

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

بازتوانی نیروگاههای بخار قدیمی و یا ساخت نیروگاههای سیکل ترکیبی جدید

بررسی فنی و اقتصادی سناریوهای موجود بر اساس قرارداد خرید تضمینی برق

رامین حقیقی خوشخو
 دانشکده مکانیک و انرژی
 دانشگاه شهید بهشتی
 تهران، ایران
 r_haghighi@sbu.ac.ir

احسان تراب نژاد
 دفتر تحقیق و توسعه
 شرکت مهندسی مشاور مونکو ایران
 تهران، ایران
 Torabnejad.ehsan@monenco.com

واژه‌های کلیدی — بازتوانی، نیروگاه بخار، نیروگاه سیکل ترکیبی، روش جعبه هوای داغ، خرید تضمینی برق، بازتوانی کامل

۱. مقدمه

استفاده از نیروگاههای سیکل ترکیبی در بین نیروگاههای دیگر با توجه به افزایش توان تولیدی و بهبود راندمان، امروزه حائز اهمیت میباشد. اما نیروگاههای بخار با توجه به سابقه قدیمی‌شان بیشتر از سیکلهای ترکیبی در شبکه قدرت، در حال بهره‌برداری و تولید توان هستند. با توجه به نیروگاه‌های بخار در کشور میتوان گفت که در مجموع نیروگاههای بخار بالای ۲۵ سال کارکرد، % ۶۸/۴۲ از کل نیروگاههای بخار را تشکیل میدهند که نشان از فرسوده بودن نیروگاههای بخار کل کشور است. در طی ۱۰ سال اخیر سهم تولید نیروگاههای بخار کاهش یافته است که یکی از عوامل آن در کنار افزایش تعداد نیروگاههای سیکل ترکیبی و گازی در کشور، افزایش طول عمر و کاهش توان تولیدی سیکلهای بخار می باشد. [۱]

سرمای‌گذاری برای ساخت نیروگاههای جدید سیکل ترکیبی و همچنین بازتوانی نیروگاههای بخار میتواند از هدر رفت انرژی در صنعت تولید برق بکاهد. در این بین تصمیم‌گیری در مورد تخصیص منابع مالی موجود برای ساخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی جدید و یا بازتوانی نیروگاههای بخار موجود به یک چالش اصلی بدل شده است که هر طرف ذینفعی با توجه به

چکیده — با توجه به اینکه تقریباً ۶۹ درصد از نیروگاههای بخار کشور بالای ۲۵ سال عمر دارند، این امر موجب کاهش توان و راندمان این نیروگاهها شده است و با توجه به بودجه محدود برای توسعه صنعت برق کشور، ساخت نیروگاههای سیکل ترکیبی جدید در مقابل بازتوانی نیروگاههای بخار موجود قرار میگیرد. برای بررسی دقیقتر علاوه بر توجه به مسائل فنی باید مسائل اقتصادی نیز با توجه به قراردادهای خرید تضمینی برق مورد نظر قرار گیرد. در این مقاله در سه سناریو به مقایسه احداث نیروگاه سیکل ترکیبی جدید با بازتوانی به روش جعبه هوای داغ، بازتوانی کامل با استفاده از تجهیزات ساخت داخل و نیز بازتوانی با استفاده از تجهیزات نسل جدید پرداخته شده است. برای آنالیز نتایج، فاکتور بازتوانی بصورت پارامتر بیبعد که نشانگر اثرات افزایش راندمان، افزایش توان تولیدی، افزایش عمر و افزایش قیمت فروش برق با توجه به پاداش راندمان تعریف شده است. نتایج نشان میدهد که فاکتور بازتوانی برای سناریو سوم دارای بیشترین مقدار میباشد. نهایتاً بازتوانی تنها در حالتی نسبت به احداث نیروگاه سیکل ترکیبی جدید از لحاظ اقتصادی دارای توجیه است که به روش بازتوانی کامل و با استفاده از تجهیزات نسل جدید برای رسیدن به راندمانهای بالای ۵۰ درصد انجام شود.

