۰۰۰ برق تولید می کند که از قرار هر کیلو وات ساعت (kwh) در حالت CHP ، ۳۵۴ ریال که وزارت نیرو تعهد کرده است. جمعاً به طور متوسط سالیانه از فروش در ظرفیت نهایی و در شرایط واقعی (تورم =۱۰٪) ۵۹۳۷۳ میلیون ریال و در شرایط غیر واقعی (تورم=۰) ۴۶۲۷۴ میلیون ریال خواهد شد. قیمت تمام شده کل محصولات در هر سال به طور متوسط ۲۸۷۷۵ میلیون ریال و قیمت تمام شده هر واحد محصول تقریباً ۲۲۹ ریال می شود. در این طرح هیچ شریک خارجی دیده نشده است و تمامی سهامداران طرح داخلی می باشند که میزان آورده سهامداران مبلغ۴۰۹۳۵ میلیون ریال و میزان وام دریافتی از بانک ۱۰۶۶۶۶ میلیون ریال است. فرض را بر این گذاشتیم که ۷۰ درصد کسری وجوه را بانک از طریق اعطای وام و ۳۰ درصد کسری وجوه را از طریق آورده سهامداران تأمین مالی کنند. در ضمن طبق مفروضات بانک صنعت و معدن کل سرمایه گذاری با نرخ ۱۷ درصد تنزیل شده و سرمایه گذاری سهام دار هم با نرخ ۲۴ درصد تنزیل شده است [۵]. همچنین باز پرداخت وام در یک بازه زمانی۵ ساله با اقساط مساوی ماهانه در نرخ سود بانکی ۱۴ درصد انجام می شود.

۲- ویژگیهای نرم افزار ارزیابی طرح

از ویژگیهای این نرم افزار می توان به برآورد سرمایه بهینه و هزینه های جاری، تهیه ترازنامه و صورت های مالی، برآورد ریسک و بازده طرح، محاسبات هزینه های ثابت و متغیر، تحلیل حساسیت و سرانجام بررسی نقاط ضعف و قوت طرح اشاره نمود. لذا ورودی های نرم افزار بر اساس بررسی و مطالعه فنی، ظرفیت تولید، تجهیزات، ماشین آلات ،هزینه های عمرانی و غیره خواهد بود.

۳- تحلیل طرح

در این طرح سعی شده است با بکارگیری آمار و ارقام موردنیاز جهت توجیه پذیری طرح از نرم افزار کامفار ۳ استفاده شود در جدول (۲) و (۳) مهم ترین شاخص های ارزیابی اقتصادی طرح برآورد شده است. بنابراین شاخص های اقتصادی بیانگر سودآور بودن طرح است و نصب تولید پراکنده در شهرک صنعتی مورد نظر توجیه اقتصادی پیدا می کند.

جدول۲: برآورد شاخصهای مهم اقتصادی

عنوان	بر حسب قیمت برق ۳۵۴ ریال
NPV (کل سرمایه) – (هزار ریال)	۱۱۰,۲۰۷,۴۶۷.۹۳
NPV (حقوق صاحبان سهام) – (هزار ریال)	۶۰,۸۸۷,۵۹۸.۱۴
IRR (کل سرمایه)	٪ ۳۵/۱۹
IRR (حقوق صاحبان سهام)	٪ ۵۰/۰۸
متوسط نقطه سر به سر (یا هزینه های تأمین مالی)	٪ ۳۰/۳۶
متوسط نقطه سر به سر (بدون هزینه های تأمین مالی)	٪ ۲۲/۹۳
متوسط حاشیه سود	٪۸۶/۰۵
قیمت تمام شده	۲۸,۷۷۵,۶۴۰.۷۶

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

محصولات – (هزار ریال)	
قیمت تمام شده هر واحد محصولات – (ریال)	۲۲۹

جدول۳: شاخص های مهم اقتصادی جهت بررسی توجیه پذیری طرح

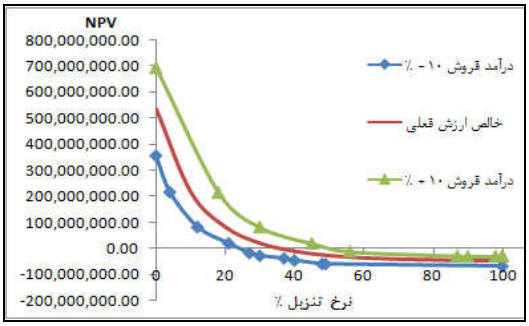
		ارزیابی	نتیجه
NPV (خالص ارزش فعلی)	۱۱۰۲۰۷	NPV≥0	پروژه سودآور
IRR (نرخ بازده داخلی)	۳۵.۱۹ %	%IRR≥MARR=۱۷	پروژه سودآور
SIR (نسبت منفعت به هزینه)	۲	SIR≥ ۱	پروژه سودآور
PB (دوره بازگشت سرمایه)	حدود ۴ سال		حدود ۴ سال

۴- تحلیل حساسیت NPV

نمودارهای حساسیت به درآمد فروش و هزینه های عملیاتی در ذیل آورده شده است.

