

علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره یازدهم، شماره دو، تابستان ۸۸

ارزیابی فنی و اقتصادی سیستم های بازیافت انرژی در نیروگاه گازی کرمان با دیدگاه کاهش آلودگی هوا

محمد جواد جعفری^۱
فریده عتایی^۲
زهرا عابدی^۲
رضا ملکی^۳ (مسئول مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۶/۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۸۶/۷/۲۰

تولید انرژی در کشور در ۶ سال گذشته به طور متوسط سالانه ۸/۲۹٪ رشد داشته است. در حال حاضر نیروگاه های کشور سهم عمده ای از گاز های گلخانه ای را تولید می نمایند. بهینه سازی سیستم های نیروگاهی با توجه به ساخت نیروگاه های جدید یکی از چالش های اصلی زیست محیطی کشور است. بنابراین ارزیابی ساخت و توسعه سیستم های بازیافت انرژی در جهت افزایش راندمان نیروگاه های گازی با آلودگی کم می تواند کمک شایانی به محیط زیست نماید.

در این مقاله بررسی فنی و اقتصادی سیستم های بازیافت انرژی در نیروگاه گازی کرمان با دیدگاه کاهش آلودگی هوا انجام پذیرفته است. نتایج نشان می دهد پتانسیل احداث نیروگاه های سیکل ترکیبی در کشور وجود داشته و این طرح ها با توجه به صرفه جویی سوخت و افزایش راندمان نیروگاه های گازی تاثیر به سزایی در استفاده بهینه از سوخت و کاهش گازهای آلاینده هوا دارد. ایجاد سیستم بازیافت انرژی در نیروگاه های گازی (سیکل ترکیبی) کاملاً اقتصادی بوده و این طرح ها نرخ برگشت سرمایه ۹-۱۰ سال را دارد. نتایج این بررسی نشان می دهد با ساخت این نیروگاه به طور متوسط در ۳۰ سال بهره برداری از آن سالیانه ۱۵۲ میلیون لیتر گازوئیل و ۵۸/۳ میلیارد متر مکعب گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد. صرفه جویی در مصرف سوخت تولید گازهای گلخانه ای را ۱/۶۵۲ میلیون تن کاهش خواهد داد.

واژه های کلیدی: نیروگاه سیکل ترکیبی، سیستم بازیافت انرژی، آلودگی هوا، هزینه های اجتماعی

۱- استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- استادیار دانشکده مهندسی محیط زیست و انرژی، واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

۳- کارشناس ارشد دانشکده مهندسی محیط زیست و انرژی، واحد علوم تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی

مقدمه

وجود خواهد آمد. در میزان انتشار گاز CO_2 نیز نیروگاه سیکل ترکیبی نسبت به نیروگاه گازی ۵٪ و نسبت به نیروگاه با سوخت زغال سنگ ۶۴٪ در واحد انرژی کمتر است. (۳).

جدول ۱- مقایسه میزان انتشار گازهای NO_x ، CO_2 در نیروگاه های مختلف (۳).

نوع نیروگاه	$(gr/MW-hr)$ NO_x	$(gr/MW-hr)$ CO_2
سوخت زغال سنگی	۲/۵۸	۹۹۲
نیروگاه گازی	۰/۳۱۷	۳۷۳/۷
نیروگاه سیکل ترکیبی	۰/۲۷۱	۳۵۳/۳

طبق نظر EPA میزان مصرف انرژی جهان به طور متوسط سالیانه ۲٪ در حال افزایش است. در ۳۰ سال گذشته این میزان افزایش در مجموع ۴۷٪ بوده است. در جهت پیشگیری از تغییرات جوی در اثر مصرف سوخت های فسیلی باید بازده سیستم های مصرف کننده انرژی افزایش یابد(۴).

نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان

در نیروگاه سیکل ترکیبی انرژی در توربین گازی و توربین بخار تولید می شود. ایده چرخه ترکیبی به منظور بهبود بازده نیروگاه از طریق بهره گیری از انرژی گازهای خروجی توربین گازی، مطرح شده است. برای این منظور می توان از سیستم بازیافت حرارت استفاده نمود. سیستم بازیافت انرژی، گرمای هدر رفته از دودکش را از ۷۰ به ۶۰٪ انرژی داده شده می رساند. استفاده از مبدل گرمایی منحصراً موجب افزایش بازده می شود و توان خروجی را افزایش نمی دهد.

گاز های گلخانه ای و آلاینده ناشی از فعالیت های بشری اثرات زیست محیطی غیر قابل انکاری در سطح منطقه ای و جهانی دارد که از مهم ترین آن ها می توان به آلودگی هوا و اثرات بهداشتی در سطح منطقه ای و تاثیر بر تغییر اقلیم در سطح جهانی اشاره نمود. گاز های گلخانه ای شامل CO_2 ، CO ، HC ، SPM ، NO_x ، SO_2 و SO_3 می باشد. بر اساس تحقیقات انجام گرفته بیشترین میزان نشر گازهای گلخانه ای کشور چین و کشورهای در حال توسعه با ۲۴٪ می باشد. در سال ۲۰۲۰ این میزان به ۵۰٪ کل نشر گاز CO_2 افزایش خواهد داشت. در سال ۲۰۲۰ میلادی میزان نشر گاز CO_2 به ۳۰۰۰۰ میلیون تن افزایش خواهد یافت(۱).