نکته اول- قبل از اعلام نظر قطعی در مورد بازتوانی نیروگاه موجود و یا ساخت نیروگاه جدید، باید مطالعات امکانسنجی فنی - اقتصادی بصورت کامل در مورد آن نیروگاه انجام شود، بدون این امر بیان نظر قطعی عملاً ممکن و دقیق نیست. زیرا هر نیروگاه با توجه به شرایط خود دارای مزیت هایی است که بعضاً روند مطالعات و تصمیمگیری را به شدت تحت تاثیر قرار میدهد. به عنوان مثال نیروگاههایی که در نزدیکی دریا هستند امکان استفاده طولانی مدت از سیستم کولینگ یکبار گذر آنها وجود دارد که باعث صرفهجویی بسیاری در هزینه بازتوانی میشود، نیروگاههایی که در محدوده شهرهای آلوده هستند باید به سرعت نسبت به کاهش آلایندهی آنها اقدام نمود و یا لزوم حفظ بعضی از نیروگاهها در مناطق خاص به خاطر مسائل استراتژیک و امنیتی، که این موارد باید در هر نمونه به دقت بررسی شوند.

نکته دوم- دو هدف مهم از انجام هر بازتوانی، افزایش توان تولیدی و نیز افزایش راندمان نیروگاه میباشد. در صورتی که شیوه فروش برق تولیدی نیروگاه بر اساس قرار داد ECA^۱ باشد (که این مقاله با فرض قرارداد ECA برای فروش برق تهیه شده است)، باید برای تاثیر بخشی افزایش راندمان نیروگاه (کاهش مصرف سوخت) در مطالعات اقتصادی، پاداشی برای این افزایش بازده در نظر گرفت که این پاداش علاوه بر قیمت پایه فروش برق (که تقریباً برابر ۷۰۰ ریال برای هر کیلووات ساعت است)، میباشد. روش در نظر گرفته شده برای محاسبه پاداش افزایش بازده از قرارداد خرید تضمینی برق استفاده شده است که به شرح زیر می باشد:

$$X = (\text{نرخ آزاد گاز طبیعی}) = (\text{تعدیل ناشی از بازده الکتریکی موثر}) \\ (\text{میزان سوخت گاز صرفه جویی شده به ازای یک کیلووات ساعت برق تولیدی})$$

میزان سوخت گاز صرفهجویی شده به ازاء یک کیلووات ساعت برق تولیدی از رابطه (۱) محاسبه میشود.

$$X = \left(\left(\frac{100}{(\alpha_{ave}) \times (1-L)} \right) - \left(\frac{100}{\alpha_E} \right) \right) \times \left(\frac{860}{HV_g} \right) \quad (1)$$

X : میزان سوخت گاز صرفهجویی شده به ازاء یک کیلووات ساعت برق تولیدی

HV_g : ارزش حرارتی گاز در شبکه بر حسب کیلوکالری بر مترمکعب

α_{ave} : متوسط بازده نیروگاههای حرارتی کشور

منافع سازمانی خود اقدام به تصمیمگیری در این مورد مینماید. در این مقاله سعی بر این میباشد که با داشتن یک نگاه کلی و نیز بیطرفانه و با توجه به واقعیتهای صنعت برق چه در زمینه ساخت نیروگاه و چه در زمینه قراردادهای فروش برق و تامین سوخت به مقایسه فنی و اقتصادی سناریوهای محتمل در این بحث یعنی ساخت نیروگاههای سیکل ترکیبی جدید و یا بازتوانی نیروگاههای بخار موجود پرداخته شود.

