

تعویض تله‌های بخار در پتروشیمی بندرامام، پتانسیلی برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی و تعریف پروژه مکانیسم توسعه پاک

محسن ملکی^{۱*}، قدرت ا. نصیری^۲، مهران سلیمانی^۱، معصومه مرادزاده^۲، سیروس ناصریان^۱

۱- شرکت سهامی پتروشیمی بندر امام

۲- شرکت ملی صنایع پتروشیمی

mmaleki@bipc.org.ir

یکی از مهمترین المان‌های موجود در سیستم‌های بخار، تله‌های بخار هستند که وظیفه حفظ شرایط استاندارد بخار در خطوط انتقال و تخلیه‌کنندگی بوجود آمده به هر شکل را دارا می‌باشند. بروز اشکال در عملکرد تله‌های بخار و خرابی آنها مشکلاتی از قبیل اتلاف بخار و در نتیجه افزایش مصرف بخار، کاهش راندمان تجهیزات مصرف‌کننده بخار، کاهش کیفیت بخار، افزایش خوردگی در شبکه توزیع بخار و تجهیزات مصرف‌کننده بخار، کاهش عمر تجهیزات و المان‌های شبکه توزیع بخار، افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری را در پی خواهد داشت. طرح تعویض ایستگاه‌های سنتی تله‌های بخار با ایستگاه‌های فشرده در بندر امام، بعد از انجام ممیزی تله‌های بخار در این مجتمع و تعیین وضعیت عملکرد هر یک از آنها پیشنهاد گردید. نتایج ممیزی نشان می‌داد که در حدود ۷۰ تن در ساعت اتلاف انرژی به دلیل معیوب بودن تله‌های بخار موجود صورت می‌گیرد و اجرای طرح فوق می‌تواند تا حد قابل توجهی این میزان را کاهش دهد. با توجه به آنکه متدولوژی AM0017 جهت چنین پروژه‌هایی موجود می‌باشد به نظر می‌رسد امکان ثبت این پروژه در قالب پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک وجود داشته باشد. در این مقاله به بررسی طرح پیشنهادی و امکان ارائه آن در قالب مکانیسم توسعه پاک و محاسبه میزان کاهش انتشار از طریق اجرای طرح پرداخته شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که با وجود آنکه این پروژه قابلیت طرح در قالب مکانیسم توسعه پاک را داشته است اما به دلیل آنکه عملیات اجرایی طرح قبل از ثبت پروژه آغاز شده، دلایل کافی برای اثبات افزونگی پروژه وجود نداشته و در نتیجه فرصت استفاده از مزایای پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک از دست رفته است. در صورتیکه این پروژه می‌توانست در قالب پروژه‌های مکانیسم توسعه پاک ثبت گردد امکان ثبت CER و کسب درآمدی در حدود ۵۷۸ میلیون تومان در سال وجود داشت.

کلمات کلیدی: مکانیسم توسعه پاک (CDM) - تله‌های بخار - گواهی کاهش انتشار^۱ - متدولوژی انتشار

پایه و پایش مصوب

¹ Certified emission reduction

–مقدمه:

از ابتدای انقلاب صنعتی تا به حال، بخار بعنوان سیال عامل یا حامل انرژی استفاده شده است. امروزه استفاده از آن در صنعت نه تنها برای تولید توان مکانیکی (توربین‌های بخار)، بلکه برای گرمایش کاربردهای فرآیندی و غیرفرآیندی بسیار رایج است.

یکی از مهمترین المان‌های موجود در سیستم‌های بخار، تله‌های بخار هستند که وظیفه حفظ شرایط استاندارد بخار در خطوط انتقال و تخلیه‌کنندگی بوجود آمده به هر شکل را دارا می‌باشند. بروز اشکال در عملکرد تله‌های بخار و خرابی آنها مشکلاتی را در پی خواهد داشت. از جمله این مشکلات می‌توان به اتلاف بخار و در نتیجه افزایش مصرف بخار، کاهش راندمان تجهیزات مصرف‌کننده بخار، کاهش کیفیت بخار (Steam Dryness)، افزایش خوردگی در شبکه توزیع بخار و تجهیزات مصرف‌کننده بخار، کاهش عمر تجهیزات و المان‌های شبکه توزیع بخار، افزایش هزینه‌های تعمیر و نگهداری و .. اشاره کرد.