طبق بررسی های به عمل آمده در سال ۲۰۰۵ در گزارش ^۱WEA میزان نیاز انرژی جهان در سال ۲۰۰۱، ۴۱۸ اگا ژول بوده که از این میان ۷۹/۴٪ (۳۳۲ EJ) مربوط به سوخت های فسیلی بوده است. طبق این تحقیق در ایران انتشار گاز CO_2 ، طی سال های ۲۰۰۳-۱۹۹۰ معادل ۱۷۴ میلیون تن افزایش داشته است. این افزایش کشور ایران را در رتبه ۶ در جهان قرار داده است. همچنین این میزان افزایش تولید ناخالص داخلی (GDP) کشور را ۷۵٪ تغییر داده است(۲).

طبق بررسی های به عمل آمده در سال ۲۰۰۴ توسط EPA میزان هزینه نصب و راه اندازی نیروگاه های سیکل ترکیبی ۳۰٪ کمتر از نیروگاه های بخار با سوخت مایع و زغال سنگ است و در ۱۰ سال آینده این هزینه ها کاهش چشم گیری خواهد داشت و به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی ۴۸۰ دلار ایالات متحده آمریکا مورد نیاز خواهد بود. طبق این تحقیق میزان انتشار گازهای NO_x ، CO_2 به شرح جدول (۱) بوده است که در صورت افزایش بازده نیروگاه به ۵۸٪ میزان انتشار گاز NO_x نیروگاه گازی ۱۴٪ افزایش خواهد یافت و در نیروگاه بخار با سوخت زغال سنگ ۸۹٪ کاهش به

1- World Energy Assessment
2- Gross Domestic Product
3- Environmental Protection Agency

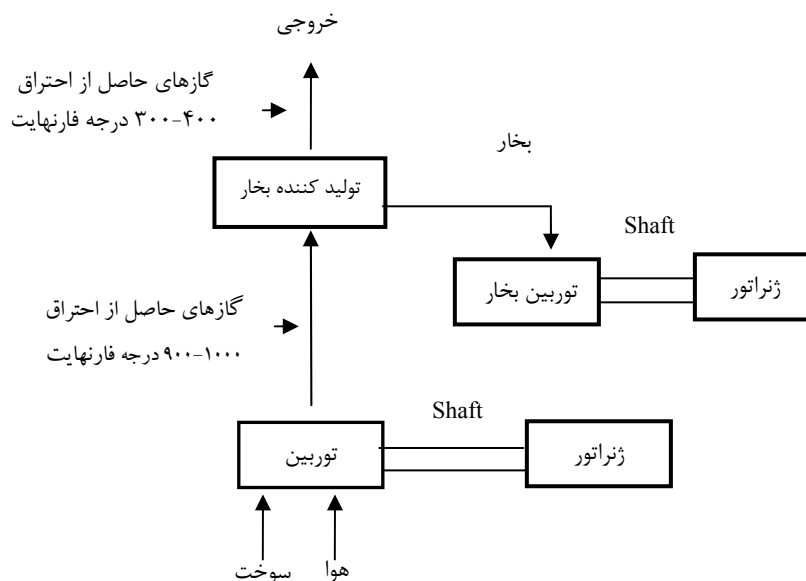
وسایل و روش ها

با توجه به نوع فرایند، میزان سوخت مصرفی، میزان انرژی تولیدی و ارزش حرارتی هر سوخت، میزان انتشار گازهای گلخانه ای حاصل از احتراق مشخص گردیده است. برای این منظور از نرم افزار انرژی و محیط زیست استفاده شده است. این نرم افزار با توجه به میزان سوخت مصرفی نیروگاه میزان آلاینده های منتشرشده از نیروگاه را برآورد نموده و با اختصاص ضرایب انتشار هرآلاینده، هزینه های خارجی مربوط را محاسبه می نماید. نرم افزار محیط زیست و انرژی توسط معاونت امور انرژی وزارت نیرو تهیه شده است. محاسبات میزان انتشار آلودگی نسبت به انرژی تولیدی در نیروگاه گازی و نیز سیکل ترکیبی انجام گرفته و با محاسبه هزینه های خارجی گازهای منتشر شده بر اساس معادل سازی سوخت مصرفی در نیروگاه سیکل ترکیبی، میزان کاهش هزینه های خارجی بر آورد شده است. به همین منظور با توجه به هزینه های ساخت نیروگاه گازی و سیکل ترکیبی بررسی های اقتصادی و فنی طرح انجام یافته است.

نیروگاه گازی کرمان در کیلومتر ۲۳ جاده کرمان - رفسنجان در محلی به ارتفاع ۱۷۵۰ متر ازتراز دریا واقع است این نیروگاه از نوع نیروگاه های سیکل باز بوده و تجهیزات اصلی آن شامل ۸ واحد توربین گازی تک محور، با دو سوخت گاز طبیعی و گازوئیل و فرکانس بهره برداری می باشد. در این نیروگاه امکان اضافه شدن واحد های بخار و ایجاد نیروگاه سیکل ترکیبی وجود داشته است که در دست ساخت می باشد. در همین راستا ۴ واحد توربین بخار از نوع E30 - 16 - 7 - 6.3x با ظرفیت اسمی ۱۶۰ مگاوات ساعت در این نیروگاه نصب خواهد شد. سوخت این نیروگاه گاز و گازوئیل بوده که با توجه به شرایط، قابلیت استفاده از هر یک از سوخت ها وجود دارد.