۲. روش های بازتوانی نیروگاه های بخار

بازتوانی نیروگاههای بخار به طور کلی به منظور رسیدن به سه هدف زیر صورت میگیرد:

- افزایش راندمان و توان خروجی
- کاهش انتشار دیاکسیدکربن
- کاهش هزینههای تولید بخار

روشهای اصلی بازتوانی نیروگاههای بخار با سوخت غیر جامد که توسط توربینهای گاز انجام میشود در دو دسته کلی جای میگیرند: بازتوانی کامل و بازتوانی جزئی (بازتوانی جعبهیی هوای داغ و بازتوانی موازی). بطور کلی میتوان روشهای بازتوانی را به اختصار در زیر تعریف کرد:

- بازتوانی کامل: در این روش بویلر قدیمی از مدار خارج و یا تخریب میگردد و یک بویلر بازیاب حرارتی به همراه توربین گاز در مدار قرار میگیرد.
- بازتوانی جعبهیی هوای داغ: در این روش خروجی گازهای داغ توربین گاز وارد بویلر میشود.
- بازتوانی موازی: در این حالت بویلر بازیاب حرارتی بخشی از آب تغذیه بویلر را پیش گرمایش میکند و یا بخشی از بخار ورودی به توربین بخار را تأمین مینماید.
- کاربرد روشهای بازتوانی جزئی، برای ارتقاء عملکردی واحدهای بخار جدیدتر، مدرنتر و بزرگتر میباشد. [۲]

۳. فرضیات مقایسه فنی و اقتصادی سناریوها

پیش از مقایسه سناریوهای بازتوانی نیروگاههای بخار قدیمی با سناریوی برچیدن نیروگاههای قدیمی و ساخت نیروگاههای سیکل ترکیبی جدید، باید به نکات زیر توجه نمود:

¹Energy Conversation Agreement

L: تلفات شبکه برق

α_E : بازده الکتریکی موثر نیروگاه (که در صورت نداشتن بازیافت حرارت برابر بازده الکتریکی مولد میباشد).

که مقادیر عددی فوق توسط شرکت مدیریت شبکه ارائه میگردد.

با استفاده از روابط بالا برای نیروگاههایی که راندمان بالای ۴۲ درصد دارند، پاداش بازده محاسبه و در محاسبات در نظر گرفته میشود. [۳]

نکته سوم- روش شناسی انجام این مطالعه در فلوچارت شکل ۱ به اختصار نشان داده شده است.

جدول ۱: نیروگاه بخار اولیه

150	توان خروجی (MW)	نیروگاه اولیه
26,040,000	درآمد ناخالص (\$)	
0.0248	قیمت فروش برق (\$/kWh) الف	
35	راندمان	