تله‌های بخار در قالب ایستگاه‌های استاندارد تعریف می‌شوند. این ایستگاه‌ها دارای المان‌هایی از جمله شیرهای قطع و وصل، صافی و شیر یکطرفه می‌باشند. در نسل جدید این ایستگاه‌ها، تمامی این المان‌ها در قالب یک ایستگاه فشرده ارائه شده است که در مقایسه با ایستگاه سنتی دارای مزایای فراوانی از جمله کم شدن فضای اشغالی، کاهش تعداد اتصالات و در پی آن کاهش احتمال نشتی، قیمت و هزینه نصب کمتر و ... می‌باشند.

۲- محل اجرای طرح:

شرکت پتروشیمی بندر امام بزرگترین مجتمع پتروشیمی کشور است که در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی در شهرستان ماهشهر واقع شده است. در راستای ایجاد مدیریت غیر متمرکز و به منظور نیل به بهره‌وری بیشتر و امکان بهره‌گیری از توانمندیهای موجود، اداره مجتمع بصورت پنج شرکت مستقل: فرآورش، بسپاران، کیمیا، آب نیرو و خوارزمی صورت می‌پذیرد. پروژه ممیزی انجام شده روی تله‌های بخار در کل مجتمع و در هر پنج شرکت انجام گرفته است.

۳- روش انجام کار:

به منظور اجرای پروژه "سیستم مدیریت تله‌های بخار" (STMS) جدول زمانبندی خاصی طراحی شد و نقشه‌های مرتبط و اطلاعات موجود بررسی شدند. تیم فنی، خطوط توزیع بخار را شناسایی و آنها را بر اساس فشاربخار عبوری علامت گذاری نمودند. در این میان مشخص گردید تهیه نقشه‌های جدید As built برای ترسیم نقشه کامل و مجزای سیستم بخار و کندانس جهت راهنمایی محل و شماره تله

بخارها بسیار ضروری می باشد. کل ایستگاه های تله بخار در سایت بررسی، تگ گذاری، تست شده و چک لیست های مربوطه تکمیل گردیدند.

سه روش جهت تست تله های بخار بکار رفت: روش دیداری، تست های حرارتی، تست های اولتراسونیک. با اینکار تله بخارهای سالم و یا خراب (دارای نشتی یا مسدود) مشخص شدند. اطلاعات در نرم افزار کامپیوتری مدیریت تله های بخار وارد شده و لیست کامل تله ها، جایگاه آنها، وضعیت و میزان سودمندی عملکرد این تله ها مشخص گردید. تله های معیوب مشخص شده و نهایتاً میزان هدر رفتن بخار در آنها توسط نرم افزار محاسبه گردید.

- :

جدول (۱) وضعیت تله های بخار و میزان اتلاف صورت گرفته از طریق آنها را به تفکیک شرکت های پتروشیمی بندر امام نشان می دهد.

جدول ۱- نتایج حاصل از ممیزی تله های بخار در پتروشیمی بندر امام

شرکت	تعداد تله های بخار نصب شده	تعداد تله های بخار معیوب	میزان اتلاف بخار (تن در ساعت)	هزینه اتلاف انرژی (ریال در سال)
آب نیرو	۴۶۱	۱۰۶	۵	۱,۵۵۳,۶۵۱,۳۲۰
بسپاران	۱۲۷۱	۴۶۶	۱۹	۶,۲۲۲,۴۸۵,۸۲۹
کیمیا	۵۵۹	۲۱۳	۶	۲,۰۹۴,۶۶۷,۹۱۳
فرآورش	۳۳۰۴	۱۹۰۵	۳۹	۷,۹۸۷,۴۰۱,۹۴۶
خوارزمی	۱۰۰	۴۸	۱	۳۱۹,۱۸۱,۵۳۷
مجموع	۵۶۹۵	۲۷۳۸	۷۰	۱۸,۱۷۷,۳۸۸,۵۴۵

گزارش کاملی تهیه شد که دارای - یک چکیده از جزئیات پروژه، نتایج مختلف از داده های برداشتی، نمایش مشکلات فیزیکی تله ها بر اساس شماره های موجود، خرابی ها و احتیاجات ایستگاه بود.