گاز های خروجی از توربین گازی در دمای تقریبی ۵۵۰ درجه سانتی گراد از طریق دیفیوزر توسط یک اگزوز عمودی وارد هوای آزاد می گردد. علاوه بر مجموعه توربین گاز و ژنراتور یک مجموعه خنک کننده برای روغن کاری و ژنراتور در نظر گرفته شده است.

میزان برق تولیدی این نیروگاه با ۸ توربین گازی و ۴ توربین بخار ۱۹۲۰ مگاوات ساعت است که از طریق دو پست ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت به شبکه برق سراسری متصل می شود.



شکل ۱- شماتیک عملکرد سیستم نیروگاه سیکل ترکیبی (۵)

نتایج و داده ها

جدول ۲ ارایه شده است. در جدول ۳ میزان مصرف سوخت نیروگاه گازی معادل نیروگاه سیکل ترکیبی محاسبه گردیده است. در جداول ۴، ۵ و ۶ میزان آلاینده های منتشرشده و هزینه های خارجی مربوط آمده است.

با توجه به نوع و مقدار سوخت مصرفی، میزان انتشار گازهای آلاینده توسط نرم افزار انرژئ و محیط زیست، محاسبه گردیده است. قیمت سوخت با توجه به اعلام قیمت خرید سوخت گاز و گازوئیل از طرف شرکت توانیر در سال ۱۳۸۴ در

جدول ۲- قیمت متوسط خرید سوخت در سال ۱۳۸۴ (۶)

نوع سوخت	گازوئیل	گاز طبیعی
قیمت (ریال)	۶۴/۶ به ازای هر لیتر	۲۹/۳ به ازای هر متر مکعب

جدول ۳- میزان سوخت مصرفی سالیانه نیروگاه فرضی معادل نیروگاه سیکل ترکیبی

نوع سوخت	گاز وئیل	گاز
میزان مصرف	۱۵۲۰۲۹۷۹۵ لیتر	۵۸۳۳۸۸۸۰ متر مکعب
ارزش حرارتی کیلو ژول	۳۸۲۲۰±/۵ در هر لیتر	۳۶/۳ در هر متر مکعب
قیمت (ریال)	۶۴/۶ به ازای هر لیتر	۲۹/۳ به ازای هر متر مکعب
هزینه سوخت	۹۸۲۱۱۲۴۷۵۷ ریال	۱۷۰۹۳۲۹۱۸۴ ریال
متوسط هزینه سوخت به ازای هر مگا وات ساعت	۵۶۷۰ ریال	

جدول ۴- میزان آلاینده تولیدی در سال برحسب نوع سوخت مصرفی (تن)(۷)

آلاینده / سوخت	NO_x	SO_2	CO_2	SO_3	CO	HC	SPM	جمع
گازوئیل	۷۹۰	۲۳۸۶/۵	۴۰۲,۵۷۳	۳۶/۵	۰/۶	۴۸/۵	۱۵۱	۴۰۵,۹۸۶
گاز	۱۸۲۰	۳/۵	۱۲۴۴,۳۶۷	-	۲/۹	۳۴/۴	۱۴۰	۱۲۴۶,۳۶۷
جمع	۲۶۱۰	۲۳۹۰	۲۱۲۳,۲۹۰	۳۶/۵	۳/۵	۸۲/۹	۲۹۱	۱۶۵۲,۳۵۴

جدول ۵- میزان هزینه های خارجی سه آلاینده اصلی در یک سال (میلیون ریال)

آلاینده / سوخت	NO_x	SO_2	CO_2	جمع
گازوئیل	۴۵,۱۹۶	۱۸,۶۹۶	۸۵,۷۲۵	۱۴,۶۱۷
گاز	۱۱۲,۲۰۲	۳۳	۲۸۳,۰۹۵۰	۳۹۴,۲۹۴
جمع	۱۵۶,۳۹۸	۱۸,۷۲۹	۳۶۸,۷۸۴	۵۴۳,۹۱۱

جدول ۶- میزان هزینه های خارجی سه آلاینده اصلی در اثر مصرف سوخت های مختلف (kWh / ریال)

سوخت	آلاینده	NO_x	SO_2	CO_2	جمع
گازوئیل	۱۹	۸	۳۶	۶۳	
گاز	۴۶	۰	۱۱۷	۱۶۳	
جمع	۶۵	۸	۱۵۳	۲۲۶	

جدول ۷- نرخ سود علی الحساب سپرده های سرمایه گذاری مدت دار (درصد در سال) (۸)

سال	کوتاه مدت	کوتاه مدت ویژه	یک ساله	دو ساله	سه ساله	چهارساله	پنج ساله
۱۳۸۴	۷	۹	۱۳	۱۳-۱۷	۱۳-۱۷	۱۳-۱۷	۱۷

با توجه به اطلاعات موجود در شرکت توانیر و سازمان توسعه برق ایران طی ۱۰ سال گذشته نرخ رشد سالانه معادل ۱۶/۸٪ است. لذا می توان قیمت فروش برق را از سال ۱۳۸۵ تا یک دوره ۳۰ سال (عمر مفید نیروگاه) محاسبه و لحاظ نمود. با توجه به این که نرخ رشد تورم طبق اعلام بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران در کشور ۱۵/۴٪ است، طبق رابطه (۱) میانگین نرخ رشد قیمت انرژی الکتریکی در ۱۰ ساله گذشته ۱۵/۱ است. در محاسبات رقم ۱۵٪ لحاظ می گردد.