الف- ۷۰۰ ریال برای هر کیلووات ساعت برق با نرخ دلار مبادلهای

۴. سناریوی اول- احداث نیروگاه سیکل ترکیبی

جدید در مقایسه با بازتوانی کامل با تجهیزات

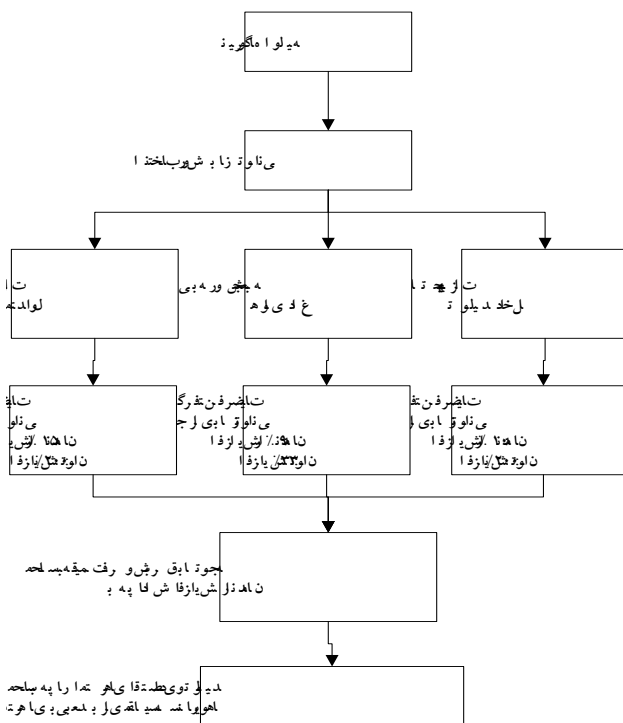
داخلی

در این سناریو با فرض بازتوانی کامل نیروگاه اولیه، توان تولیدی نیروگاه ۲۰۰ درصد و راندمان ۱۰ درصد افزایش مییابد. هزینه این بازتوانی برابر ۶۰۰ دلار برای هر کیلووات با استفاده از تجهیزات تولید داخل مانند توربین گاز V94.2 در نظر گرفته شده است در حالیکه هزینه ساخت نیروگاه جدید ۹۰۰ دلار برای هر کیلووات در نظر گرفته شده است. فرض مهم دیگر عمر ۱۰ ساله برای نیروگاه بازتوانی شده و عمر ۲۵ ساله برای نیروگاه جدید الاحداث (نیروگاه جدید ایده آل) می باشد. همه فرضیات در جدول (۲) ارائه شده است. [۴، ۵ و ۶] پارامترهای اقتصادی هر پروژه با توجه به عمر آن پروژه جداگانه حساب شده است. در صورتیکه هدف مقایسه دو مورد با همدیگر باشد باید محاسبات برای یک دوره زمانی مشترک که برابر با کوچکترین مضرب مشترک عمر آنها است، انجام شود.

با توجه به عمر نابرابر پروژهها برای مقایسه دو مورد پیشنهادی با همدیگر باید محاسبات برای یک دوره زمانی ۵۰ ساله در نظر گرفته شود که نتیجه این محاسبات به شرح زیر میباشد:

172,771,311	ارزش خالص فعلی برای نیروگاه جدید (\$)
23,745,530	ارزش خالص فعلی برای نیروگاه بازتوانی شده (\$)

همانطور که مشاهده می شود در صورت استفاده از پارامتر (Net Present Value) احداث نیروگاه جدید از لحاظ اقتصادی قابل توجیه تر می باشد. همچنین برای اینکه NPV هر دو پروژه یکسان شود و با ثابت بودن تمام فرضیات، باید راندمان نیروگاه پس از بازتوانی به ۵۸.۸ درصد برسد.



شکل (۱): فلوچارت نحوه مقایسه سناریوهای بازتوانی نیروگاه بخار

نکته چهارم- در بررسی سناریوهای مختلف، یک حالت نمونه پایه در نظر گرفته میشود تا نتایج حاصل با هم قابل مقایسه باشند. برای این منظور یک واحد نیروگاه ۱۵۰ مگاواتی بخار با راندمان ۳۵ درصد که دارای عمر بالای ۳۰ سال است، به عنوان نمونه پایه برای مقایسه در نظر گرفته شده است. (شرایط تقریباً مشابه یک واحد بخار نیروگاه توس مشهد و از لحاظ راندمانی مشابه نیروگاههای تبریز، شهید منتظر قائم، شهید منتظری، بندر عباس و ...)

جدول ۲: مقایسه بازتوانی کامل نیروگاه پایه با احداث نیروگاه سیکل ترکیبی

جدید		نیروگاه جدید (پایه آل)
بازتوانی کامل		
405,000,000	هزینه کل سرمایه گذاری (\$) (\$)	نیروگاه جدید (پایه آل)
900	هزینه ویژه سرمایه گذاری (\$/kW)	
450	توان خروجی (MW)	
4.365458402	دوره بازگشت سرمایه	
92,773,762	دارآمد حاصل در هر سال (\$) (\$)	
0.229071018	سود حاصل سالانه	
0.029451988	قیمت فروش برق (\$/kWh)	
0.480749211	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه	
194,703,431	ارزش خالص فعلی NPV (\$) (\$)	
48	راندمان	
150	توان خروجی (MW)	نیروگاه اولیه
26,040,000	درآمد ناخالص	
0.0248	قیمت فروش برق (\$/kWh)	
35	راندمان	
450	توان خروجی (MW)	
45	راندمان	نیروگاه پس از بازتوانی
600	هزینه ویژه بازتوانی (\$/kW)	
270,000,000	هزینه بازتوانی \$	
59,895,340	درآمد حاصل از بازتوانی	
57,290,227	درآمد (توان حاصل از بازتوانی)	
85,935,340	درآمد (توان موجود+توان حاصل از بازتوانی)	
0.02728106	قیمت فروش برق (\$/kWh)	
0.221834592	سود حاصل سالانه درصد	
0.248106028	پاداش حاصل از افزایش بازده (cent\$/kWh)	
0.113336491	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه	
30,600,852.61	ارزش خالص فعلی NPV	
4.507863225	دوره بازگشت سرمایه	های ثابت، پارامتر
0.15	هزینه سوخت گاز (\$/CM)	
15%	نرخ تنزیل	
25	طول عمر نیروگاه جدیدالاحداث	
10	طول عمر سیستم بعد از بازتوانی	
7000	ساعات کارکرد نیروگاه	