با توجه به بررسی های صورت گرفته، هزینه جایگزینی ایستگاه های سنتی در مجتمع بر اساس جدول (۲) می باشد.

جدول ۲- برآورد هزینه جایگزینی ایستگاه های سنتی با ایستگاه های فشرده

ایستگاههای تله بخار سنتی							شرکت
مجموع هزینه (ریال)	نیروی کار	شیر یکطرفه	صافی	شیر قطع و وصل	تله بخار		
۱,۶۱۳,۸۰۰,۰۰۰	۲	۸۳	۲۷۹	۳۶۸	۱۰۶	تعداد	آب نیرو
	۱۲۷,۲۰۰,۰۰۰	۱۲۴,۵۰۰,۰۰۰	۴۱۸,۵۰۰,۰۰۰	۶۲۵,۶۰۰,۰۰۰	۳۱۸,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۶,۷۱۹,۶۰۰,۰۰۰	۲	۳۴۷	۹۶۷	۱,۶۴۲	۴۶۶	تعداد	بسیاران
	۵۵۹,۶۰۰,۰۰۰	۵۲۰,۵۰۰,۰۰۰	۱,۴۵۰,۵۰۰,۰۰۰	۲,۷۹۱,۴۰۰,۰۰۰	۱,۳۹۸,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۲,۵۵۴,۷۰۰,۰۰۰	۲	۱۴۶	۳۱۷	۵۶۸	۲۱۳	تعداد	کیمیا
	۲۵۵,۶۰۰,۰۰۰	۲۱۹,۰۰۰,۰۰۰	۴۷۵,۵۰۰,۰۰۰	۹۶۵,۶۰۰,۰۰۰	۶۳۹,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۲۶,۸۰۵,۰۰۰,۰۰۰	۲	۱,۴۶۳	۳,۹۱۶	۶,۳۱۵	۱,۹۰۵	تعداد	فرآورش
	۲,۲۸۶,۰۰۰,۰۰۰	۲,۱۹۴,۵۰۰,۰۰۰	۵,۸۷۴,۰۰۰,۰۰۰	۱۰,۷۳۵,۵۰۰,۰۰۰	۵,۷۱۵,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۶۷۷,۶۰۰,۰۰۰	۲	۳۶	۱۰۰	۱۶۰	۴۸	تعداد	خوارزمی
	۵۷,۶۰۰,۰۰۰	۵۴,۰۰۰,۰۰۰	۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰	۲۷۲,۰۰۰,۰۰۰	۱۴۴,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
مجموع (ریال) ۳۸,۳۷۰,۷۰۰,۰۰۰							

با جایگزینی ۷۵٪ این ایستگاه‌ها با ایستگاه‌های فشرده با کاهش هزینه‌ای بالغ بر نصف هزینه یاد شده مطابق با جدول (۳) روبرو می‌شویم.

جدول ۳- وضعیت هزینه در صورت جایگزینی ۷۵٪ از ایستگاه‌ها

ایستگاههای تله بخار فشرده و سنتی				شرکت	
مجموع هزینه (ریال)	نیروی کار	ایستگاه تله بخار سنتی (۲۵٪)	ایستگاه تله بخار فشرده (۷۵٪)		
۵۸۴,۰۸۰,۰۰۰	۲	۲۶	۸۰	تعداد	آب نیرو
	۵۵,۲۰۰,۰۰۰	۴۸,۸۰,۰۰۰	۴۸۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۲,۵۶۲,۲۸۰,۰۰۰	۲	۱۱۶	۳۵۰	تعداد	بسیاران
	۲۴۴,۲۰۰,۰۰۰	۲۱۸,۰۸۰,۰۰۰	۲,۱۰۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۱,۱۷۱,۲۴۰,۰۰۰	۲	۵۳	۱۶۰	تعداد	کیمیا
	۱۱۱,۶۰۰,۰۰۰	۹۹,۶۴۰,۰۰۰	۹۶۰,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۱۰,۴۶۸,۷۸۰,۰۰۰	۲	۴۷۶	۱,۴۲۹	تعداد	فرآورش
	۹۹۹,۹۰۰,۰۰۰	۸۹۴,۸۰,۰۰۰	۸,۵۷۴,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
۲۶۳,۷۶۰,۰۰۰	۲	۱۲	۳۶	تعداد	خوارزمی
	۲۵,۲۰۰,۰۰۰	۲۲,۵۶۰,۰۰۰	۲۱۶,۰۰۰,۰۰۰	هزینه	
مجموع (ریال) ۱۵,۰۵۰,۱۴۰,۰۰۰					