۴-۱- نمودار حساسیت NPV به تغییر دردرآمد فروش

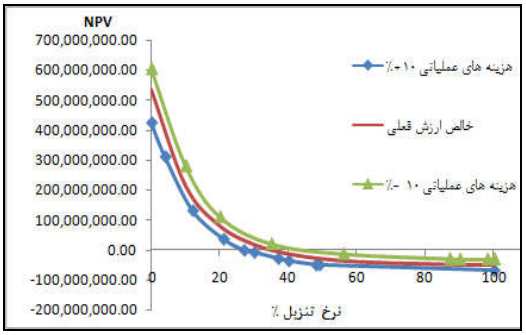
اگر درآمد فروش به اندازه ۱۰± درصد تغییر کند منحنی NPV کل سرمایه گذاری با افزایش فروش به سمت راست و با کاهش فروش به سمت چپ جابجا خواهد شد که در این حالت IRR کل سرمایه گذاری ابتدا افزایش و سپس کاهش خواهد یافت.



شکل ۲: حساسیت NPV به تغییرات درآمد فروش

۴-۲- نمودار حساسیت NPV به تغییر در هزینه های عملیاتی

حساسیت IRR به تغییر در هزینه های عملیاتی کم است به طوری که با تغییر ۱۰ درصد در این هزینه ها ، اثر محسوسی را در تغییر IRR مشاهده نمی کنیم این مطلب در نمودار زیر مشهود است.



شکل ۳: حساسیت NPV به تغییرات هزینه های عملیاتی

فصلنامه علمی تخصصی پژوهش های نوین بین رشته ای علوم پایه و فنی و مهندسی
Specialized Scientific Quarterly of New Interdisciplinary Researches in Basic Science and Technical and Engineering
« E-ISSN:2980-9061 »

۵-۷ سناریوی IRR در حالتهای مختلف تورم

در این سناریو تورم ۱۰ درصد ، ۱۵ درصد و ۲۰ درصد را در نظر گرفته ایم و همان طور که قابل مشاهده است با افزایش تورم، IRR افزایش می یابد. همچنین با تعدیل قیمت برق شاهد افزایش IRR و بهبود وضعیت آن خواهیم بود.

جدول۴: سناریو سازی IRR با نرخهای مختلف تورم

تورم	IRR
۱۰ درصد	٪ ۳۵
۱۵ درصد	٪ ۴۸
۲۰ درصد	٪ ۵۴

نتیجه گیری

در این تحقیق سعی شده است توجیه پذیری اقتصادی احداث مولد مقیاس کوچک برق (تولید پراکنده) در شهرک صنعتی علی آباد به اثبات برسد. لذا ضمن ارائه مدل اقتصادی یک پروژه مولد مقیاس کوچک در شهرک صنعتی علی آباد با کمک تکنیکهای ارزش زمانی مالی و ابزارهای موجود به تجزیه و تحلیل اقتصادی پروژه پرداخته شد و شاخص های ارزیابی اقتصادی موجود از جمله ارزش فعلی خالص، نرخ بازگشت داخلی، نسبت سود به هزینه بالا و همچنین کوتاه بودن زمان برگشت سرمایه، مثبت بودن جریان نقدی نشان دهنده سودآوری و توجیه پذیری اقتصادی طرح در این شهرک صنعتی می باشد.

علایم و اختصارات

CHP	تولید همزمان برق و حرارت
t	دوره زمانی طرح
B_t	منافع طرح
C_t	هزینه های طرح
i	نرخ بهره
kwh	کیلو وات ساعت
NPV	خالص ارزش حال
CHP	تولید همزمان برق و حرارت
SIR	نسبت فایده به هزینه
BEP	نقطه سر به سر
PB	دوره بازگشت سرمایه
MARR	حداقل نرخ جذب کننده

مراجع

۱. مرکز توسعه فن آوری نیرو (متن) ، " سرمایه گذاری بر روی مولدهای تولید پراکنده مقیاس کوچک " ، ۱۳۸۷.

۲. وزارت نیرو ، دفتر خصوصی سازی صنعت برق ایران ، " امکان سنجی تولید محلی برق در شهرک صنعتی علی آباد استان گلستان " ، مهر ماه ۱۳۸۷.
۳. پژوهشگاه نیرو ، " ارزیابی اقتصادی منابع تولید پراکنده و تعیین نرخ خرید تضمینی انرژی از آنها " ، اردیبهشت ماه ۱۳۸۳.
۴. شرکت برق توانیر ، دفتر برنامه ریزی تولید ، " مقایسه فنی و اقتصادی نیروگاههای تولید پراکنده و نیروگاههای متمرکز " ، آبان ماه ۱۳۸۴.
۵. شرکت برق توانیر ، دفتر برنامه ریزی تولید ، " مقایسه فنی و اقتصادی نیروگاههای تولید پراکنده و نیروگاههای متمرکز " ، آبان ماه ۱۳۸۴.
۶. وزارت نیرو ، دفتر خصوصی سازی صنعت برق ایران ، " راهنمای متقاضیان دستور العمل احداث مولد مقیاس کوچک " ، بهمن ماه ۱۳۸۷.
۷. خواجه علیرضا ، ساجدیان نرگس ، درخشان مراد ، " ارائه مدلی جهت ارزیابی اقتصادی ، آنالیز حساسیت و حدود تخمین مولد های مقیاس کوچک " بیست و چهارمین کنفرانس بین المللی برق ، ۱۳۸۸
۸. اسکونژاد محمدمهدی ، "اقتصاد مهندسی یا ارزیابی اقتصادی پروژه های صنعتی " ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر،۱۳۸۳

9. IEA,Distributed Generation in Libralised Electricity Market, Paris,2002.
10. N.Hadisaid, J.F.Canard, F.Dumas, Dispersed Generation Impact on Distribution Network, IEEE Computer Application in Power, Vol 12, No 2, 1999.
11. Richard E. Brown, Jiuping Pan, Xiaoming Feng and Krassimir Koutlev, Siting Distributed Generation to Defer T&D Expansion, IEEE 2001.