نقطه سربه سر هزینه سوخت مصرفی برای توجیه اقتصادی (برای این مثال با فرضیات در نظر گرفته شده) = ۶۴ سنت دلار برای هر متر مکعب

با فرض ثابت بودن تمام فرضیات در صورتیکه هزینه بازتوانی برابر ۳۲۳ دلار برای هر کیلو وات باشد، مقدار NPV برای هر دو طرح یکسان می شود.

نقطه سربه سر هزینه بازتوانی برای توجیه اقتصادی (برای این مثال با فرضیات در نظر گرفته شده) = ۳۲۳ دلار برای هر کیلو وات

۵. سناریوی دوم - بازتوانی به روش جعبه هوای داغ در مقایسه با احداث نیروگاه جدید

۵. سناریوی دوم - بازتوانی به روش جعبه هوای داغ در مقایسه با احداث نیروگاه جدید

در این سناریو با فرض بازتوانی به روش جعبه هوای داغ توان تولیدی نیروگاه موجود تقریباً ۳۰ درصد و راندمان ۹ درصد افزایش مییابد. هزینه بازتوانی به این روش برابر ۲۵۰ دلار برای هر کیلووات تولیدی در نظر گرفته شده است و عمر نیروگاه پس از بازتوانی برابر ۱۰ سال در نظر گرفته شده است [۷ و ۸]. همه فرضیات در جدول زیر ارائه شده است. پارامترهای اقتصادی هر پروژه با توجه به عمر آن پروژه جداگانه حساب شده است. در صورتیکه هدف مقایسه دو مورد با همدیگر باشد باید محاسبات برای یک دوره زمانی برابر با کوچکترین مضرب مشترک عمر آنها انجام شود.

با توجه به عمر نابرابر پروژهها برای مقایسه دو مورد پیشنهادی با همدیگر باید محاسبات برای یک دوره زمانی ۵۰ ساله در نظر گرفته شود که نتیجه این محاسبات به شرح زیر می باشد:

76,787,249	ارزش خالص فعلی برای نیروگاه جدید (\$) (\$)
4,145,734	ارزش خالص فعلی برای نیروگاه بازتوانی شده (\$) (\$)

همانطور که مشاهده می شود در صورت استفاده از پارامتر ارزش

خالص فعلی (NPV) احداث نیروگاه جدید از لحاظ اقتصادی قابل توجیه تر می باشد.

برای اینکه مقدار NPV برای هر دو پروژه یکسان شود و با ثابت بودن تمام فرضیات دیگر، باید راندمان نیروگاه پس از بازتوانی به ۵۹ درصد برسد.

نقطه سربه سر راندمان نیروگاه پس از بازتوانی برای توجیه اقتصادی (برای این مثال با فرضیات در نظر گرفته شده) = ۵۹ درصد

جدول ۳: مقایسه بازتوانی به روش جعبه هوای داغ با احداث نیروگاه جدید

بازتوانی به روش جعبه هوای داغ	
180,000,000	هزینه کل سرمایه گذاری (\$) (\$)

با ثابت بودن تمام فرضیات دیگر در صورتیکه قیمت سوخت مصرفی که بر اساس آن پاداش بازده بالای ۴۲ درصد حساب میشود، ۶۴ سنت دلار باشد دو پروژه دارای NPV برابر خواهند بود.