با استفاده از رابطه تعدیل قیمت انرژی میزان رشد قیمت برق و ضریب مربوط محاسبه شد. که:

$$r = \sqrt[n]{\frac{p_1}{p_f}} - 1 \quad \text{رابطه (۱)}$$

p_f : قیمت برق در اولین سال محاسبه (ریال)

p_1 : قیمت برق در آخرین سال محاسبه (ریال)

n : تعداد سال های دوره

r : متوسط نرخ رشد سالیانه می باشد.

بنابر این در یک دوره زمانی ۱۱ ساله (۱۳۷۳-۱۳۸۴) درصد

رشد قیمت انرژی بر آورد می گردد.

$$n = 11 \quad p_1 = 152 \quad p_f = 32/4 \Rightarrow r = \sqrt[11]{\frac{152}{32/4}} - 1 = 0/151$$

درآمدهای حاصل از احداث نیروگاه سیکل ترکیبی مطابق

رابطه (۲) به شرح ذیل محاسبه می گردد:

$$PV = \sum_{i=1}^n R_i \left(\frac{1}{(1+r)^n} \right) \Rightarrow PV = \sum_{i=1}^{n=30} p_i \left(\frac{1}{(1+0/09)^n} \right) = 80,481 \quad \text{میلیارد ریال} \quad \text{رابطه (۲)}$$

بنابراین طبق رابطه (۲) در ۳۰ سال آینده، این

نیروگاه مبلغ ۸۰,۴۸۱ میلیارد ریال درآمد خواهد داشت.

جدول ۸ به منظور هزینه یابی سیستم بازیافت هر یک از بخش

های نیروگاه سیکل ترکیبی، هزینه های ریالی و ارزی ایجاد

PV: ارزش حال در آمد (ریال)

r : نرخ سود بانکی (درصد)

P_i : در آمد حاصل از فروش برق و هزینه های صرفه جویی

سوخت و هزینه های خارجی (ریال)

خواهد بود. در این برآورد نرخ معادل ریالی دلار ۹۲۲۰ ریال و برای یورو ۱۱۲۰۰ ریال در نظر گرفته شده است. در جدول ۹ فهرست هزینه های مختلف نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان ارائه شده است.

لذا هزینه سیستم بازیافت انرژی نیروگاه کرمان برابر ۳,۵۹۹ میلیارد ریال خواهد بود. به عبارت دیگر برای ایجاد سیستم بازیافت انرژی مبلغ یاد شده مورد نیاز است و بقیه رقم سرمایه گذاری، جزء سرمایه ای است که می توانست انرژی الکتریکی معادل را در نیروگاه گازی مشابه با ظرفیت ۶۴۰ مگاوات تولید نماید.

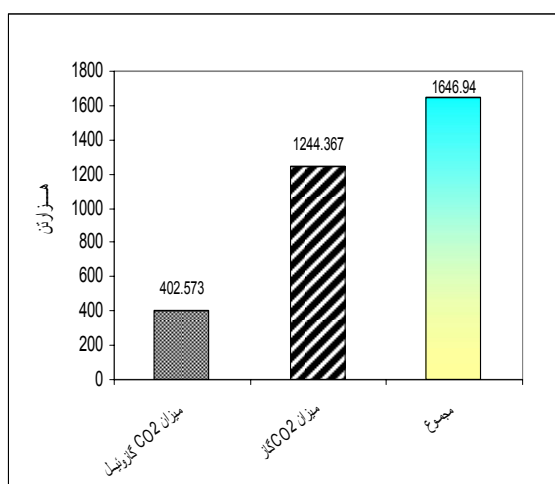
سیستم بازیافت به تفکیک بر اساس بررسی قراردادهای جاری کشور و اطلاعات موجود در وزارت نیرو تعیین گردید. محاسبات نشان می دهد هزینه ساخت یک واحد نیروگاه سیکل ترکیبی در داخل کشور به ازای هر کیلو وات ۳۷۸ یورو به اضافه ۲۶/۱ دلار ایالات متحده آمریکا به اضافه ۱,۸۵۷ هزار ریال می باشد. هزینه کل ایجاد نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان تقریباً برابر ۵,۳۶۹ میلیارد ریال می باشد. در حال حاضر هزینه ایجاد نیروگاه های گازی با ظرفیت مشابه به طور متوسط بین ۳۴۰-۲۵۰ دلار برای هر کیلو وات ساعت انرژی می باشد که در محاسبات برابر ۳۰۰ دلار در نظر گرفته شده است. بنابر این هزینه ساخت نیروگاه گازی معادل، برابر ۱,۷۷۰ میلیارد ریال

جدول ۸- هزینه های نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان در سال ۱۳۸۵