۵- نتایج حاصل بعد از اجرای طرح

با تجزیه و تحلیل گزارشات مشخص شد که ۴۵۰۰ ایستگاه می‌بایست با ایستگاه‌های فشرده جایگزین گردند که از این تعداد ۲۷۰۰ عدد به علت مشکلات و ضایعات بیشتر در اولویت قرار گرفتند. گزارشات فنی و برنامه ریزی تعویض ایستگاه‌های فشرده از فروردین ۸۷ تا فروردین ۸۸ و در زمان‌های کوتاه shut down واحدها صورت گرفت و در حدود ۲۳/۹۵٪ از ایستگاه‌های موردنظر تعویض شدند که پس از اجرای طرح نتایجی به شرح زیر حاصل شد:

بر اساس اطلاعات، تعداد المان‌ها از ۲۰۶۵۱ به ۶۳۱۱ عدد کاهش یافت.

جدول (۴) مصارف سوخت و کاهش انتشار CO₂ در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ را با یکدیگر مقایسه می‌کند.

جدول ۴_ مصارف سوخت و کاهش انتشار CO₂ در سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷

اختلاف	سال ۱۳۸۷	سال ۱۳۸۶	واحد	سوخت مصرفی
73,168,050	778,146,490	851,314,540	Nm3	Lean Gas
109,752.072	1,167,219.738	1,276,971.81	ton	CO ₂ تولیدی
40,505,000	602,704,000	643,209,000	Nm3	Fuel Gas
72,402.688	1,077,333.4	1,149,736.088	ton	CO ₂ تولیدی

با تعویض تله‌های بخار، به میزان ۶۷۶ تن در سال و ۲۳ تن در ساعت از تلفات بخار جلوگیری شد و در پی آن شدت مصرف بخار ۰/۰۳۵ کاهش یافت.

همچنین به میزان ۱,۳۱۹,۰۳۷ یورو (معادل حدود ۱۷ میلیارد ریال) در هزینه تلفات بخار و کندانس صرفه جویی شد.

میزان صرفه جویی در سوخت مصرفی از نظر قیمتی با ۱۴۰,۲۱۸ یورو برابر بود.

هزینه اجرای پروژه مذکور نهایتاً طی یکسال و نیم به سیستم باز خواهد گردید.
به میزان ۱۰٪ از انتشار CO₂ در محیط نیز جلوگیری بعمل آمد.

– قابلیت اجرای طرح در قالب مکانیسم توسعه پاک

بررسی متدولوژی‌های تصویب شده نشان می‌دهد که چنین پروژه‌هایی را می‌توان در قالب متدولوژی ACM0017 تحت عنوان "متدولوژی بهبود راندمان سیستم بخار از طریق تعویض تله های بخار و بازگرداندن کندانس" [۰] تعریف کرد. در صورت بهبود راندمان سیستم بخار و یا تعویض تله های بخار که قبلاً مورد توجه قرار نداشته است، می‌توان از این متدولوژی استفاده کرد.
قابلیت کاربرد این متدولوژی در شرایط زیر است:

- راندمان بخار با جایگزینی یا تعمیر تله های بخار و بازگرداندن (جمع آوری و مصرف دوباره) کندانس بهبود یابد
 - بخار در بویلر آتشی که از سوخته‌های فسیلی استفاده می‌کند تولید شود.
 - بازرسی و نگهداری منظم از تله های بخار یا کندانس برگشتی فعالیتت رایج در کشور مربوطه نبوده یا طبق قوانین لازم نباشد.
 - اطلاعات مربوط به شرایط تله های بخار و کندانس برگشتی در حداقل پنج پلنت مشابه وجود داشته باشد.
- تمامی شرایط فوق برای پروژه مورد نظر صدق می‌کند و این متدولوژی برای این پروژه قابل کاربرد بوده است.
- از طرفی برای این گونه پروژه ها لازم است به طرق زیر افزونگی پروژه ثابت گردد:
- ثابت شود که انجام تعمیرات و تعویضها، فرایند رایجی در آن صنعت نبوده است. (قبلاً انجام نمی شده)
 - هیچگونه مقرراتی وجود ندارد که انجام این کار را الزامی نماید.
 - موانعی وجود دارد که انجام این پروژه را غیر ممکن کرده است.
 - ثبت این پروژه به عنوان پروژه CDM کمک می‌کند این موانع برطرف گردد.

از آنجا که هم اکنون بخشی از این پروژه انجام گردیده است امکان اثبات افزونگی پروژه از بین رفته است و لذا امکان ثبت و استفاده از مزایای CDM برای این پروژه وجود ندارد. در ادامه نشان داده می شود که درآمدهای حاصل از ثبت این پروژه به عنوان پروژه CDM چه میزان می توانست باشد.

- محاسبه درآمدهای حاصل از فروش کاهش انتشار

سه سناریو برای قیمت گواهی های کاهش انتشار (CER) در نظر گرفته شده است. در تعیین این سناریوها از محدوده قیمت این گواهی ها در بورس ECX استفاده شده است (شکل ۱).



شکل ۱- روند تغییرات قیمت گواهی های کاهش انتشار در بورس ECX، [۵]

لازم به توضیح است که قیمت های نشان داده شده در شکل ۱ (خط سبز رنگ) مربوط به CERهایی است که بین کشورهای توسعه یافته داد و ستد می شود (CER ثانویه). اساساً مبلغی که برای خرید CER به صاحب پروژه پرداخت می شود معمولاً تا حد قابل توجهی پایین تر از ارزش CER ثانویه می باشد. با لحاظ کردن این توضیح و با در نظر گرفتن محدوده قیمت CER (شکل ۱)، سناریوهای زیر برای قیمت CER در نظر گرفته شده است.

✓ سناریوی اول: ۵ یورو به ازای هر CER

✓ سناریوی دوم: ۷/۵ یورو به ازای هر CER

✓ سناریوی اول: ۱۰ یورو به ازای هر CER

–برآورد اقتصادی طرح با لحاظ درآمدهای کربن

برآوردهایی که در این بخش ارائه شده است بر اساس فرضهای زیر بدست آمده‌اند.

- محاسبات اقتصادی بر اساس قیمت‌های سال ۸۶ (سال انجام پروژه) صورت گرفته است.
- هر یورو معادل ۱۴۰۰۰ ریال در نظر گرفته شده است.
- قیمت هر تن بخار معادل با ۴۵۰۰۰
- در برآورد کاهش انتشار برای سناریوهای کاهش مصرف انرژی، از کاهش انتشار CH₄ و N₂O در منابع احتراقی صرف‌نظر شده است (طبق متدلوژیهای مصوب در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی).

نتایج حاصل از برآورد درآمدهای مستقیم و درآمدهای حاصل از CDM برای این پروژه تحت سناریوهای تعریف شده در جدول (۴) تا (۶) آورده شده است. در جدول ۴ درآمد میزان کاهش انتشار و درآمدهای حاصل از فروش CER و صرفه جویی در مصرف انرژی برای کل پروژه را نشان می دهد. جدول ۵ نشان می دهد که با لحاظ کردن درآمدهای کربن بازگشت سرمایه تا چه میزان کاهش می یابد. و در جدول شماره ۶ سهم درآمدهای حاصل از فروش کربن برای ۲۳/۹۵٪ از پروژه که به انجام رسیده محاسبه شده است. این درآمد به دلیل عدم ثبت پروژه به عنوان پروژه مکانیسم توسعه پاک از دست رفته است.

همانگونه که مشاهده می شود بسته به اینکه کدام سناریو برای کاهش مصرف سوخت و قیمت CER اتفاق بیافتد، درآمدهای سالانه این پروژه برای مجموع دو گاز بین ۵۳۲۳۹ (برای کمترین قیمت CER) و ۴۸۰۶ میلیون ریال (برای بیشترین قیمت CER) در سال خواهد بود.

جدول ۵- نتایج محاسبه درآمدهای کل پروژه

مجموع درآمدها (میلیون ریال در سال)	درآمد حاصل از CDM (میلیون ریال در سال)	قیمت یک گواهی کاهش انتشار (میلیون ریال در سال)	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (تن معادل CO ₂ در سال)	درآمد حاصل از کاهش مصرف بخار (میلیون ریال در سال)	کاهش مصرف بخار (تن در سال)
150,864.00	8,796.48	0.07	125664.00	25200	560000
38,394.72	13,194.72	0.105			
42,792.96	17,592.96	0.14			

جدول ۶- بازگشت سرمایه با احتساب درآمدهای کربن

بازگشت سرمایه	نسبت درآمدهای کربن	مقدار	واحد	پارامتر	ردیف
		38,370.70			1
1.52		25,200.00			2
1.13	0.35	8,796.48		CDM	3
1.00	0.52	13,194.72		CDM	4
0.90	0.70	17,592.96		CDM	5

نکته جالب توجه در نتایج بدست آمده، نسبت درآمدهای حاصل از فروش CER به کل درآمدها می‌باشد. بگونه‌ای که در پایین‌ترین قیمت فرض شده برای CER (۵ یورو)، درآمدهای حاصل از فروش CER معدل ۰/۳۵ برابر درآمدهای حاصل از صرفه‌جویی در مصرف سوخت خواهد بود. این در حالیست

که قیمت ۱۰ یورو برای هر CER باعث خواهد شد که درآمدهای حاصل از فروش CER تقریباً برابر درآمدهای حاصل از صرفه جویی در مصرف سوخت گردد. و بازگشت سرمایه را از یکسال و نیم به کمتر از یکسال کاهش دهد. این نکته نقش درآمدهای CDM در اقتصادی تر شدن پروژه‌های بهینه سازی انرژی در کشور را بخوبی نمایان می‌سازد.

جدول ۷- درآمد از دست رفته تا کنون

مجموع درآمدها (میلیون ریال در سال)	درآمد حاصل از CDM (میلیون ریال در سال)	قیمت یک گواهی کاهش انتشار (میلیون ریال در سال)	کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای (تن معادل CO ₂ در سال)	درآمد حاصل از کاهش مصرف بخار (میلیون ریال در سال)	کاهش مصرف بخار (تن در سال)
49,569.60	2,890.27	0.07	41289.60	8280	184000
12,615.41	4,335.41	0.105			
14,060.54	5,780.54	0.14			

در صورتیکه پروژه به عنوان پروژه مکانیسم توسعه پاک ثبت می‌گردد با فرض فروش هر CER معادل ۱۰ یورو هر ساله درآمدی معادل ۵۷۸ میلیون تومان از محل درآمدهای کربن عاید می‌گردید.

- بحث و نتیجه گیری

بر اساس آنچه گفته شد، لزوم بازنگری طرح‌های در دست اجرا و آتی در صنعت پتروشیمی برای استفاده از فرصت‌های ممکن برای تعریف پروژه‌های CDM احساس می‌شود. طرح تعویض تله‌های بخار با توجه به محاسبات انجام شده برای تعویض ۲۵٪ از تله‌های بخار می‌توانست به ترتیب از طریق کاهش گازهای ناشی و سوخت مصرفی به میزان ۱/۷۵۹ میلیارد تومان در سال عاید کشور نماید که متأسفانه بدلیل عدم ثبت به موقع پروژه، این فرصت از دست رفته است.

مراجع

- [۱] وب سایت کنوانسیون تغییر آب و هوا، بخش CDM، متدولوژیها
- [۲] اسناد و مدارک فنی شرکت پتروشیمی بندرامام