۶. سناریوی سوم - بازتوانی کامل (پیشنهادی برای نیروگاه بندرعباس) با تجهیزات دارای عملکرد بالا در مقایسه با احداث نیروگاه جدید

در این سناریو که برای نیروگاه بندرعباس نیز پیشنهاد شده است با استفاده از تجهیزات جدید مانند نسل جدید توربین گاز و نیز حفظ و استفاده مجدد از سیستم کولینگ نیروگاه در کنار دریا، راندمان نیروگاه تا بالای ۵۰ درصد افزایش مییابد که در این محاسبات به صورت محافظه کارانه برابر ۵۰ در نظر گرفته شده است. هزینه بازتوانی برابر ۷۰۰ دلار برای هر کیلووات با استفاده از تجهیزات کلاس بالاتر نسبت به تجهیزات تولید داخل مانند توربین گاز V94.3 فرض شده و عمر نیروگاه بازتوانی شده برابر نیروگاه جدید الاحداث، برابر ۲۵ سال در نظر گرفته شده است [۹]. تمام فرضیات و نتایج در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۴: بلوتوانی کامل (راندمان بالای ۵۰ درصد) در مقایسه با نیروگاه جدید

بازتوانی کامل (راندمان بالای ۵۰ درصد)	
405,000,000	هزینه کل سرمایه گذاری (\$) (\$)
900	هزینه ویژه سرمایه گذاری (\$/kW) (\$/kW)
450	توان خروجی (MW) (MW)
4.365458402	دوره بازگشت سرمایه
92,773,762	درآمد حاصل در سال (\$) (\$)
22.90710179	سود حاصل سالانه درصد
0.029451988	قیمت فروش برق (\$/kWh) (\$/kWh)
0.480749211	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه
194,703,431	ارزش خالص فعلی NPV
48	راندمان
150	توان خروجی (MW) (MW)
26,040,000	درآمد نیروگاه اولیه ناخالص
0.0248	قیمت فروش برق (\$/kWh) (\$/kWh)
35	راندمان
450	توان خروجی (MW) (MW)
50	راندمان
700	هزینه ویژه بازتوانی (\$/kW) (\$/kW)
210,000,000	هزینه بازتوانی (\$) (\$)
70,836,816	درآمد حاصل از بازتوانی (\$) (\$)
64,584,544	درآمد توان حاصل از بازتوانی (\$) (\$)
96,876,816	درآمد حاصل از توان موجود+

900	هزینه ویژه سرمایه گذاری (\$/kW) (\$/kW)
200	توان خروجی (MW) (MW)
4.365458405	دوره بازگشت سرمایه
41,232,783	درآمد در سال (\$) (\$)
22.90710178	سود حاصل سالانه درصد
0.029451988	قیمت فروش برق (\$/kWh) (\$/kWh)
0.48074921	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه
86,534,858	ارزش خالص فعلی NPV
48	راندمان
150	توان خروجی (MW) (MW)
26,040,000	درآمد ناخالص
0.0248	قیمت فروش برق (\$/kWh) (\$/kWh)
35	راندمان
200	توان خروجی (MW) (MW)
44	راندمان
250	هزینه ویژه بازتوانی (\$/kW) (\$/kW)
50,000,000	هزینه بازتوانی (\$) (\$)
9,272,071	درآمد (توان حاصل از بازتوانی) (\$) (\$)
37,088,285	درآمد (توان موجود+توان حاصل از بازتوانی) (\$) (\$)
0.026491632	قیمت فروش برق (\$/kWh) (\$/kWh)
22.09656962	سود حاصل سالانه درصد
0.169163201	پاداش حاصل از افزایش بازده (cent\$/kWh) (cent\$/kWh)
0.108975704	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه
5,448,785.18	ارزش خالص فعلی NPV
4.525589343	دوره بازگشت سرمایه
0.15	هزینه سوخت گاز (\$/CM) (\$/CM)
15%	نرخ تنزیل
25	طول عمر نیروگاه جدید الاحداث
10	طول عمر سیستم بعد از بازتوانی
7000	ساعات کارکرد نیروگاه

با ثابت بودن تمام فرضیات دیگر در صورتیکه قیمت سوخت مصرفی که بر اساس آن پاداش بازده بالای ۴۲ درصد حساب می شود، ۹۴ سنت دلار باشد دو پروژه دارای NPV برابر خواهند بود.