بخش ریالی	بخش ارزی نقدی		شرح
	دلار	یورو	
۱۸۵۷۴۷۸	۲۶/۱	۳۷۸	هزینه به ازای هر کیلو وات ساعت
۱,۱۸۸,۷۸۵,۹۲۰,۰۰۰	۱۶,۷۰۴,۰۰۰	۲۴۱,۹۲۰,۰۰۰	هزینه طراحی و ساخت و راه اندازی و... ظرفیت ۶۴۰ مگاوات ساعت
-	ریال ۹۲۲۰	ریال ۱۱۲۰۰	قیمت برابری ارز
۴,۰۵۲,۳۰۰,۸۰۰,۰۰۰			مجموع ریالی هزینه ها
۵۰۶,۵۳۷,۶۰۰,۰۰۰	متوسط ۱۲/۵ %		هزینه های راهبری و تعمیرات سالیانه (۱۵-۱۰)%
۸۱۰,۴۶۰,۱۶۰,۰۰۰	متوسط ۲۰ %		کارهای اضافه و سایر هزینه های پیش بینی نشده (۲۵-۱۵ درصد کل هزینه احداث)
ریال ۵,۳۶۹,۲۹۸,۵۶۰,۰۰۰			مجموع کل هزینه های طرح

جدول ۹- خلاصه نتایج محاسبات اقتصادی نیروگاه سیکل ترکیبی کرمان در سال ۱۳۸۵

شرح	مبلغ (میلیارد ریال)
سرمایه گذاری اولیه طرح	۵,۳۶۹
متوسط هزینه های سالیانه	۲,۰۱۱
جمع در آمد فروش برق در سال های ۱۳۷۸-۱۴۱۷	۲۰۷,۷۷۴
جمع کاهش هزینه های خارجی در سال های ۱۳۷۸-۱۴۱۷	۳۰۴,۹۱۵
درآمد ناشی از صرفه جویی سوخت در سال های ۱۳۷۸-۱۴۱۷	۷,۶۵۰
جمع ارزش حال درآمدها	۸۰,۴۸۲
جمع ارزش حال هزینه ها	۱۸,۱۵۰
اختلاف ارزش حال هزینه ها و درآمدها	۶۲,۳۳۲
سود سالیانه	۵۸۵
ارزش اسقاطی طرح	۱,۸۷۹
متوسط هزینه صرفه جویی سوخت	۲۵۵
سال بازگشت سرمایه	۹-۱۰ سال
نرخ بازگشت سرمایه	٪ ۱۲
نرخ جذب کننده	٪ ۹
نرخ تورم و رشد قیمت برق	٪ ۱۵

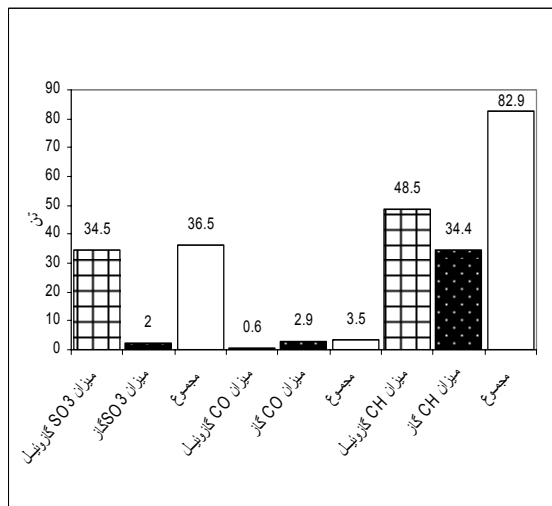


نمودار ۱- پیش بینی کاهش میزان انتشار گاز CO₂ در

نیروگاه کرمان در صورت استفاده از نیروگاه سیکل

ترکیبی

پس از احداث نیروگاه سیکل ترکیبی پیش بینی می شود تغییرات درمورد میزان انتشار گازهای آلاینده به شرح جدول (۴) باشد. در مورد میزان انتشار گاز CO₂، با توجه به نمودار (۱) پیش بینی می شود میزان انتشار گاز CO₂ به طور متوسط سالیانه ۱/۶۴ میلیون تن کاهش یابد که از این میزان با توجه به نوع سوخت مصرفی ۷۵٪ مربوط به سوخت گاز و ۲۵٪ مربوط به سوخت گازوئیل خواهد بود. به عبارت دیگر در صورت احداث نیروگاه گازی با ظرفیت معادل این میزان آلاینده به محیط زیست وارد می گردید.



نمودار ۳- پیش بینی کاهش میزان انتشار گازهای آلاینده مختلف در نیروگاه کرمان در صورت استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی

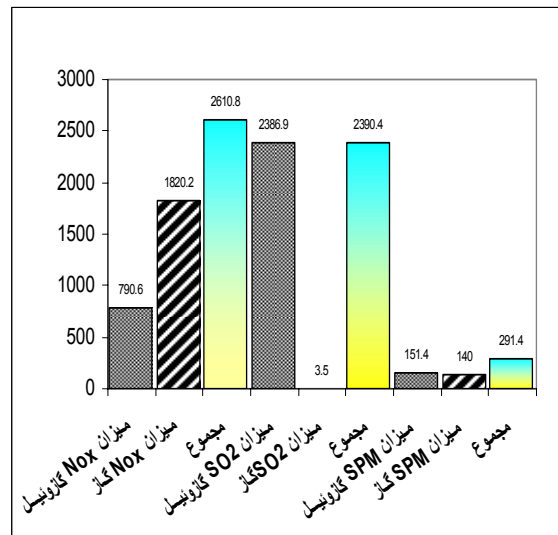
بحث و نتیجه گیری

۱- محاسبه هزینه های خارجی

هزینه های اجتماعی کلیه هزینه هایی را که در اثر یک فعالیت اقتصادی به جامعه تحمیل می شود در بر می گیرد به عبارت دیگر هزینه های اجتماعی کل هزینه هایی که یک جامعه برای تولید یک کالا می پردازد را شامل می شود. این هزینه ها شامل هزینه های خصوصی و هزینه های خارجی است. محاسبه هزینه های خارجی، به ازای میزان مشخصی از انتشار آلاینده، نوع آلاینده و ضرایب انتشار آن ها صورت می گیرد. که در این بررسی ضرایب پیشنهادی توسط معاونت امور انرژی طبق جدول (۶) مورد استفاده قرار گرفت.

با ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی میزان کاهش هزینه های خارجی اثر انتشار گاز آلاینده SO_2 به طور متوسط در مجموع ۱۸,۷۲۹ میلیون ریال کاهش سالیانه را نشان می دهد که از این مبلغ ۹۹/۸ درصد هزینه ها (۱۸,۶۹۶ میلیون ریال) مربوط به سوخت گازوئیل است. میزان هزینه های خارجی که در اثر انتشار گاز آلاینده CO_2 به محیط زیست تحمیل می شود با احداث نیروگاه سیکل ترکیبی به طور متوسط سالیانه در مجموع ۳۶۸,۷۸۴ میلیون ریال کاهش

با بهره برداری از این نیروگاه پیش بینی می شود میزان انتشار گاز SO_2 به طور متوسط سالیانه ۲,۳۹۰ تن و میزان انتشار گازهای NO_x در مجموع ۲,۶۱۰ تن و میزان انتشار ذرات معلق به طور متوسط سالیانه در مجموع ۲۹۱ تن کاهش خواهد داشت (نمودار ۲).



نمودار ۲- پیش بینی کاهش میزان انتشار آلاینده های مختلف در نیروگاه کرمان در صورت استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی

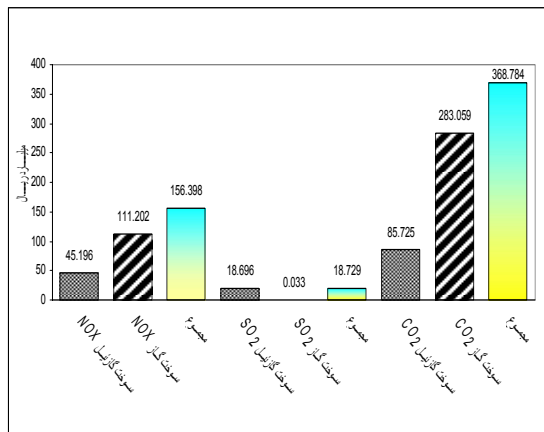
همچنین با بهره برداری از این نیروگاه پیش بینی می شود میزان انتشار گاز CO به طور متوسط سالیانه ۳/۵ تن، میزان انتشار گازهای HC به طور متوسط سالیانه ۸۲/۹ تن و میزان انتشار گاز SO_3 به طور متوسط سالیانه ۳۶/۵ تن کاهش یابد (نمودار ۳).

به طور متوسط ۶۶ ریال از هزینه های خارجی پیشگیری به عمل می آورد. (نمودار ۵).

در سال ۲۰۰۶ متوسط هزینه ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی در ایران به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی تولیدی ۵۸۰-۵۲۰ دلار ایالات متحده آمریکا بوده که با مقایسه با ۴۸۰ دلار پیشنهادی توسط EPA در سال ۲۰۰۴ مغایرت زیادی ندارد. منطقی به نظر می رسد که دولت با سرمایه گذاری ویژه در خصوص انجام تحقیقات علمی کاربردی و انتقال دانش فنی در بخش های مختلف هزینه های ساخت این نیروگاه ها را کاهش دهد.

به طور متوسط میزان انتشار کربن به ازای هر کیلو وات ساعت در کشور های اروپایی برابر ۱۳۱ گرم ، در ایالات متحده آمریکا برابر ۳/۷۵ گرم بر کیلو وات ساعت است و متوسط انتشار CO به ازای هر کیلو وات ساعت انرژی در جهان ۰/۰۰۱ گرم ، متوسط انتشار NOx در آمریکا ۰/۹۷۵ گرم بر کیلو وات ساعت و SPM در هندوستان ۰/۰۰۰۶ گرم بر کیلو وات ساعت می باشد. مقایسه ارقام نمودار (۵) نشان می دهد با ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی میزان انتشار NOx به ۰/۷۸۳ گرم بر کیلو وات ساعت خواهد رسید که کمتر از میزان مشخص شده در آمریکا و بالاتر از میانگین مشخص شده در تراز نامه انرژی کشور سال ۱۳۸۳ (۰/۷۰۵ گرم بر کیلو وات ساعت) است. مقایسه ارقام نمودار ۵ نشان می دهد با ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی میزان انتشار SO_2 به ۰/۸۵ گرم بر کیلو وات ساعت انرژی خواهد رسید که کمتر از میزان مشخص شده در آمریکا و بالاتر از میانگین مشخص شده در تراز نامه انرژی کشور سال ۱۳۸۳ (۰/۲۶۵ گرم بر کیلو وات ساعت) است. علت این امر استفاده از گازوئیل در هنگام کمبود سوخت گاز است. همچنین میزان CO_2 به ۴۸۶ گرم بر کیلو وات ساعت می رسد که بالاتر از میانگین مشخص شده در تراز نامه انرژی کشور سال ۱۳۸۳ (۴۶۷ گرم بر کیلو وات ساعت) و همچنین بیشتر از میزان مشخص شده توسط EPA (۳۵۳/۳ گرم بر کیلو وات ساعت) می باشد. که با بهینه سازی سیستم بازیافت انرژی و نصب سیستم های پالاینده دست یابی به رقم فوق کاملاً امکان پذیر خواهد بود .

خواهد یافت. میزان کاهش هزینه های خارجی در اثر انتشار گازهای آلاینده به طور متوسط در سال های اول بهره برداری در مجموع ۱۵۶,۳۹۸ میلیون ریال خواهد بود (نمودار ۴).



نمودار ۴- پیش بینی کاهش میزان هزینه های خارجی ناشی از گازهای مختلف در نیروگاه کرمان در صورت استفاده از نیروگاه سیکل ترکیبی

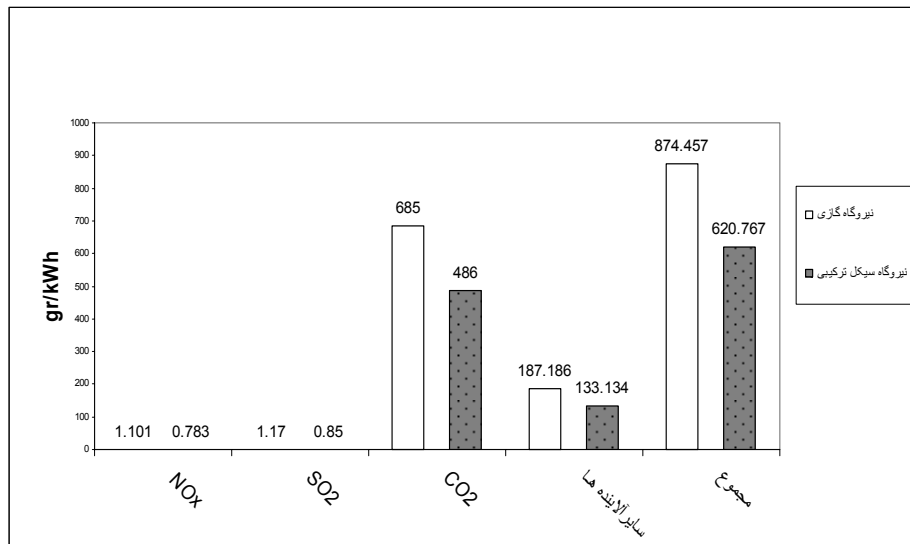
نیروگاه سیکل ترکیبی و تاثیر آن بر آلودگی هوا

با ساخت این نیروگاه میزان گازهای آلاینده تولیدی نیروگاه گازی هیچ گونه تغییری نخواهد نمود در حالی که با ساخت این نیروگاه به طور متوسط در ۳۰ سال بهره برداری از این نیروگاه سالیانه مبلغ ۶,۹۲۵ میلیارد ریال در آمد حاصل از فروش انرژی الکتریکی بوده و سالیانه ۱۵۲ میلیون لیتر گازوئیل و ۵۸/۳ میلیون متر مکعب گاز طبیعی صرفه جویی خواهد شد. این سوخت در صورت مصرف معادل ۱/۶۲۵ میلیون تن گازهای گلخانه ای را به وجود می آورد. با توجه به بررسی های به عمل آمده با احداث این نیروگاه به طور متوسط هر سال مبلغ ۵۴۴ میلیارد ریال هزینه های خارجی کاهش خواهد یافت . با در نظر گرفتن نرخ تورم و افزایش ضرایب هزینه های خارجی در ۳۰ سال آینده به رقم ۱۰,۱۶۳ میلیارد ریال خواهد رسید (نمودار ۴).

در مجموع به ازای هر کیلووات انرژی تولیدی، ۲۵۳/۶۹ گرم کاهش آلاینده ها را برای محیط زیست به ارمغان خواهد آورد. این کاهش به ازای هر کیلو وات انرژی الکتریکی تولیدی

شده توسط EPA (۲۷۱/۰ گرم بر کیلو وات ساعت) می باشد. ضروری است بازنگری اساسی در دستیابی به این اهداف توسط سازمان محیط زیست و وزارت نیرو انجام پذیرد.

مقایسه اعداد نمودار ۵ با جدول ۱ نشان می دهد با ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی میزان NO_x به ۰/۷۸۳ گرم بر کیلو وات ساعت انرژی خواهد رسید که بیشتر از میزان مشخص



نمودار ۵- مقایسه میزان انتشار گازهای مختلف آلاینده در نیروگاه کرمان ۱۳۸۵ (سیکل ترکیبی، گازی)

۲- بررسی فنی - اقتصادی

خواهد رسید. با توجه به نرخ بازگشت سرمایه ۱۲٪ و نرخ جذب کننده ۹٪، طرح کاملاً اقتصادی بوده و از طرفی به دلایل زیست محیطی کاهش انتشار آلاینده ها ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی در جهت جلوگیری از تخریب فزاینده محیط زیست می باشد دولت با سرمایه گذاری در طرح های سیکل ترکیبی کاملاً فعالیت سودمند اقتصادی داشته و با توجه به سیاست های اخیر در خصوص کاهش نرخ جذب کننده این طرح ها در آینده کاملاً اقتصادی تر نیز خواهند بود.