نقطه سربه سر هزینه سوخت مصرفی برای توجیه اقتصادی (برای این مثال با فرضیات در نظر گرفته شده) = ۹۴ سنت دلار برای هر متر مکعب

که با توجه به جدول ۵ سناریو اول از سناریو دوم نتایج بهتری نشان می دهد و تنها سناریو سوم از مرتبه ده می باشد.

برای بررسی دقیق تر باید هزینه سرمایه گذاری را نیز در فاکتور بازتوانی دخیل کرد. برای این امر می توان پارامتر بی بعد نسبت هزینه سرمایه گذاری نیروگاه سیکل ترکیبی جدید را به هزینه بازتوانی، برای یک ظرفیت مشابه در فاکتور بازتوانی ضرب نمود که نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول ۶: فاکتور بازتوانی با در نظر گرفتن هزینه سرمایه گذاری برای سه سناریو

سناریو	RPF با در نظر گرفتن هزینه سرمایه گذاری
سناریو اول	6.364533007
سناریو دوم	6.445890182
سناریو سوم	25.62456946

با توجه به جدول ۶ سناریو اول و دوم نتایج تقریباً مشابهی نشان می دهند ولی بازهم تنها سناریو سوم از مرتبه ده می باشد.

۲- بازتوانی کامل در مقایسه با احداث نیروگاه سیکل ترکیبی جدید در صورتیکه:

- عمر بخش بخار نیروگاه پس از تعمیرات بتواند با عمر بخش گازی جدید برابری کند تقریباً برابر ۲۵ سال
- سیستم کولینگ نیروگاه موجود برای نیروگاه جدید نیز مورد استفاده قرار گیرد. (ترجیحاً یکبارگذر)
- استفاده از تجهیزات جدید مانند توربین گازه‌ای نسل جدید برای رسیدن به راندهای بالا مانند طرح پیشنهادی بندر عباس ۵۵ درصد
- در دسترس بودن فضای کافی برای انجام عملیات بصورت موازی تا زمان از مدار خارج شدن نیروگاه به حداقل برسد و چیدمان تجهیزات بگونه‌ای باشد که تغییرات و اصلاحات را به حداقل برساند.

باشد، از لحاظ اقتصادی توجیه پذیرتر است.

۳- احداث نیروگاه سیکل ترکیبی جدید، در مقایسه با سایر روشهای بازتوانی کامل و جعبه هوای داغ با فرضیات ارائه شده در سناریوی یک و دو مانند راندهای پس از بازتوانی کمتر از ۴۸ درصد و عمر پس از بازتوانی ۱۰ سال و ... از لحاظ اقتصادی توجیه پذیرتر است.

۴- همانطور که گفته شده الزامات دیگر مانند مسائل زیست محیطی، محدودیتهای شبکه و یا استفاده از قراردادهای دیگر در زمینه فروش برق،

توان حاصل از بازتوانی (\$)	
0.030754545	قیمت فروش برق (\$/kWh)
33.731817	سود حاصل سالانه درصد
0.595454467	پاداش حاصل از افزایش بازده (\$/kWh cent)
1.18047494	نسبت NPV به سرمایه گذاری اولیه
247,899,737.43	ارزش خالص فعلی NPV (\$)
2.964560136	دوره بازگشت سرمایه
0.15	هزینه سوخت گاز (\$/CM)
15%	نرخ تنزیل
25	طول عمر نیروگاه جدیدالاحداث
25	طول عمر سیستم بعد از بازتوانی
7000	ساعات کارکرد نیروگاه

همانطور که مشاهده می شود طرح بازتوانی کامل نیروگاه با تجهیزات دارای کارایی بالا، از طرح احداث نیروگاه سیکل ترکیبی جدید مقرون به صرفه تر می باشد. با توجه به عمر برابر دو طرح نتایج ارائه شده برای مقایسه قابل استفاده می باشد.