از طرفی توسعه و ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی و افزایش توان فنی کارشناسان و پیمانکاران داخلی امکان صدور خدمات مهندسی را در آینده نه چندان دور به همراه خواهد داشت. با توجه به بالا بودن حجم قراردادهای مربوط، ضمن جلوگیری خروج ارز از کشور، در زمینه افزایش صادرات غیر نفتی برای کشور بسیار مفید خواهد بود.

طبق بررسی های به عمل آمده با تلاش پیمانکاران و دست اندرکاران وزارت نیرو ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی در چند سال آینده به صنعت بومی تبدیل خواهد شد. فاز انتقال فن آوری بخش های اصلی نیروگاه به کشور در حال انجام است. از نظر فنی امکان ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی در کشور وجود دارد. بهینه سازی این سیستم ها می تواند میزان انرژی بازیافتی را افزایش داده و هزینه های ساخت و بهره برداری از این نیروگاه ها را کاهش دهد. با توجه به نیاز روز افزون کشور به انرژی الکتریکی و توان فنی متخصصان داخلی در حال حاضر نیروگاه های سیکل ترکیبی باید در دستور کار دولت و سرمایه گذاران بخش خصوصی قرار گیرد.

با توجه به جدول ۸ و رشد قیمت انرژی و نرخ تورم ۱۵٪ در کشور، ساخت این نیروگاه به طور متوسط ۵۸۵ میلیارد ریال سود سالیانه خواهد داشت. این طرح طی ۱۰-۹ سال آینده اصل سرمایه خود را برگشت داده و پس از آن به سود دهی

پیشنهادات

با توجه به رشد روز افزون نیاز به انرژی الکتریکی و ساخت نیروگاه های جدید، ایجاد نیروگاه های با فن آوری برتر و برخورداری از دیدگاه زیست محیطی و پیش بینی هزینه های خارجی هر یک از فن آوری های ها باید سرلوحه کار صنعتگران برق قرار گیرد. از جمله این تکنولوژی ها می توان توسعه و ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی را نام برد که با صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش انتشار آلاینده ها موجب کاهش آلودگی صنایع الکتریکی کشور می شود.

تحقیق انجام گرفته نشان می دهد که ساخت نیروگاه های سیکل ترکیبی جزء صنایع پاک محسوب گردیده و علاوه بر اقتصادی بودن، امکان فنی ساخت آن در کشور وجود دارد و در کاهش هزینه های خارجی و آلودگی هوا نقش به سزایی ایفا می کند. پیشنهاد می شود دولت با حمایت ویژه از سرمایه گذاران نیروگاه های سیکل ترکیبی ساخت این نیروگاه ها را رونق بخشد.

با توجه به توسعه روز افزون فن آوری های جدید نیروگاه های با بازده بالا، مطالعه این سیستم ها از نظر زیست محیطی قبل از ساخت و ورود این فن آوری ها به کشور کمک شایانی به محیط زیست خواهد نمود که ضروری است سازمان های مربوط تحقیقات لازم را در سرلوحه امور قرار دهند.

درجهت کاهش هزینه های خارجی و حفظ محیط زیست فاز ساخت نیروگاه سیکل ترکیبی و گازی به طور هم زمان می تواند در میزان مصرف سوخت تاثیر به سزایی داشته همچنین از خروج میزان زیادی از گازهای آلاینده جلوگیری به عمل آورد که برنامه ریزی دقیق در این خصوص باید در دستور کار صنعتگران برق قرار گیرد.

منابع

1. www.environmentalchemistry.com/yogi/periodic
2. www.energyandenvironment.undp.org/undp/index.cfm
3. U.S. Environmental Protection Agency- September 2000 , Economic Analyses Chapter 8 -Analyzing Social Costs
4. Environmental Protection Agency- August 2003 , Economic Impact Analysis of the Final Stationary Combustion Turbines NESHAP -
۵. محمد الوکیل، مترجم سرابچی، کاظم، ۱۳۷۵، نیروگاه های حرارتی، انتشارات مرکز نشر دانشگاه تهران جلد اول
6. www.tavanir.org.ir/farsi/projects/web-amar/vaziat/kholase-85.asp
۷. معاونت امور انرژی، ۱۳۸۲، وزارت نیرو معاونت امور انرژی، نرم افزار انرژی و محیط زیست
۸. اداره بررسی ها و سیاست های اقتصادی، آبان ماه ۱۳۸۵، خلاصه بررسی تحولات اقتصادی کشور، انتشارات روابط عمومی بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران
۹. احمدیان مجید، چاپ اول ۱۳۸۵، نظریه بازار و کاربرد آن برای منابع انرژی پایان پذیر، انتشارات مطالعات بین المللی انرژی
۱۰. سید مطهری، سید مهدی، مهر ماه ۱۳۷۴، ارزیابی طرح های تولیدی فنی، اقتصادی، مالی انتشارات موسسه مطالعات و پژوهش های بازرگانی
11. Mapna, 2002 , Training Manual Islamic Republic Of Iran Plant General Kerman Gas Power Plant