۷. نتیجه گیری

۱- برای بررسی سه سناریو با یکدیگر باید به تعریف یک پارامتر بدون بعد که شامل اثرات افزایش توان، افزایش راندهای، افزایش عمر و استفاده از پاداش افزایش راندهای در قیمت فروش برق تولیدی پرداخت. این پارامتر بدون بعد که آنرا فاکتور بازتوانی مینامیم مطابق رابطه (۲) تعریف می شود:

$$RPF = \frac{\eta_1}{\eta_0} \times \frac{P_1}{P_0} \times \frac{A_1}{A_0} \times \frac{C_1}{C_0} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن RPF فاکتور بازتوانی، η راندهای، P توان تولیدی، A عمر نیروگاه و C قیمت فروش برق تولیدی با احتساب پاداش افزایش راندهای میباشد. اندیس 0 برای نیروگاه اولیه و اندیس 1 برای نیروگاه پس از بازتوانی میباشد. جدول ۵ مقادیر فاکتور بازتوانی را برای سه سناریو نشان میدهد.

جدول ۵: فاکتور بازتوانی برای سه سناریو

RPF	سناریو تعریف شده برای بازتوانی
4.243022	سناریو اول
1.790525	سناریو دوم
13.28681	سناریو سوم

Heat from Gas Turbines”, Energy Conversion and Management, 50, 1218-1226, 2009.

مفروضات این محاسبات را کلا تحت تاثیر قرار خواهد داد که نیازمند بررسی دقیقتر هر مورد مطالعاتی میباشد. همچنین در صورتی که هزینه سوخت مصرفی توسط کارفرما پرداخت شود و هدف کاهش مصرف سوخت برای صرفه جویی در هزینه با انجام سرمایه گذاری (آورده مالی) کمتر باشد و یا مسائل دیگر مانند کاهش مشکلات زیست محیطی، تولید برق پراکنده، مسائل پدافند غیرعامل و ... باشد، بازتوانی سایت های موجود حتی به روش جعبه هوای داغ کاندیدای جدی برای رفع این مشکلات خواهد بود که اعلام نظر قطعی و دقیق در این موارد نیازمند انجام مطالعات امکانسجی فنی و اقتصادی برای مورد نیروگاهی منتخب با در نظر گرفتن همه جوانب (مزایا و معایب خاص هر نمونه) و همه سناریوهای احتمالی مختص آن مورد مطالعاتی میباشد.

منابع

- ۱- ترازنامه انرژی سال ۱۳۹۱ / معاونت امور برق و انرژی. دفتر برنامه ریزی کلان برق و انرژی. تهران- وزارت نیرو- معاونت امور برق و انرژی-۱۳۹۲.
- [2] Kalitventzeff, B., Heyen G., A Comparison of advanced Thermal cycles for upgrading existing power plant, applied thermal engineering journal, pp, 227-237, 1998.
- ۳- شیوه نامه محاسبه پیش پرداخت و نرخ تخفیف خرید برق در قراردادهای تضمینی (شرکت مدیریت شبکه برق ایران خرداد ماه ۱۳۸۹- ویرایش دوم).
- [4] Anapsingh P.E., Kopecky. repowering consideration for converting existing power plant to combined cycle power plant, ISPG, USA, 2002.
- [5] Bazzini, H. A., “Repowering a Steam Turbine-Generator Power Plant through Heat Recovery Type Combined Cycle”, ASME TURBO Expo, Birmingham-UK, June 1992.
- [6] M.Frankle. The standardized repowering solution for 300 MW steam power plants in Russia. Siemens AG 2006.
- [7] Uchisawa C. , Repowering of thermal power plant to use exhaust reburing, 1996.
- [8] Ploumen P. J., Veenema J. J., “Dutch Experience with HOT WIND BOX Repowering”, Proceeding of IJPGC, USA, 2001.
- [9] Carapellucci, R., “A Unified Approach to Assess Performance of Different Techniques for Recovering Exhaust

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله