



NRI

Niroo Research Institute



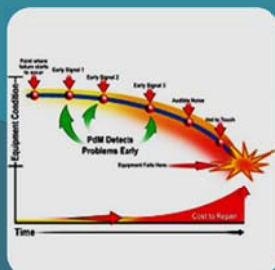
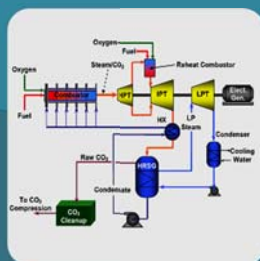
وزارت نیرو
پژوهشگاه نیرو

برونداهای تخصصی

گروه پژوهشی سیکل و مبدل های حرارتی

شماره ۱، زمستان ۱۳۹۴

- ضرورت پیاده سازی نت مبتنی بر قابلیت اطمینان بر روی تجهیزات تولید برق
- بررسی تأثیر بکارگیری هانیکام بر دبی نشتی و گرمای تولیدی در آببندهای لابیرننتی ردیف دوم توربین های گازی GE-F9
- مروری بر فرآیند Oxy Fuel در نیروگاه ها
- سیکل پایین دستی هوا: استفاده از حرارت خروجی توربین گاز برای تولید توان





بروندادهای تخصصی

گروه پژوهشی سیکل و مبدل های حرارتی

شماره ۱، زمستان ۹۴

صاحب امتیاز: پژوهشگاه نیرو

مدیر مسئول: فرشته رحمانی

سر دبیر: فرشته رحمانی

مدیر اجرایی: حمید معصومی

ویراستار و صفحه آرا: حمید معصومی

اعضای هیئت تحریریه:

مهندس فرشته رحمانی، مهندس شبنم منصوری،

مهندس محمد تاجیک منصوری، مهندس اکبر

نمازی، مهندس حمید معصومی، مهندس علی

محرمی

اعضای هیئت داوران:

دکتر فردین روزبهانی، دکتر مهدی حسینی راد،

دکتر علی جهانگیری



اهداف:

«بروندادهای تخصصی گروه پژوهشی سیکل و مبدل های حرارتی» با هدف معرفی و ترویج دانش تخصصی گروه، مستندسازی یافته های نوین پژوهشی و انتشار به موقع دستاوردهای علمی و عملی گروه، به صورت داخلی منتشر می شود.

ناشر:

نشانی الکترونیکی: TC&HX @nri.ac.ir

نشانی: تهران، شهرک غرب، انتهای بلوار شهید دادمان،

پژوهشگاه نیرو، گروه سیکل و مبدل های حرارتی

تلفن: ۰۲۱-۸۸۵۹۰۱۷۲

دورنگار: ۰۲۱-۸۸۵۹۰۱۷۱

همکاران این شماره:

مهندس فرشته رحمانی، مهندس محمد تاجیک منصوری،

مهندس اکبر نمازی، مهندس حمید معصومی، مهندس

علی محرمی



۱	سخن سردبیر
۲	ضرورت پیاده سازی نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان بر روی تجهیزات تولید برق / حمید معصومی، اکبر نمازی تجرق
۱۰	بررسی تأثیر بکارگیری هانیکام بر دبی نشتی و گرمای تولیدی در آب بندهای لایبرنتی ردیف دوم توربین های گازی GE-F9 / محمد تاجیک منصوری
۲۲	آشنایی با انجمن صنفی نیروگاه های ایران (اصنا)
۲۴	مروری بر فرآیند Oxy Fuel در نیروگاه ها / محمد تاجیک منصوری
۳۲	قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور- ماده ۱۲
۳۶	سیکل پایین دستی هوا: استفاده از حرارت خروجی توربین گاز برای تولید توان / محمد تاجیک منصوری
۴۱	واژه های علمی



سخن سردبیر

نشریه حاضر اولین برونداد تخصصی گروه پژوهشی سیکل و مبدل های حرارتی است که با تلاش پژوهشگران گروه تهیه و گرد آوری شده است. وظایف این گروه انجام مطالعات، سیاست پژوهی، آینده-نگاری و رصد فناوری های صنعت برق و تدوین نقشه راه و اسناد پشتیبان برای سیاست گذاران و تصمیم گیرندگان در حوزه محورهای تحقیقاتی گروه می باشد. محورهای تحقیقاتی گروه عبارتند از:

- چرخه های متعارف و نوین نیروگاهی
- مبدل های حرارتی
- سیستم های انتقال سیال
- سیستم های تولید همزمان چندگانه و آب شیرین کن
- بهبود فرآیند احتراق
- سامانه های ذخیره انرژی حرارتی و مکانیکی
- مولدهای بخار
- سیستم های خنک کن
- بهینه سازی و افزایش بازده و توان نیروگاهها
- تحلیل عملکرد و عیب یابی
- فرآیندهای انتقال حرارت و جرم

اهداف این نشریه که امید است نشر آن بطور منظم تداوم داشته باشد، آشنا نمودن خوانندگان با فعالیت های پژوهشی و یافته های علمی و عملی گروه، انتشار یافته های نوین در سطح جهان در حوزه عملکرد گروه، معرفی متخصصین این حوزه در کشور، معرفی و ارائه گزارش همایش ها و سمینارهای مرتبط با حوزه های پژوهشی گروه، تازه های انتشارات در این حوزه، معرفی مراکز تحقیقاتی و انجمن های ملی و بین المللی مرتبط و آشنایی با قوانین و آیین نامه های جدید پژوهشگاه و صنعت برق و انرژی در حوزه های مرتبط با فعالیت گروه سیکل و مبدل های حرارتی می باشد.



ضرورت پیاده سازی نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) بر روی تجهیزات تولید برق

حمید معصومی، اکبر نمازی تجرق

پژوهشگاه نیرو، گروه سیکل و مبدل های حرارتی

چکیده

عدم مدیریت صحیح برنامه های نگهداشت تجهیزات تولید برق موجب شده است علاوه بر صرف هزینه های اضافی، نتایج مورد انتظار در این باره حاصل نگردد. از این رو ضرورت مدیریت نگهداشت در صنایع نیروگاهی در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) به عنوان یک راه کار و رویکرد نوین در این زمینه معرفی شده است. مفاهیم مدیریت نگهداشت و قابلیت اطمینان مورد واکاوی قرار گرفته و ضمن بررسی ضرورت پیاده سازی RCM در تجهیزات نیروگاهی، اصول و استانداردهای اجرای صحیح آن در این صنعت بیان گردیده است. در نهایت چالش های پیش روی پیاده سازی RCM مورد کنکاش قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: مدیریت نگهداشت، قابلیت اطمینان، RCM، تجهیزات نیروگاهی

مقدمه

طی سالیان اخیر دستگاهها و تجهیزات رشد و تکامل روز افزونی پیدا کرده اند و از آنجا که هزینه های تعمیرات بخش اعظمی از هزینه های تمام شده همه کارخانه ها و واحدهای تولیدی را در بر می گیرد، همواره بحث نگهداشت یکی از مهمترین مسائل مدیران صنایع مختلف بوده است. گرچه RCM سال هاست که در کشورها و صنایع پیش رو به خدمت نگهداشت تجهیزات سنگین در زمینه های مختلف صنعتی در آمده است اما از زمان ورود آن به صنعت برق ایران دیر زمانی نگذشته و در واقع RCM برای



صنعت برق ایران نوپا و نیازمند تحقیقات و مطالعات گسترده است. از RCM به عنوان بزرگترین تغییر در دنیای نگهداشت نام برده می شود و امروزه به عنوان یک پیش نیاز برای ارتقا میزان اثربخشی برنامه های نت مطرح می شود [۱]. اما در عین حال فرآیند پیاده سازی این رویکرد در صنایع مختلف کشور با مشکلات زیادی مواجه شده است. مدیران صنایع بزرگ که امروزه اهمیت مفهوم مدیریت نگهداشت را به تجربه درک کرده اند و بر لزوم پیاده سازی آن در سازمان خود واقف شده اند، بیم آن می رود که با مشاهده تجربه های ناموفق، نه تنها نسبت به کارامدی RCM بی اعتماد شوند بلکه نگرش ارزشمندی را که در طول سال ها تجربه نسبت به مدیریت نگهداشت کسب کرده اند از دست بدهند. این موضوع سبب می شود RCM به عنوان رویکردی که در کشورهای دیگر عاملی برای کاهش چشم گیر هزینه های نگهداشت و افزایش قابلیت اطمینان تجهیزات محسوب می شود، در کشور ما شکست خورده و هرگز نهادینه نشود. بر این اساس بررسی علل ریشه ای تجربه های ناموفق و پیاده سازی صحیح و اصولی RCM بر مبنای استاندارد های موجود بسیار مهم ارزیابی می شود.

در این مقاله مفاهیم مدیریت نگهداشت و قابلیت اطمینان مورد واکاوی قرار گرفته است. علاوه بر آن سعی شده است ضمن بررسی ضرورت پیاده سازی RCM در تجهیزات نیروگاهی، اصول و استانداردهای اجرای صحیح آن در این صنعت بیان شده و علل ریشه ای منجر به شکست آن کنکاش شود.

قابلیت اطمینان

هزینه مربوط به نگهداشت از دو بخش تشکیل می شود. بخشی از این هزینه ها مربوط به تجهیزات مورد نیاز، لوازم تعویض شده و نیروی کار مربوطه است. اما بخش دیگر که اغلب به آن توجه چندانی نمی شود، هزینه های مربوط به عدم تولید می باشد. کاهش یا توقف در تولید به طور میانگین، دو سوم هزینه نگهداشت واحدهای صنعتی را شامل می شود [۲]. این مسأله در مواردی که توقف ماشین آلات به طور پیش بینی نشده رخ می دهد، به علت ناتوانی در عمل به تعهدات و پرداخت جریمه های مربوط به دیرکرد، علاوه بر تحمیل هزینه بیشتر به واحد صنعتی، به اعتبار آن در بازار پیچیده تجارت خدشه وارد کرده و چه بسا بازار فروشی را که با هزینه های بالای تبلیغاتی در طول سال ها به دست آمده است از بین ببرد. از این گذشته گاهی اوقات خرابی های پیش بینی نشده در صنایع حساس می تواند پیامدهای غیر قابل جبران ایمنی و زیست محیطی به همراه داشته باشد. چنین دیدگاهی نسبت به اهمیت عملکرد صحیح تجهیزات در زمان پیش بینی شده، منجر به پیدایش مفهومی به نام قابلیت اطمینان شد که به صورت احتمال کارکرد سالم و بدون عیب برای مدت زمان مشخص طبق شرایط موجود و از پیش تعیین شده تعریف می شود [۳].

مدیریت نگهداشت

تصور عمومی این است که با افزایش عمر تجهیزات احتمال شکست آنها نیز افزایش می یابد. پژوهش های جدید اما نشان داده اند که ارتباط بین عمر و خرابی تجهیزات کمتر از میزانی است که پنداشته می شود. این مطالعات شش الگوی خرابی مطابق شکل ۱ را پیش بینی کرده اند. سه الگوی اول خرابی های وابسته به عمر را در بر می گیرد حال آن که در سه الگوی دیگر، عمر تجهیز نقشی در خرابی آن ندارد. نتیجه این که ممکن است بسیاری از فعالیت های نگهداشت سنتی علاوه بر اجرای درست و مطابق برنامه به علت عدم مطابقت با الگوی شکست تجهیز، عملاً مفید نباشد. برای مثال یک فعالیت تعمیراتی پیشگراانه زمان بندی شده برای یک حالت خرابی تصادفی (مثلاً الگوی F) تعریف شده باشد. برخی از این برنامه ها ممکن است با تولید تداخل داشته باشد و یا حتی ریسک خرابی را افزایش دهد. نتایج چهار مطالعه انجام شده بر روی سوابق خرابی های تجهیزات شرکت های بزرگ که در شکل ۱ دیده می شود نشان می دهد که بر خلاف تصور عمومی تنها کمتر از ۱۰٪ خرابی ها وابسته به عمر هستند و بیش از ۸۰٪ آنها به صورت تصادفی رخ می دهند [۴]. بنابراین برای همه تجهیزات و یا حتی برای همه حالت های خرابی یک تجهیز نمی توان برنامه تعمیراتی جامعی ارائه داد و هر حالت خرابی بسته به الگو، پیامدها و هزینه های تعمیراتی آن می تواند برنامه تعمیراتی مختص خود را داشته باشد. از این مفهوم به عنوان مدیریت نگهداشت یاد می شود.

		UAL 1978	Broberg 1973	MSDP Studies 1983	SSMD 1993
الگوهای وابسته به عمر	 A.	4%	3%	3%	6%
	 B.	2%	1%	17%	0%
	 C.	5%	4%	3%	0%
		11%	8%	23%	6%
الگوهای تصادفی	 D.	7%	11%	6%	0%
	 E.	14%	15%	42%	60%
	 F.	68%	66%	29%	33%
		88%	92%	77%	92%

شکل ۱: الگوهای شکست [۳]



بنابر آن چه گفته شد، مدیریت نگهداشت تاثیر قابل توجهی روی توانایی کیفی تولید کنندگانی دارد که باید در بازار رقابتی دنیا فعالیت کنند. با اجرای برنامه موثر کنترلی و نظارتی بر وضعیت تجهیزات و سیستم‌ها، می‌توان احتمال وقوع خرابی‌هایی با پیامدهای ایمنی و زیست محیطی و اقتصادی را کاهش داد.

ضرورت پیاده سازی RCM بر روی تجهیزات نیروگاهی

به طور کلی RCM خرابی‌ها را بر اساس پیامدهایشان به چهار گروه پنهان، ایمنی، زیست محیطی و عملیاتی تقسیم می‌کند. در تصمیم‌گیری برای اجرای RCM بر روی یک تجهیز بهتر است یک تخمین اولیه از پیامدهای خرابی‌های احتمالی تجهیز داشته باشیم. هر چه خرابی‌های تجهیز پیامد حاد تری داشته باشد اجرای RCM بر روی آن به صرفه‌تر خواهد بود. برای مثال در صنایع هوایی در صورت خرابی‌های پیش‌بینی نشده احتمال سقوط هواپیما و کشته شدن مسافران بسیار بالا است بنابراین با توجه به وجود پیامد غیرقابل جبران ایمنی با احتمال زیاد اجرای RCM برای تک‌تک سیستم‌های هواپیما با هر میزان هزینه‌ای توجیه دارد. در صنایع هسته‌ای نیز در صورت خرابی‌های پیش‌بینی نشده احتمال انفجار و یا نشت مواد رادیواکتیو وجود دارد که در صورت وقوع، پیامدهای ایمنی و زیست محیطی به همراه دارد بنابراین اجرای RCM در این صنعت نیز به صرفه است. علاوه بر این با توجه به وجود سیستم‌های محافظ بسیار زیاد در تجهیزات پیچیده، احتمال وقوع خرابی‌های پنهان نیز در این تجهیزات بسیار زیاد است. مروری کوتاه بر حوادث صنعتی گذشته نشان می‌دهد که علت بسیاری از آنها خرابی‌های کوچکی هستند که پنهان مانده و با خرابی‌های دیگر هم زمان شده‌اند.

نیروگاه‌های حرارتی سوخت را سوزانده و به برق تبدیل می‌کنند و در صورت عملکرد نامناسب می‌تواند پیامدهای زیست محیطی به همراه داشته باشد. پیامدهای عملیاتی نیروگاه‌های حرارتی نیز از دو منظر سیاسی و اقتصادی قابل بررسی می‌باشد. برق در همه کشورها کالای استراتژیک محسوب می‌شود و جوامع امروزی خاموشی‌ها را به هیچ وجه نمی‌پذیرند. اگر این خاموشی‌ها طولانی مدت و یا در شرایط خاص جوی باشد، نارضایتی شدیدی به همراه دارد و می‌تواند پیامدهای سیاسی در پی داشته باشد. علاوه بر این از منظر اقتصادی نیز می‌توان مهم‌ترین پیامدهای خرابی یک واحد نیروگاهی را آسیب‌های ناشی از استارت و تریپ واحد، هزینه‌های ناشی از عدم تولید و فروش برق و جریمه عدم آمادگی اعلام شده واحد بیان کرد. با توجه به فراوانی واحدهای گازی V94.2 در کشور محاسبات مربوط به پیامدهای اقتصادی خرابی واحدهای نیروگاهی برای این واحدها به شرح زیر انجام شده است.



با توجه به ارزیابی و قیمت بالای قطعات داغ مورد استفاده در توربین گاز و اثر راه اندازی و تریپ واحد بر آنها، شرکت های سازنده، این اثرات را به صورت معادل با تعداد ساعت های کاهش عمر ماشین محاسبه کرده و به مصرف کنندگان اعلام می دارند. بر این اساس هر بار راه اندازی واحدهای گازی V94.2 با توان نامی ۱۶۰ مگاوات منجر به کاهش ۱۰ ساعت از عمر مفید آنها خواهد شد. عمر طراحی واحد ۱۶۰۰۰۰ ساعت، هزینه سرمایه گذاری اولیه ۴۵۰ دلار بر کیلووات و نرخ اسقاط ۳۰ درصد در نظر گرفته شده است. با احتساب نرخ دلار ۳۰۰۰ تومان هزینه هر ساعت کاهش عمر مفید توربین بر حسب تومان به صورت زیر محاسبه می شود.

$$۴۵۰ \times ۱۶۰ \times ۱۰۰۰ \times ۳۰۰۰ \times (۱ - ۰.۳) / ۱۶۰۰۰۰ = ۹۴۵۰۰۰$$

بنابراین هر بار راه اندازی مجدد (خاموش و روشن شدن) واحد که منجر به کاهش ۱۰ ساعت از عمر مفید آن می شود ۹۴۵۰۰۰ تومان هزینه دارد. بر اساس اسناد ارائه شده توسط شرکت زیمنس، ضریب تریپ در واحدهای گازی این شرکت در بار پایه ۸ می باشد. این بدان معنا است که هر تریپ واحد در بار پایه معادل ۸ بار راه اندازی به توربین آسیب زده و از عمر مفید آن می کاهد. با توجه به افزایش ضریب تریپ در بارهای بالاتر، هزینه هر تریپ این واحدها حداقل برابر ۷۵۶۰۰۰۰۰ تومان در نظر گرفته می شود. هزینه های ناشی از عدم تولید و فروش هر مگاوات ساعت برق در واحدهای گازی شامل ۴۱۰۰۰ تومان قیمت برق و ۱۸۵۰۰ تومان قیمت آمادگی با کسر ۲۶۰۰۰ تومان هزینه سوخت گاز طبیعی می باشد. پس با در نظر گرفتن ۱۲۵ مگاوات قدرت عملی، هر ساعت عدم کارکرد واحد ۴۱۸۷۵۰۰ تومان هزینه دارد. علاوه بر این واحدهای نیروگاهی در صورت خروج واحد در حال کار (تریپ) و یا خرابی بدون برنامه در زمانی که برای آن آمادگی اعلام شده است، به میزان ۱۸۵۰۰ تومان برای هر مگاوات ساعت جریمه عدم آمادگی خواهند شد که این میزان جریمه برای ۱۲۵ مگاوات ساعت برابر ۲۳۱۲۵۰۰ تومان می باشد. بنابراین هزینه های خرابی یک واحد گازی را بر حسب تومان می توان به صورت جدول ۱ در نظر گرفت.

جدول ۱: پیامدهای اقتصادی خرابی واحد گازی V94.2

نوع خرابی	هزینه
خاموشی با برنامه برای هر ساعت	۴۱۸۷۵۰۰
خاموشی بی برنامه برای هر ساعت	۶۵۰۰۰۰۰
راه اندازی مجدد	۹۴۵۰۰۰
تریپ در بار پایه	۷۵۶۰۰۰۰۰



همان طور که ملاحظه می شود پیامدهای اقتصادی خرابی های منجر به تریپ واحدهای گازی بسیار بالا هستند برای مثال یک اشکال ساده در سیستم سوخت می تواند منجر به تریپ و حداقل ۱۰ ساعت خروج بدون برنامه واحد شود و هزینه ای بالغ بر ۱۴۰ میلیون تومان در بر داشته باشد. این هزینه ها در مورد واحدهای بخاری و سیکل ترکیبی با توجه به هزینه های سرمایه گذاری بالاتر، به مراتب بیشتر می شود؛ ضمن این که استفاده از قیمت های جهانی برای برق و سوخت نیز هزینه ها را افزایش می دهد. از موارد پیش گفته می توان نتیجه گرفت که اجرای RCM و برگزاری جلسات FMEA برای تجهیزات نیروگاهی که تنها هزینه های پرسنلی در بر دارد، کاملاً توجیه اقتصادی دارد.

چالش های پیاده سازی RCM

شاید بتوان مهمترین چالش پیاده سازی RCM را تغییر نگرش مدیران سازمان نسبت به موضوع نگهداشت برشمرد. برای اجرای صحیح و نتیجه بخش، مدیران سازمان باید به این دیدگاه دست یابند که هدف از نگهداشت تنها حفاظت از تجهیزات نیست بلکه حفظ کارکرد و میزان دقت آن ها نیز مهم است. فعالیت های نگهداشت تنها برای تعمیر و پیشگیری از خرابی ها انجام نمی شود بلکه برای کاهش و یا حذف کامل آثار خرابی ها انجام می گیرد. اثرات اجرای فعالیت های نگهداشت به افزایش قابلیت دسترسی ماشین آلات و کاهش هزینه ها محدود نبوده بلکه مواردی هم چون افزایش ارزش افزوده تولید، بازده انرژی، کیفیت تولید، ایمنی در محیط کار، حفظ محیط زیست و رضایت مشتریان را نیز در برمی گیرد. مدیران سازمان باید به این باور برسند که برنامه های نگهداشت پیشگیرانه قدیمی و یا حتی پیش بینانه جدید راه حل همه مشکلات در این زمینه نیست و با انتخاب صحیح هر یک از این روش ها برای هر حالت خرابی تجهیزات می توان به اهداف مورد نظر به طور کامل دست یافت.

چالش بعدی اثبات اثر بخشی RCM به عنوان یک رویکرد مدیریتی در نگهداشت تجهیزات است. مدیران سازمان و اعضای تیم پیاده سازی باید به این باور برسند که نتیجه RCM برنامه تعمیراتی بهینه ای است که آنها را به اهداف پیش گفته می رساند. به منظور دست یابی به این هدف آنها باید مفهوم RCM را به طور کامل درک کرده و روش اجرای آن را بدانند. آموزش های قبل از پیاده سازی می تواند نقش موثری در این زمینه داشته باشد. منطق RCM بسیار ساده است و درک آن چندان دشوار نیست، آن چه این موضوع را به یک چالش اساسی بدل کرده است دور بودن مدیران از فضای کاری و کارگاهی سازمان خود است. دولتی بودن صنایع بزرگ سبب شده است که مدیران به جای تلاش برای بهبود وضعیت به آمارهای رسیده بسنده کنند و هرگز به آنچه واقعاً در سازمانشان می گذرد واقف نگردند. بدیهی است چنین مدیرانی هرگز نمی پذیرند که در سازمانشان مشکلی از بابت نگهداشت وجود دارد و RCM می تواند راه حل این مشکل



باشد. آنها به RCM به دید یک فعالیت تبلیغاتی می نگرند و این امر خود سبب شکست RCM و منفی نگری دیگر سازمان ها به آن می شود.

فرآیند RCM بسیار جزئی نگر و دقیق است و این جزئی نگری خود چالش ساز شده است زیرا پیاده سازی آن را زمان بر کرده است. تنها راه اجتناب از فرسایشی شدن جلسات آنالیز و خستگی اعضای تیم با گذشت زمان نسبتاً طولانی احساس مفید بودن اعضا و اثر بخش بودن جلسات است. برای رسیدن به این مهم حرکت کلی RCM باید بر اساس اصول و استانداردها باشد. اعضا باید قبل از جلسات آنالیز خوب آموزش دیده باشند و در هر لحظه ارزش کار خود را بدانند. اجرایی شدن بخشی از نتایج می تواند کمک شایانی به رفع این مشکل کند.

نتیجه گیری

با گسترش رقابت در عرصه تجارت جهانی، نگهداشت تجهیزات پیچیده مفهوم تازه ای به خود گرفته است. خرابی و خروج بدون برنامه تجهیزات صنعتی علاوه بر این که می تواند سازمان ها را با چالش های بسیار جدی اقتصادی رو به رو کند توان این را دارد که کشورها را با بحران های سیاسی و یا حتی جهان را با مسائل ایمنی و زیست محیطی درگیر کند. مدیریت نگهداشت به عنوان راه حلی برای رفع این مشکل شناخته شده است و RCM به عنوان یک رویکرد مدیریتی در نگهداشت می تواند نقش به سزایی در کاهش پیامدهای خرابی تجهیزات صنعتی داشته باشد. تجهیزات نیروگاهی در صنعت تولید برق نیز به شدت نیازمند مفاهیم جدید در زمینه نگهداشت است و RCM می تواند پاسخ گوی بخش اعظم نیاز این صنعت به مدیریت نگهداشت باشد. فرآیند RCM زمان بر و مرحله به مرحله است، اجرای صحیح و اصولی آن طبق استانداردهای بین المللی موجود می تواند مانع از شکست آن شده و زمینه های رشد و توسعه آن را در کشور فراهم نماید.

مراجع

[۱] جان موبری، "نگهداری و تعمیرات مبتنی بر قابلیت اطمینان"، مترجم علی زواشکیایی و رضا آزادگان، انتشارات آریانا قلم، ۱۳۸۹.

[۲] مهدی بهزاد، محمدعلی غریب، عباس روحانی، "نگاهی بر وضعیت مونیتورینگ ارتعاشات در نیروگاه های گازی کشور از گذشته تا حال"، سومین کنفرانس ملی نگهداری و تعمیرات، اردیبهشت ۱۳۸۴، تهران.

[3] A. Birolini, "Reliability Engineering Theory and Practice", Fifth Edition, Springer, 2010.

[4] "Reliability-Centered Maintenance (RCM) Handbook", United States Navy, Sea System Command, April 2007



The Essentials of Reliability-Centered Maintenance (RCM) on Power Generation Equipment

H. Masoumi¹, A. Namazi²

1, 2: Thermal Cycles and Heat Exchangers

Abstract

The lack of proper management of maintenance programs in power plants has led to imposing extra costs along with not achieving the expected results in this regard. Hence, the necessity of maintenance management in power plant industries has been studied in this paper. In this regard, reliability-centered maintenance (RCM) as a solution and innovative approach has been introduced. Concepts of Maintenance Management and Reliability are examined. The essential of implementation of RCM on power generation equipments has been investigated thoroughly and principles and standards of proper implementation of RCM have been described. Finally, challenges through the implementation of RCM have been explored.

بررسی تأثیر بکارگیری هانیکام بر دبی نشتی و گرمای تولیدی در آببندهای لایرننتی ردیف دوم توربین های گازی GE-F9

مهدی ریاضت، محمد تاجیک منصوری

پژوهشگاه نیرو، گروه سیکل و مبدل های حرارتی

چکیده

با توجه به تعداد توربین های گازی در کشور جهت تولید نیروی برق، بهبود راندمان این توربین ها از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از روش های افزایش بازده، استفاده از هانیکام در آببندهای لایرننتی می باشد که هدف از بکارگیری آن، کاهش هدر رفتن سیال کاری در بین لقی های توربین است. در این مقاله تأثیر بکارگیری هانیکام در آببندهای لایرننتی ردیف دوم توربین گازی GE-F9 بصورت عددی برای نسبت فشارهای مختلف و زوایای ورود متعدد مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج بدست آمده نشان می دهد که افزودن هانیکام باعث کاهش دبی نشتی می شود. دلیل اصلی این کاهش نشتی، کم شدن فاصله لقی در آب بند است که با بکارگیری هانیکام امکان پذیر شده است.

واژه های کلیدی: آب بند لایرننتی، هانیکام، نسبت فشار، زاویه ی ورود

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون مصرف برق در کشور، نیاز است تا تولید این انرژی افزایش یابد. برای افزایش تولید، راه های فراوانی وجود دارد اما یکی از موثرترین روش های تولید برق بیشتر، افزایش راندمان

ادوات موجود است. نه تنها افزایش بازده وسایل نیروگاهی باعث تولید بیشتر انرژی می شود بلکه این کار از هدر رفت منابع نیز جلوگیری می کند. با توجه به آنکه در کشور ما تعداد قابل توجهی توربین های گازی جهت تولید نیروی برق وجود دارد، بهبود راندمان توربین ها باعث تولید بیشتر خواهد بود. یکی از روش های افزایش بازده، استفاده از هانی کام (Honeycomb) است. هدف از استفاده از هانی کام کاهش هدر رفتن سیال کاری در بین لقی های توربین است.

در زمینه ی آب بندهای لایبرنتی تحقیقات مختلفی صورت گرفته است. کیم و چا در [۱] آب بندهای مستقیم (Straight) و پله ای (Stepped) برای مقدار لقی ها و نسبت فشارهای مختلف را بررسی کرده اند. آنها نشان دادند که در آب بندهای مستقیم با عبور جریان از هر کرام از حفره ها (Cavity)، گردابه ی ایجاد شده در هر کدام از حفره ها باعث افت فشار می شود. آنها نشان دادند که روش تحلیل KTK (knife to knife) برای نسبت فشار ۲ دارای جواب نزدیک به داده های آزمایشگاهی است، در حالی که روش های محاسبات عددی دارای تطابق بهتری است. همچنین لی و همکاران در [۲] نشان دادند که در صورت کاهش عمق هانی کام در حالی که لقی ثابت است میزان دبی نشتی کاهش می یابد. میلوارد و ادوارد در [۳] به بررسی تاثیرات دمایی آب بند لایبرنتی پرداخته اند و نشان داده اند که در صورت ثابت باقی ماندن لقی میزان افزایش دما برای آب بند همراه با هانی کام ۱۵ درصد بیشتر از حالت بدون هانی کام است. آنها رابطه ی (۱) را برای اختلاف دمای ایجاد شده پیشنهاد داده اند.

$$\Delta T = Cms \times \pi X \rho \omega^3 r_m^4 / m C_p \quad (1)$$

که در آن مقدار Cms برابر با

$$Cms = 6 \times 10^{-5} (Cw/Re)^{0.55} \times n^{-0.65} \quad (2)$$

است. میزان خطای معادله ی (۱) تقریباً برابر با ۲۰ درصد بیان شده است.

محاسبات

تعریف مسئله

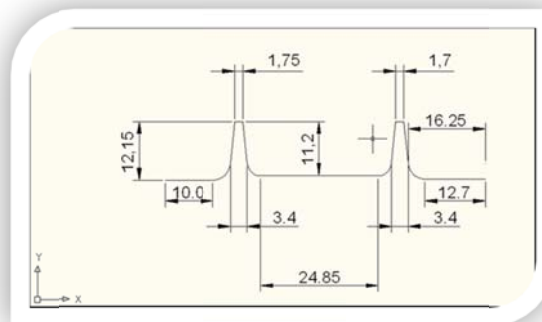
در این مقاله به بررسی تاثیر هانی کام کردن آب بندهای لایبرنتی مرحله ی دوم توربین، در توربین های Frame 9 شرکت GE (General Electric) پرداخته خواهد شد. ابعاد اندازه گیری شده برای این آب بند به صورت شکل و شکل است.

لازم به ذکر است که لقی در نظر گرفته شده برای دو حالت هانیکام دار و بدون هانیکام با استفاده از میانگین لقی های بیشینه و کمینه در مشخصات دفترچه تعمیر و نگهداری شرکت GE محاسبه شده است. مقدار لقی برای مسئله ی بدون هانیکام برابر ۷.۴۶ و برای مسئله ی همراه با هانیکام برابر با ۳.۶۳ است. همچنین در شبیه سازی، عمق هانیکام برابر با ۱.۵۹ میلی متر (۱/۱۶ اینچ) قرار داده شده و با توجه به کم بودن ضخامت آن (۰.۱ میلی متر)، این ضخامت صفر در نظر گرفته شده است.

محاسبات عددی

برای شبیه سازی جریان در فاصله ی لقی بین پره توربین و دیواره و لایبرنت ها نیازی به پرداختن به تمام پره توربین (۳۶۰ درجه) نیست؛ بلکه تنها نیاز است تا قسمت کوچکی از آن مدل شده و شرط مرزی پریودیک برای دیواره ها قرار داده شود. برای بهبود مدل انتخاب شده تنها فاصله ی ۶ میلی متری (۰.۲۶ درجه) از آب بند مدل شده است (فاصله ای به اندازه ی دو هانیکام). با توجه به کوچک بودن زاویه ی انتخاب شده آب بند به جای منحنی خط صاف در نظر گرفته شده است.

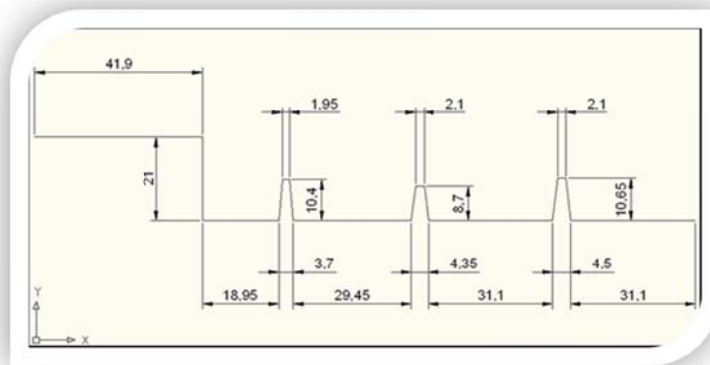
با توجه به آنکه پیچیده بودن شکل مسئله و مسیر جریان باعث ایجاد گرادیان های شدیدی در متغیرهای اصلی جریان در مکان های مشخصی می شود لازم است تا در این مکان ها سلول های محاسباتی افزایش یابد. به عبارت دیگر نیاز است تا در این مکان ها سلول ها ریز شوند. ریز کردن شبکه در محلی خاص در شبکه های با سازمان باعث ریز شدن شبکه در سایر نقاط می شود (که معادل با افزایش محاسبات است)؛ لذا در اینجا از شبکه ی بی سازمان استفاده شده است.



شکل ۱: اندازه ی پوسته ی توربین (shroud segment)

با توجه به رینولدز بالای سیال در توربین، جریان عبوری جریانی آشفته خواهد بود بنابراین مدل سازی آشفته گی نیز باید مورد بررسی قرار گیرد. برای مدل سازی آشفته گی از مدل $k-\epsilon$ حالت Realizable و تابع

دیواره ی استاندارد استفاده شده است. با توجه به آنکه نیاز است تا میزان افزایش دمای ناشی از اصطکاک جیم دوار و سیال مشخص شود لازم است تا تنش های روی دیواره به درستی محاسبه شود بنابراین از شبکه ی لایه مرزی نزدیک دیواره استفاده شده است. مهمترین پارامتری که تعیین کننده ی درستی محاسبات تنش دیواره یعنی ضخامت لایه ی اول برابر با 0.002 میلی متر در نظر گرفته شده است. محاسبات نشان می دهد که انتخاب این ضخامت، باعث می شود تا مقدار بیشینه ی y^+ بر روی دیواره برابر با 2.5 شود (بیشینه مقدار مجاز برابر با 5 است).



شکل ۲: اندازه ی پره ی توربین (z-notch)

پارامترهای فیزیکی

جدول ۱: پارامترهای فیزیکی

مقدار یا نوع	شرایط مسئله
۲۰۰۰۰۰ پاسکال	فشار خروج
فشار خروج \times نسبت فشار	فشار ورودی
۲.۱، ۱.۹، ۱.۷، ۱.۵، ۱.۳، ۱.۱	نسبت فشار
۹۶۵.۱۸ درجه سانتی گراد	دمای ورود
۸۰۶.۵۲ درجه سانتی گراد	دمای خروج
۱۰، ۲۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ درجه	زاویه ی ورود سیال
۳۰۰۰ دور بر دقیقه	سرعت چرخش
۲.۶۱ متر	قطر پره
آدیاباتیکی	دیواره
هوا (گاز ایده آل)	سیال

داده ها نشان می دهند که دمای ورودی و خروجی توربین به ترتیب ۱۰۲۴ و ۵۴۸ درجه سانتیگراد است، با توجه به آنکه در هر سه مرحله توربین اختلاف دما یکسان است [۴]، دمای خروجی و ورودی در شبیه سازی مشخص شده است.

صحه گذاری

با توجه به آنکه شبیه سازی برای مسئله صنعتی خاص انجام شده؛ لذا مسئله مشابهی در مقالات برای صحه گذاری وجود ندارد. همچنین بررسی با پارامترهای بی بعد نیز (با توجه به شکل خاص) امکان پذیر نمی باشد. با توجه به مطلب گفته شده و صرفاً جهت بررسی انتخاب درست پارامترهای شبیه سازی، مسئله بررسی شده در [۵] دوباره شبیه سازی شده است و نتایج حاصل از آن در جدول آمده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود، میزان تفاوت دبی نشتی در محاسبات انجام شده در این مقاله و مقاله [۵] بسیار ناچیز است. همچنین برای مطمئن شدن از مستقل بودن جوابهای ارائه شده در بخش های پیشرو جدول ارائه شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود با افزایش تعداد سلول، تغییرات دبی نشتی کمتر از یک درصد است.

جدول ۲: مقایسه ی دبی نشتی

تسبب فشار	دبی نشتی [۵] (kg/s)	دبی نشتی محاسباتی (kg/s)
۱.۱	۰.۱۸	۰.۱۸
۱.۳	۰.۳۴	۰.۳۴
۱.۵	۰.۴۶	۰.۴۶
۱.۷	۰.۵۷	۰.۵۸
۱.۹	۰.۶۶	۰.۶۶

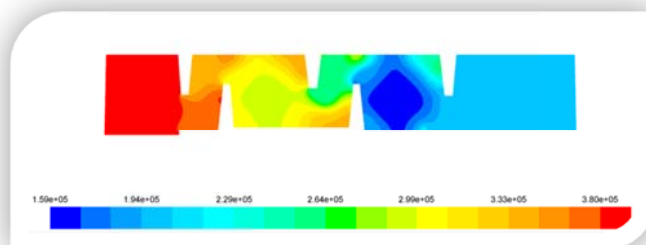
جدول ۳: درصد افزایش دبی نشتی با افزایش تعداد سلول های شبکه

درصد افزایش دبی نسبت به دبی اولیه	دبی نشتی (kg/s)	درصد افزایش سلول نسبت به شبکه اولیه	تعداد سلول شبکه
% ۰	۰.۰۰۳۴۰۰	% ۰	۱۰۹۹۲۰۰
% ۰.۳۵	۰.۰۰۳۳۸۸	% ۱۷	۱۲۸۶۰۲۳
% ۰.۵۱	۰.۰۰۳۳۸۳	% ۵۷	۱۶۹۹۴۰۸

نتایج

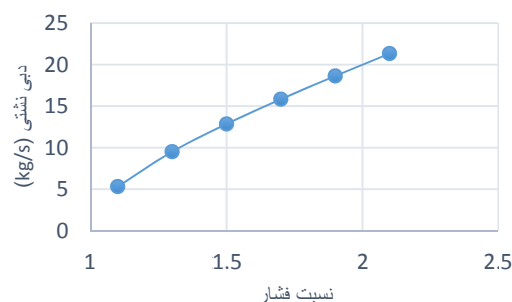
تأثیر نسبت فشار

از پارامترهای مهم بررسی آببندهای لابیرنتی و دبی نشتی آنها، نسبت فشار است. با توجه به شکل می توان گفت که فشار ورود بعد از گذشت از سه افت فشاری که بعد از تیغه ها رخ می دهد به فشار خروجی می رسد. نسبت فشار به صورت مستقیم بر روی سرعت ها تأثیر می گذارد. به عبارت دیگر افزایش نسبت فشار باعث افزایش مسانگین سرعت و همچنین بیشینه ی سرعت می شود. به عنوان نمونه در نسبت فشار ۱.۱، بیشینه سرعت برابر با ۲۱۲ متر بر ثانیه؛ در حالی که در نسبت فشار ۲.۱، بیشینه سرعت برابر با ۶۶۳ متر بر ثانیه است. این افزایش چشمگیر سرعت ناشی از افزایش نسبت فشار است. با توجه به آنکه با افزایش نسبت فشار، سرعت های میانگین و بیشینه افزایش می یابد لذا پیش بینی می شود که افزایش نسبت فشار باعث افزایش میزان نشتی در سیل های لابیرنتی شود. همانطور که در شکل ۴ دیده می شود با افزایش نسبت فشار، میزان دبی نشتی نیز افزایش داشته است. همانطور که در این شکل دیده می شود رابطه ی بین نسبت فشار و میزان دبی نشتی خطی می یابد که با رابطه ی موجود در [۶] همخوانی دارد.

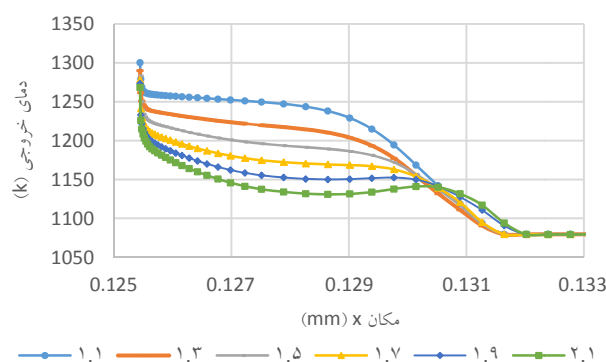


شکل ۳: کانتور فشار برای نسبت فشار ۱.۹ و زاویه ی ورود ۹۰ درجه

از دیگر تأثیرات تغییر نسبت فشار، تغییر توزیع دمای خروجی است. همانطور که قبلا اشاره شده است، افزایش نسبت فشار باعث افزایش سرعت می شود و این امر باعث تأثیرپذیری کمتر جریان از تنش برشی و گرمای حاصل از آن می شود بنابراین می توان گفت که دمای سیال کمتر دچار تغییر می شود. بنابراین می توان انتظار داشت تا میانگین دمای خروجی کاهش یابد. همانطور که در شکل ۵ مشاهده می شود میانگین دمای خروجی با افزایش نسبت فشار، کاهش می یابد.



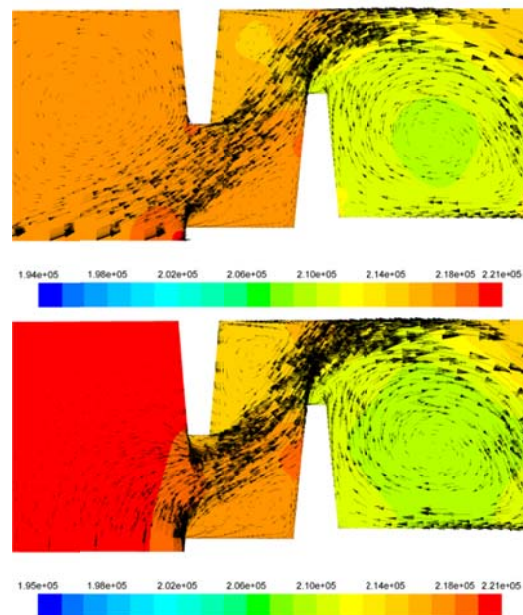
شکل ۴: نمودار دبی ناشی بر حسب نسبت فشار (بدون هانیکام)



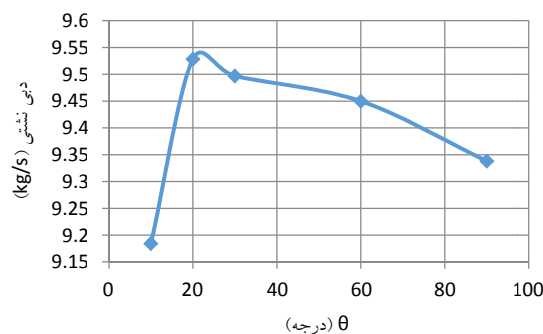
شکل ۵: توزیع دمای خروجی برای نسبت فشارهای مختلف با زاویه ی ورود ۳۰ درجه (بدون هانیکام)

تأثیر زاویه ی ورود

زاویه ی ورودی جریان به فضای خالی بین پره دوار و پوسته ی توربین می تواند باعث سهولت یا دشواری در حرکت سیال در فضای خالی ابتدایی باشد. با توجه به شکل ۶ می توان مشاهده کرد که در صورت ورود جریان یا زاویه ی ۲۰ درجه سیال، کاملاً در راستای فضای خالی بین تیغه ی پوسته و پره در حال حرکت است؛ این در حالی است که با ورود جریان با زاویه ی ۹۰ درجه، جریان نیاز دارد تا به سمت تیغه چرخش کند. عامل این چرخش، گرادیان فشاری است که در جهت عمود بر مسیر سیال وجود دارد. این گرادیان فشار باعث می شود تا مقداری از توان کاری سیال کاهش یابد که این پدیده خود را به صورت کاهش فشار در همان ابتدای مسیر نشان می دهد. با توجه به شکل ۷ می توان مشاهده کرد که در ۲۰ درجه بیشترین دبی خروجی وجود دارد. البته لازم به ذکر است که تأثیر زاویه ی ورودی نسبت به تأثیر نسبت فشار بسیار اندک است به صورتی که تغییرات زاویه ی ورود بر روی ناشی کمتر از ۴ درصد است.



شکل ۶: زاویه ی ورود برای نسبت فشار ۱.۱ (شکل بالا زاویه ۲۰ و شکل پایین زاویه ۹۰ درجه)

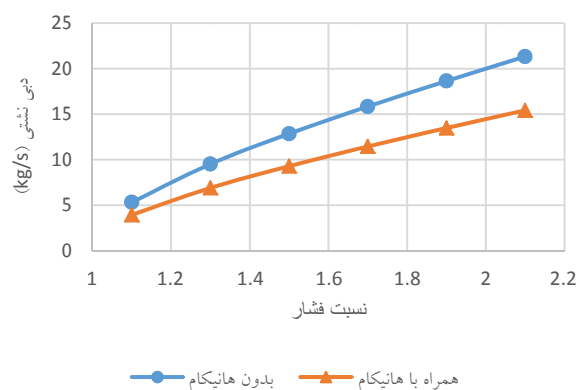


شکل ۷: دبی نشتی برای زوایای مختلف ورودی

تاثیر افزودن هانیکام

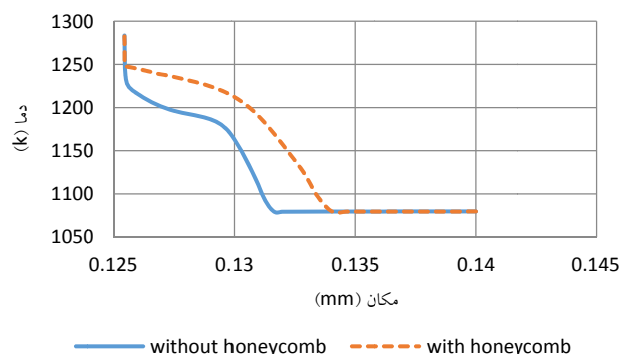
نکته ای که در این مقاله به آن توجه شده است آن است که در صورت اضافه کردن هانیکام، میزان لقی و فضای خالی کاهش یابد در صورتی که در بسیاری از مقالات، هانیکام ها در حالی مورد بررسی قرار می گیرند که اضافه کردن آنها منوط به ثابت ماندن لقی در بررسی است (در صورت اضافه کردن هانیکام و ثابت نگه داشتن لقی، میزان دبی افزایش می یابد که این پدیده دور از هدف اصلی استفاده از هانیکام می باشد)؛ این در حالی است که دلیل اضافه کردن هانیکام دادن توانایی به تکنسین ها برای کاهش میزان لقی

است (در اینجا مقدار لقی از ۷.۶۴ میلی متر به ۳.۶۳ میلی متر کاهش یافته است) و بسیاری از شرکت های بزرگ تولید کننده ی توربین گاز، این راهکار را برای کاهش دبی پیشنهاد می دهند. همانطور که در شکل ۸ مشاهده می شود میزان دبی نشتی در صورت افزودن هانیکام به طور قابل ملاحظه ای کاهش می یابد. میزان کاهش دبی تقریباً مستقل از نسبت فشار بوده و برای تمامی موارد تقریباً برابر با مقدار ۲۷ درصد می باشد. و هم در حالت هانیکام دار و هم در حالت بدون هانیکام میزان افزایش دبی نشتی نسبت به افزایش فشار خطی است. بنابراین از این نمودار نیز می توان برداشت نمود که میزان کاهش دبی با افزودن هانیکام مستقل از نسبت فشار باشد.



شکل ۸: دبی نشتی برای آب بند همراه با هانیکام و بدون آن برای نسبت فشارهای مختلف

البته با توجه به [۵] می توان گفت که در صورت برداشتن هانیکام و ثابت ماندن لقی در مقدار ۳.۶۳ میلی متر میزان دبی ۱۵ درصد دیگر نیز کاهش می یابد. اما قرار دادن لقی در این مقدار در صنعت به دلیل نوسانات پره های توربین و احتمال سایش لبه ی پره ی توربین با پوسته ی توربین امکان پذیر نمی باشد. از مضرات استفاده از هانیکام افزایش دمای خروجی است. همانطور که در شکل ۹ دیده می شود



شکل ۹: توزیع دمای خروجی برای دو حالت همراه و بدون هانیکام

در حالتی که هانیکام افزوده می شود دمای خروج یبه صورت محسوسی افزایش می یابد. دلیل این امر را می توان کاهش لقی بیان کرد که باعث تاثیرپذیری بیشتر جریان از گرمای تولیدی بر اثر اصطکاک بین سیال و توربین دوار است.

نتیجه گیری

با توجه به شبیه سازی انجام شده می توان گفت که در صورت افزایش فشار ورودی که معادل با افزایش نسبت فشار است، دبی نشتی به صورت خطی افزایش پیدا می کند. این افزایش خطی حتی در حالتی که هانیکام اضافه شده است نیز وجود دارد. زاویه ی ورودی جریان نیز پارامتر دیگری است که در میزان نشتی و همچنین شکل جریان ورودی تاثیر می گذارد اما این تاثیر متغیر و کم بوده و کمتر از ۴ درصد است. بنابراین با توجه به تاثیر قوی نسبت فشار بر روی جریان، می توان برای سهولت محاسباتی از این عامل صرف نظر کرد اما در نظر گرفتن آن باعث افزایش دقت محاسبات می شود. افزودن هانیکام باعث کاهش دبی نشتی ۲۷ درصدی می شود. می توان این مطلب را بیان کرد که دلیل اصلی این کاهش نشتی، کم شدن فاصله ی لقی در آب بند است؛ که با وجود هانیکام امکان پذیر شده است. از مضرات استفاده از هانیکام افزایش دمای خروجی است. جریان با دمای بالاتر با جریان خروجی از پره مخلوط شده و تاثیر نامطلوبی بر روی آن می گذارد.

نمادها

جدول ۵: نمادها

نماد	معنا	نماد	معنا
C_w	عدد جریان $(\dot{m}/\mu r_R)$	π	نسبت فشار
Re	رینولدز چرخشی	X	طول آب بند در راستای x
n	تعداد دندانه ها	r_R	شعاع روتور
T	دما	ρ	چگالی هوا
F	نیروی مقاوم	ω	سرعت چرخشی روتور
W	توان اتلافی	r_m	شعاع میانگین



منابع

- [1] T.S. Kim, K.S. Cha, "Comparitive Analysis of the Influence of labyrinth Seal Configuration on leakage behaviour," J.D. Chang, vol. 23, pp. 2830-2838, October 2009.
- [2] J. Li, Sh. Kong, X. Yan, Sh. Obi, Zh. Feng, "Numerical Investigation on Leakage Performance of the Rotating Labyrinth Honeycomb Seal," Dilip R. Ballal, vol. 132, June 2010.
- [3] J.A. Milward, M.F. Edwards, "Windage Heating of Air Passing Through Labyrinth Seals," E.M. Greitzer, vol. 118, pp. 414-419, April 1996.
- [4] H. Cohen, H.I.H. Saravanamuttoo, Rogers, and G.F.C., Gas Turbine Theory. Canada: Pearson Education Canada, 2008.
- [5] X. Yan, J. Li, L. Song, and Z. Feng, "Investigations on the Discharge and Total Temperature Increase Characteristics of the Labyrinth Seals With Honeycomb and Smooth Lands," D. Wisler, vol. 131, pp. 1-8, October 2009.
- [6] J. Li, S. K, X. Yan, Sh. Obi, Zh, Feng, "Numerical Investigation on Leakage Performance of the Rotating Labyrinth Honeycomb Seal," Dilip R. Ballal, vol. 132, June 2010.



Investigation of the effect of honeycomb installation on flow leakage in GE F9 gas turbine

M. Riazat¹, M. Tajik Mansouri²

1, 2: Thermal Cycles and Heat Exchangers

Abstract

One of the efficient ways to improve efficiency in a gas turbine is applying honeycomb material in shroud blocks. Honeycomb allows contact between the bucket tip and casing shrouds during transient operation and provides relatively tight clearances during steady state operation which leads to reduce working fluid leakage in clearances. In the present work, a numerical analysis is performed in different pressure ratio to investigate the effect of honeycomb installation in Stage 2 GE-F9 gas turbine shroud block. The results show that due to decreasing the sealing clearances are designed to reduce bucket tip leakage (which became possible using honeycomb in labyrinth seal) leakage flow rate is decreased.

انجمن صنفی نیروگاه های کشور

انجمن صنفی کارفرمایی شرکتهای بهره برداری و نگهداری نیروگاه های کشور



آشنایی با انجمن صنفی نیروگاه های ایران (اصنا)

اکبر نمازی تجرق

انجمن صنفی نیروگاه های ایران که به شکل اختصاری اصنا نامیده می شود در تاریخ ۳۰/۱۱/۸۶ در وزارت کار و امور اجتماعی به ثبت رسید. دلیل اصلی شکل گیری این انجمن که اعضای آن ماهیت کارفرمایی دارند به واگذاری نیروگاه ها به بخش خصوصی مربوط می شود. از آنجایی که وزارت نیرو یکی از وزارتخانه های پیش رو در اجرای اصل ۴۴ قانون اساسی به شمار می رود نیروگاه ها از اولین بخش های این وزارتخانه بود که به بخش خصوصی واگذار گردید. لیکن نکته ای که باعث نگرانی صاحب نظران و متخصصان صنعت برق شد احتمال ضعیف شدن حلقه های ارتباطی بین نیروگاه ها بود، به نحوی که زنجیره مواصلاتی این نیروگاه ها به دلیل از بین رفتن حلقه واسط وزارت نیرو به عنوان مالک این نیروگاه ها دچار سستی و کاستی شود. از این رو این انجمن فعالیت خود را جدا از فعالیت های مرتبط حاکمیتی و مالکیتی به صورت سندیکایی و با عضویت شرکت های مدیریت تولید برق و نیروگاه های تابعه آغاز کرد و در حال حاضر با حدود ۵۰ عضو حقوقی فعالیت های خود را پیگیری می نماید.

این انجمن همکاری های گسترده ای با وزارت نیرو و توانیر دارد و بر اساس هماهنگی های صورت گرفته با وزارت نیرو صدور پروانه فعالیت نیروگاه ها به این انجمن واگذار شد و همچنین در ابلاغ دفتر خصوصی سازی وزارت نیرو و براساس دستور معاونت برق و انرژی وزارت نیرو، دفتر خصوصی سازی وزارت نیرو، دفتر فنی شرکت توانیر و انجمن اصنا به شکل مشترک مسؤل بررسی صلاحیت متقاضیان احداث نیروگاه های جدید می باشند. همچنین ارزیابی کیفی سالانه نیروی انسانی و تجهیزات و عملکرد نیروگاه های کشور نیز از طریق اصنا انجام می پذیرد، به طوری که یکی از شروط صدور مجدد پروانه در وزارت نیرو و شرکت توانیر، اخذ تأییدهای سالانه از اصنا می باشد. در ارتباط با شرکت توانیر مقرر گردید که صدور مجوز شرکت های تعمیراتی نیروگاه ها نیز به اصنا واگذار شده است. انجمن با توجه به تنوع خدمات درخواستی اعضا اقدام به ایجاد کمیته های تخصصی نموده که سرویس های مورد درخواست اعضا را ارایه می نماید. این کمیته ها شامل:

آموزش، حقوقی، فنی، افزایش راندمان، اقتصادی، شیمی، ممیزی انرژی، ارزیابی صدور پروانه نیروگاه ها، ارزیابی تأییدیه شرکت های تعمیراتی، نیروی انسانی، ساخت داخل، H. S. E و ارزیابی توان اجرایی نیروگاه ها می باشد که طیف گسترده خدمات، از تأمین نیروی انسانی تا آموزش پرسنل و پیگیری مسایل حقوقی و سایر مواردی که براساس شرح وظایف این کمیته ها می باشد را شامل می شود. همچنین جهت شناسایی برترین نیروگاه کشور به صورت سالانه جایزه ای توسط کارشناسان این انجمن تعیین شده که به نام جایزه ابنا نام گرفته است و در واقع عبارت اختصاری "ارزشیابی برترین نیروگاه های ایران" می باشد. در زمینه آموزش هم این انجمن سالانه حدود ۱۰ همایش تخصصی در اقصی نقاط کشور برگزار می کند و هدف از آن ارتقای سطح دانش و به روز رسانی اطلاعات پرسنل نیروگاه ها، ارائه راه حل مشکلات و مسایل مبتلا به فنی و معرفی توانمندی های ایشان در صنعت تولید برق می باشد.

انجمن در خصوص محیط زیست اقدام به ایجاد کمیته H. S. E نمود که جهت بررسی سلامت فعالیت ها، فرهنگ سازی و ارزیابی کیفی در ارتباط با کلیه فعالیت های H. S. E. اعضای انجمن، شکل گرفته است. مسؤلیت انجام این مهم به شرکت مدیریت تولید برق جنوب فارس واگذار گردیده است. این شرکت با تشکیل گروهی ۲۲ نفره و بررسی فعالیت های نیروگاه ها و با هماهنگی انجمن نسبت به شناسایی برترین ها و تخصیص مزایای ویژه به آنان اقدام می نماید.

اهداف انجمن اصنا عبارتند از:

۱. ارتقاء سطح امنیت عرضه برق در کشور.
۲. ارتقاء مستمر کارایی اعضا.
۳. ایجاد هم افزایی بین اعضای انجمن جهت کاهش هزینه های بهره برداری، نگهداری و تعمیرات و افزایش آمادگی نیروگاه ها.
۴. دفاع از منافع مشترک حرفه ای اعضای انجمن.
۵. بهبود شرایط اقتصادی و اجتماعی اعضا.
۶. فرهنگ سازی و ارتقاء سطح آگاهی و دانش اعضا با به کارگیری «مدیریت دانش».
۷. توسعه مشارکت بخش خصوصی در عرصه تولید برق و رقابتی نمودن خرید و فروش برق در بازار برق کشور.

برای آشنایی بیشتر با این انجمن می توان به وب سایت <http://asnapower.ir> مراجعه نمود.

مروری بر فرآیند Oxy Fuel در نیروگاه ها

محمد تاجیک منصوری

۱- فناوری Oxy Fuel در نیروگاهها

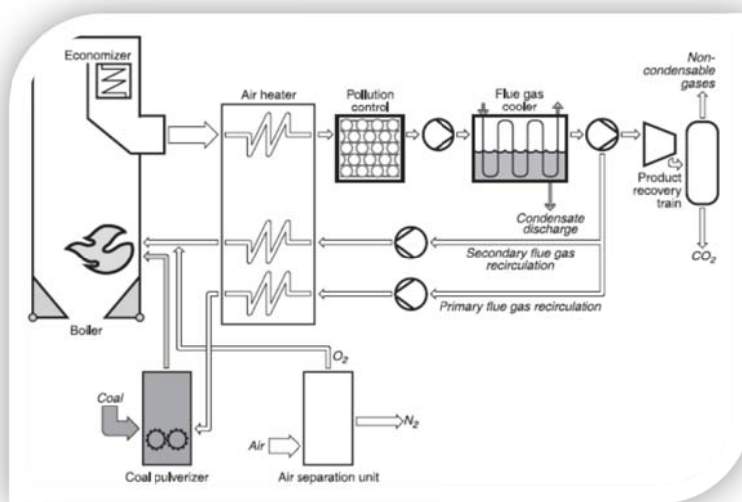
بررسی فناوری های افزایش عمر نیروگاههای موجود، مستلزم در نظر گرفتن روند تغییرات قوانین زیست محیطی می باشد، به نحوی که کارکرد نیروگاه با رعایت این استانداردها را در بازه زمانی آینده تضمین کند. تولید انرژی از سوخت های فسیلی منجر به انتشار گازهای گلخانه ای شده است. یکی از اصلی ترین این گازها CO₂ و یکی از صنایع اصلی تولید کننده دی اکسید کربن نیروگاه های تولید برق می باشند. در این میان، توجه به فناوری های کاهش انتشار از نیروگاهها، با توجه به سهم عظیم این صنعت در میزان انتشار گازهای آلاینده حائز اهمیت است. در فناوری oxy fuel، اکسیژن از هوا جدا شده و با کسری از جریان دود خروجی از بویلر مخلوط می شود. سوخت با جریان گاز ایجاد شده محترق می شود و کسری از دود مجدداً به چرخه بازگردانده می شود. بخار آب چگالیده می شود و از جریان دود حذف می شود تا گاز CO₂ با غلظت بالا ایجاد شود.

۱-۱- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاه های بر پایه سیکل رانکین

نیروگاههای حرارتی مجهز به فناوری جداسازی گاز دی اکسید کربن تولید در آینده تولید صنعت برق در دنیا نقش مهمی خواهند داشت. با توجه به الزامات کنترل میزان انتشار گازهای گلخانه ای از نیروگاهها، نوسازی نیروگاههای موجود با فناوریهای کاهش انتشار، می تواند به عنوان یکی از راهکارهای توسعه عمر بهره برداری این واحدها بکار گرفته شود. در این میان، فناوری Oxy fuel می تواند، هم برای طراحی و توسعه واحدهای جدید و هم برای نوسازی واحدهای موجود بکار گرفته شود چرا که سیکل بخار نیروگاه را تحت تأثیر قرار نخواهد داد. همچنین با طراحی مناسب می توان تغییرات لازم در بویلر و تجهیزات کمکی را به حداقل رساند [۱]. در سالهای اخیر، بیشترین حجم فعالیت تحقیق و توسعه مربوط به فناوری Oxy fuel مربوط به بکارگیری این فناوری در نیروگاههای زغالسوز می باشد. هرچند تحقیقاتی نیز بر روی نوسازی مشعلهای سوخت مایع یا گاز با فناوری سوخت اکسیژن صورت گرفته است [۳ و ۲].

در روش Oxy fuel بجای احتراق سوخت و هوا، سوخت با اکسیژن و نسبتی از جریان دود برگشتی می سوزد. در نتیجه دود حاصل عمدتاً شامل بخار آب و دی اکسید کربن است که جداسازی و ذخیره سازی CO₂ برای مصارف بعدی از این جریان بسیار آسان تر از روش های معمول می باشد. در این روش CO₂ تولیدی را می توان تا ۱۰۰٪ جمع آوری و ذخیره کرد و با حذف نیتروژن از احتراق در این روش، تولید NO_x به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. به دلیل تغییر خصوصیات گازهای شرکت کننده در احتراق، فرایند مذکور نسبت به احتراق در سیستم های هوا سوز رفتار متفاوتی دارد که در بکارگیری این فن آوری در نیروگاه ها باید مورد توجه قرار گیرد [۴]. در فناوری oxy fuel انباشت گاز دی اکسید کربن در دود از ۱۷٪ جرمی به ۷۰٪ جرمی افزایش می یابد. دی اکسید کربن پس از سرد کردن و فشرده سازی به منظور ذخیره و انتقال، آماده استفاده یا دفن در زیر زمین می شود. در احتراق oxy fuel اصلاحات و اضافاتی در فناوری سوخت زغال سنگ پودری نسبت به حالت مرسوم انجام می گیرد که شامل اضافه نمودن واحد جداسازی هوا برای تهیه اکسیژن، سیستم برگشت دود به سیکل، واحد فشرده سازی CO₂، انتقال و ذخیره سازی می باشد. بهره برداری از این تجهیزات اضافه ممکن است باعث کاهش کارایی سیکل شود. به علاوه هزینه سرمایه گذاری و بهره برداری را نیز افزایش می دهد. [۵]

فناوری Oxy fuel نخستین بار توسط آبراهام در سال ۱۹۸۲ برای تولید گاز با خلوص بالای دی اکسید کربن جهت تزریق در چاههای نفت ارائه گردید [۶]. پس از آن تحقیقات مربوطه عمدتاً با همین هدف ادامه پیدا کرد و مطالعات فنی اقتصادی و ساخت پایلوت های مختلفی از این فناوری صورت گرفت.



شکل ۱: سیکل Oxy fuel نیروگاه [۱]

در بکارگیری این فناوری در واحدهای موجود می بایست در نظر داشت که ویژگی های احتراق با مخلوط اکسیژن و دود برگشتی دارای تفاوتی با احتراق با هوا می باشد. در بخش تشعشی بویلر، کسر حجمی زیاد آب و CO₂ در گازهای درون بویلر منجر به تشعشع حرارتی بیشتر گاز می شود، بنابراین انتقال حرارتی تابشی در بویلری که برای استفاده در فناوری oxy-fuel آماده شده است، بیشتر خواهد بود. بنابراین با کسر حجمی اکسیژن کمتر از ۳۰٪ در فناوری oxy-fuel می توان به انتقال حرارت مشابه با سیستم های معمول دست یافت. همچنین، حجم گازهای عبوری از کوره در فناوری oxy-fuel نسبت به سیستم رایج مقدار کمی کاسته می شود و حجم دودهای عبوری از (پس از بازیافت کسری از دود) حدود ۸۰٪ کاهش می یابد. در فناوری oxy fuel با سیستم جمع آوری CO₂ کسر قابل توجهی از انرژی تولیدی در بخش های مختلف جداسازی و انباشت CO₂ مانند بخش فشرده سازی گاز مصرف می شود، این مصرف انرژی در نیروگاه های مرسوم بدون سیستم جمع آوری دود وجود ندارد، از این رو نیروگاه های oxy fuel بازده کمتری در تولید توان دارند. اگر چه بازدهی بیشتری نسبت به نیروگاه های معمولی با سیستم جمع آوری CO₂ که در آن ها انرژی زیادی صرف جداسازی CO₂ از یک جریان رقیق می شوند، خواهند داشت [۷]. همانطور که پیشتر اشاره گردید، بیشتر تحقیقات صورت گرفته در سالهای اخیر در مورد نوسازی واحدهای موجود با فناوری Oxy fuel، به واحدهای زغالسوز اختصاص داشته است. با این وجود با توجه به تشابه میان این واحدها و واحدهای بخاری با سوخت مایع و گاز در موارد متعدد، می توان انتظار داشت که این تحقیقات قابل توسعه بر روی واحدهای مذکور می باشد.

۱-۲-۲- بکارگیری احتراق سوخت اکسیژن در نیروگاههای بر پایه سیکل برایتون

همانطور که در ابتدا اشاره گردید، فناوری Oxy fuel با سیکلهای توانی متعددی توسعه یافته است که هر یک دارای شرایط کارکردی، اجزا و طراحی های مختلف ترمودینامیکی می باشند. در ادامه، مروری بر سیکلهای توانی بر پایه سیکل برایتون صورت می گیرد و در مورد طراحی ترمودینامیکی هر یک از این سیکلهای بحث خواهد شد:

۱-۲-۱- Advanced Zero Emission Power Plant [۸]

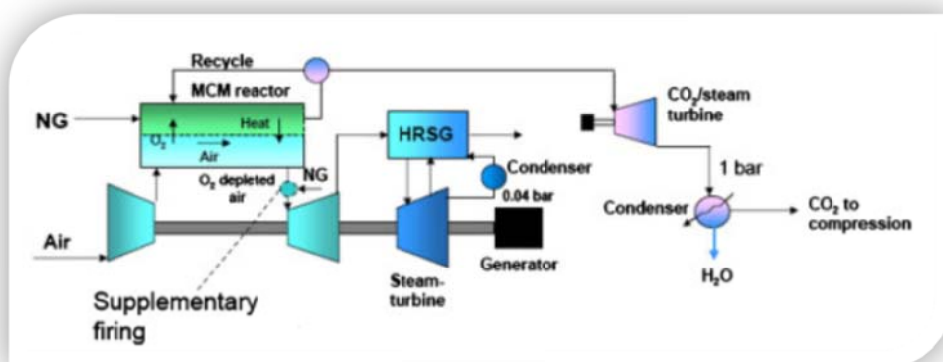
سیکل پیشرفته نیروگاه بدون انتشار آلاینده، یک سیکل Oxy fuel بر پایه سوخت متان یا گاز طبیعی است که در آن سیستم احتراقی موجود، با راکتورهای غشای انتقال یون^۱ و در نتیجه میزان کاهش راندمان

^۱ ion-transport membrane (ITM)

نیروگاه به واسطه سیستم جداسازی اکسیژن، کمتر خواهد بود. بطور خاص، استفاده از این فناوری موجب کاهش ۵ درصدی در راندمان یک نیروگاه ۵۰۰ مگاواتی می گردد که در مقایسه با افت ۹ درصدی راندمان با استفاده از سیستم جذب دی اکسید کربن به روش پسا احتراق میزان کمتری خواهد بود. راندمانهای حرارتی که برای این سیستم گزارش شده است، برای سیستمهای ساده و بدون در نظر گرفتن بهینه سازی، بین ۵۰ تا ۵۲.۵ درصد است.

مفهوم AZEP شامل ترکیب یک سیکل برایتون و یک سیکل بخار پایین دستی می باشد که میتوان به آن یک توربین بخار/دی اکسید کربن و یا یک بویلر بازیاب برای استفاده از حرارت موجود در محصولات خروجی از ITM اضافه نمود. در این سیکل، هوای فشرده و گاز طبیعی بطور جداگانه وارد ITM می گردند. همچنین برای کنترل دمای راکتور، بخشی از دود خروجی از توربین نیز وارد راکتور می شود. سپس اکسیژن توسط غشا جدا گردیده و سوخت اکسید می گردد که موجب تولید دود با درصد بالای دی اکسید کربن می شود. این دود سپس بسته به طراحی، وارد بویلر بازیاب می گردد یا وارد توربینی شبیه به توربین بخار می شود که می تواند با چنین مخلوط گازی با درصد بالای دی اکسید کربن تولید برق کند. علاوه بر این، با توجه به اینکه میزان انتقال حرارت بین مخلوط سوخت اکسید شده و هوای با غلظت پایین اکسیژن زیاد می باشد و این هوا دارای محتوای بالای انرژی خواهد بود، یک توربین گازی برای تولید کار از این جریان تعبیه گردیده است. سپس بخار آب موجود در این جریان تقطیر و جدا می گردد و CO₂ باقیمانده نیز برای استحصال فرآوری می شود.

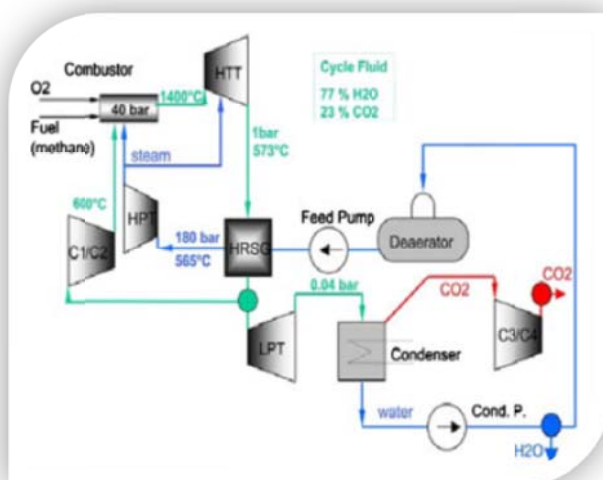
یکی از مهمترین مزایای سیکل AZEP، امکان استفاده از تجهیزات متداول نیروگاهی برای توربین و کمپرسور است که موجب کمتر بودن هزینه جذب دی اکسید کربن در این واحدها نسبت به واحدهای سیکل ترکیبی تا ۵۰ درصد می باشد.



شکل ۲: شماتیک ساده شده سیکل AZEP [۸]

[۸] ۲-۲-۱ - Graz and water cycle

سیکل Graz، که در دانشگاه Graz توسعه داده شده است، دارای راندمان بالا و بدون انتشار آلاینده، با امکان استفاده از سوختهای گاز طبیعی، سوخت سنتزی و نیز زغالسنگ است. سیکل Graz از تلفیق یک سیکل برایتون دما بالا و یک سیکل رانکین دما پایین تشکیل گردیده است. همانطور که در شکل دیده می شود، اکسیژن فشار بالا که توسط واحد جداسازی هوای کرایوجنیک تأمین می گردد، به همراه سوخت در فشار ۴۰ بار وارد محفظه احتراق می شود. دمای محفظه احتراق در حدود ۱۴۰۰ درجه است و برای کاهش دمای محفظه، بخشی از دی اکسید کربن و بخار آب خروجی به محفظه احتراق بازگردانده می شود. سپس محصولات احتراق که نسبت به CO_2 و H_2O غنی میباشند در یک توربین منبسط می گردد. در نهایت بخار آب موجود در دود تقطیر گردیده و CO_2 موجود در دود جدا می گردد. آب جدا شده مجدداً وارد سیکل می گردد.



شکل ۳: شماتیک ساده شده سیکل Graz [۸]

[۸] ۳-۲-۱ - MATIANT and Feher supercritical CO2 cycles

این سیکل، یک سیکل Oxy fuel است که از یک سیکل فوق بحرانی شبه رانکین CO_2 تشکیل شده است که سیکل پایین دست شبه برایتون را تغذیه می کند. سیال عامل این سیکل بطور عمده CO_2 و سوخت مصرفی آن گاز طبیعی است. اکسیژن تقریباً خالص مصرفی این سیکل نیز توسط سیستم جداسازی

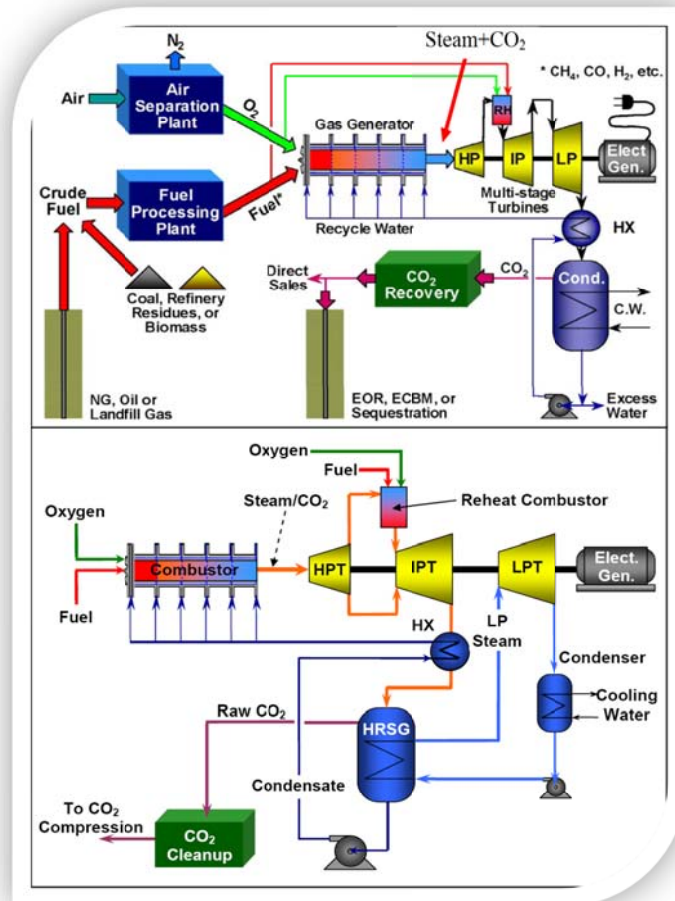
هوای کرایوجنیک تأمین می گردد. جداسازی دی اکسید کربن با تزریق گاز دی اکسید کربن با فشار فوق بحرانی در اعماق زمین صورت می گردد.

۱-۲-۴- طرح زیمنس [۱۰ و ۹]

چیدمان رایج فناوری oxy fuel برگشت کسری از دود به بویلر به منظور کنترل دما و جبران کسر حجمی N_2 حذف شده از جریان می باشد. همانطور که پیشتر توضیح داده شد، این ترکیب در نمونه های آزمایشی زیادی مورد ارزیابی قرار گرفته است. اخیراً شرکت زیمنس طرح جدیدی برای استفاده از این فناوری ارائه داده است. هرچند این طرح در مرحله امکان سنجی قرار داشته و چالش های زیادی را از لحاظ فناوری ساخت در برابر خود دارد.

در روش ارائه شده سوخت با توجه به منبع در دسترس می تواند متفاوت باشد. در صورت استفاده از گاز طبیعی فرآیند خاصی مورد نیاز نمی باشد و تنها یک کمپرسور برای تأمین فشار گاز مطابق با فشار محفظه احتراق کافی می باشد. در صورت استفاده از سوخت های جامد (زغال سنگ، کک، زیست توده) یک واحد گازی سازی فشار بالا با دمنده اکسیژن سوخت را تبدیل به گاز می کند. گاز خام تولیدی پس از تصفیه و سولفور زدایی توسط کمپرسور به محفظه احتراق فرستاده می شود. در این روش سوخت و اکسیژن در محفظه احتراق سوزانده می شوند. فشار محفظه احتراق در حدود ۵۰ الی ۱۰۰ بار می باشد. با سوختن سوخت با اکسیژن خالص دمای بسیار بالایی ایجاد می شود، برای کاهش دما از تزریق آب یا بخار آب استفاده می شود. در اتاقک اول محفظه احتراق با تزریق آب یا بخار دما را تا حد $1650^{\circ}C - 1750^{\circ}C$ کاهش می دهند و در اتاقک آخر با تزریق آب یا بخار مخلوط CO_2 را رقیق کرده و دما را تا $600^{\circ}C - 700^{\circ}C$ نگه پایین می آورند. ترکیب سیال عامل که مخلوطی از H_2O و CO_2 می باشد بسته به دمای احتراق متفاوت است اما تقریباً در حدود ۸۰٪ H_2O و ۲۰٪ CO_2 می باشد. سیال عامل به سمت توربین فشار بالا فرستاده می شود. دمای و فشار گاز در ورود به توربین $760^{\circ}C$ و ۱۱۰ بار می باشد. این توربین مشابه یک توربین بخار فشار بالا با نسبت فشار ۵ می باشد. گاز خروجی به یک محفظه احتراق فرستاده می شود تا با احتراق سوخت و اکسیژن اضافه شده دمای آن بالا رود. پس از آن به یک توربین فشار متوسط فرستاده می شود. دما و فشار گاز در این مرحله $1760^{\circ}C$ و ۴۳ بار می باشد. این توربین مشابه یک توربین گاز با نسبت فشار ۲۰ عمل می کند. گاز حاصل یا مستقیماً به یک توربین فشار پایین فرستاده شده یا پس از عبور از یک بویلر بازیاب و تولید بخار به کندانسور فرستاده می شود و بخار حاصله به توربین فشار پایین فرستاده می شود. پس از حذف بخار CO_2 نسبتاً خالص تولید می شود. بخار چگالیده شده مجدداً به محفظه احتراق

فرستاده می شود. بازده این سیکل با سوخت زغال سنگ و در نظر گرفتن واحد گازی سازی و مایع ساز CO_2 ۳۶-۴۰٪ و درصد خلوص CO_2 ۹۹٪ تخمین زده شده است. هرچند محدودیت های زیادی برای استفاده از این سیستم در حال حاضر وجود دارد اما بازده و عملکرد مناسب آن جذابیت های زیادی ایجاد کرده است. زیمنس برنامه ای تا سال ۲۰۲۰ برای عملی کردن این سیستم تدوین نموده است.



شکل ۴: شماتیک فناوری oxy fuel پیشنهادی توسط زیمنس (با و بدون بویلر بازیاب)

۳-۱- مراجع

- [1] Ligang Zheng, Oxy-fuel combustion for power generation and carbon dioxide (CO_2) capture, Woodhead Publishing Limited, 2011
- [2] Wilkinson MB, Coden JC, Panesar RS, Allam RJ. CO_2 capture via oxyfuel firing: optimisation of a retrofit design concept for a refinery power station boiler. First national conference on carbon sequestration, Washington DC, May 14-17 2001.
- [3] Tan Y, Douglas MA, Thambimuthu KV. CO_2 capture using oxygen enhanced combustion strategies for natural gas power plants. Fuel 2002;81:1007-16.



[4] Gunter Scheffknecht*, Leema Al-Makhadmeh1, Uwe Schnell, Jorg Maier, Oxy-fuel coal combustion—A review of the current state-of-the-art, International Journal of Greenhouse Gas Control 5S (2011) S16–S35

[۵] طراحی سیکل قدرت مجهز به فناوری اکسیژن سوخت، پژوهشگاه نیرو، ۱۳۸۹

[6] Abraham, B. M., Asbury, J. G., Lynch, E. P., and Teotia, A. P. S. Coal-oxygen process provides CO₂ for enhanced recovery. Oil Gas J., 1982, 80(11), 68–70, 75.

[7] Tery Wall et al. An overview on oxyfuel coal combustion—State of the art research and technology development, chemical engineering research and design 87 (2009) 1003–1016

[8] M. A. Habib et al. A review of recent developments in carbon capture utilizing oxy-fuel combustion in conventional and ion transport membrane systems, Int. J. Energy Res. 2011; 35:741–764

[9] Minish M. Shah, Praxair; Advanced clean coal technology for CO₂ capture; Tonawanda.

[10] Jordan Haywood, Bruce W. Rising; Oxy-Fuel Combustion Cycle for CO₂ Capture; Deerfield Beach, Florida A&WMA Florida Section Annual Conference; Siemens Power Generation; October 2007

قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور - ماده ۱۲

علی محرمی

ماده ۱۲- به کلیه وزارتخانه‌ها به‌ویژه نفت و نیرو و شرکتهای تابعه و وابسته به آنها و سازمان‌ها و مؤسسات دولتی و کلیه دارندگان عنوان و ردیف در قوانین بودجه کل کشور اجازه داده می‌شود سالانه تا سقف یکصد میلیارد (۱۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰) دلار به‌صورت ارزی و پانصد هزار میلیارد (۵۰۰.۰۰۰.۰۰۰.۰۰۰) ریال به‌صورت ریالی که هر ساله تا سقف نرخ تورم سال قبل تعدیل می‌گردد، در موارد مربوط به بندهای ذیل این ماده که سرمایه‌گذاری یا اقدام اشخاص حقیقی یا حقوقی خارجی یا داخلی با اولویت بخشهای خصوصی یا تعاونی به تولید، صادرات، ارتقای کیفیت، صرفه‌جویی یا کاهش هزینه در تولید کالا یا خدمت و زمان و بهبود کیفیت محیط زیست و یا کاهش تلفات جانی و مالی می‌انجامد برای نفت و گاز و میعانات گازی و فرآورده‌های نفتی و کالاهای و خدمات قابل صادرات یا واردات به قیمتهای صادراتی یا وارداتی به نرخ روز ارز بازار آزاد یا معادل ریالی آن با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه و برای سایر موارد با قیمتهای غیرارانه‌ای با احتساب حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه قرارداد منعقد کنند.

دولت مکلف است:

- ۱- کالا یا خدمت تولید شده یا صرفه‌جویی شده و منافع یا ارزش حاصله را حسب مورد و از محل درآمد، صرفه‌جویی، منافع یا ارزش حاصله خریداری کند.
 - ۲- اصل و سود سرمایه‌گذاری و حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه‌های متعلقه یا منافع اقدام موضوع این ماده را به آنان پرداخت نماید.
- در صورت تأمین تمام یا بخشی از منابع موردنیاز اجزای (۱) و (۲) از بودجه کل کشور، ضمن مبادله موافقتنامه با سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور از طریق خزانه‌داری کل کشور اقدام می‌شود.
- اشخاص فوق می‌توانند طبق قرارداد یا مجوز صادره نسبت به فروش کالا یا خدمت تولید شده یا صرفه‌جویی شده و منافع یا ارزش حاصله از سرمایه‌گذاری یا اقدام در داخل یا خارج کشور و یا بهره‌برداری و استفاده از آنها اقدام نمایند.

الف- طرحهای نفت و گاز از جمله افزایش ظرفیت تولید نفت خام، گاز و میعانات گازی با اولویت مخازن مشترک و افزایش ظرفیت پالایش نفت خام و میعانات گازی، افزایش تولید محصولات پتروشیمی، ذخیره سازی نفت خام، میعانات گازی و گاز طبیعی مخازن مشترک در مخازن غیرمشترک و داخل کشور، ذخیره سازی گاز در فصول کم مصرف برای استفاده در فصول پرمصرف، تبدیل درجای نفت و گاز و میعانات گازی به محصول یا برق، تزریق گاز به میادین داخلی، رشد صادرات و عبور (ترانزیت) و معاوضه (سوآپ) نفت خام، میعانات گازی و گاز و فرآورده های نفتی، جلوگیری از سوختن گازهای همراه نفت و میعانات گازی و جایگزینی گاز داخلی یا وارداتی با فرآورده های نفتی ذی ربط و کلیه طرحهایی که به افزایش تولید یا صرفه جویی در مصرف نفت خام و میعانات گازی و گاز و فرآورده های نفتی بیانجامد.

ب- طرحهای بهینه سازی مصرف انرژی در بخشهای مختلف از جمله صنعت با اولویت صنایع انرژی بر و حمل و نقل عمومی و ریلی درون و برون شهری و ساختمان، توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، گسترش استفاده از گاز طبیعی فشرده یا مایع یا گاز مایع شده با اولویت شهرهای بزرگ و مسیر راههای اصلی بین شهری، تولید و یا جایگزین کردن خودروهایی کم مصرف و یا برقی با خودروهایی پرمصرف و فرسوده و کاهش هزینه های حمل بار و مسافر و کاهش دموارژ (خسارت تأخیر) کشتیها و طرحهای حمل و نقل ریلی، جاده ای، دریایی، هوایی اعم از زیرساخت ها و وسایل حمل و نقل، طرحهایی که به کاهش گازهای گلخانه ای منجر می شود، ماشین آلات و واحدهای تولیدی بخش کشاورزی

پ- طرحهای احداث نیروگاه با بازدهی (راندمان) بالا، افزایش تولید و بازدهی حرارتی نیروگاهها که منجر به افزایش بازدهی حرارتی شود، با اولویت نصب بخش بخار در نیروگاههای چرخه (سیکل) ترکیبی اعم از ترکیب برق و گرما (CHP) و ترکیب برق، سرما و گرما (CCHP) و مولدهای مقیاس کوچک (DG) توسعه استفاده از انرژی های تجدیدپذیر، کاهش تلفات انرژی در تولید، انتقال و توزیع، بهینه سازی و صرفه جویی در مصرف برق و انرژی، برقی کردن چاههای کشاورزی با اولویت استفاده از منابع انرژی های نو از جمله انرژی خورشیدی، جایگزینی مصرف برق به جای گاز یا فرآورده های نفتی در مناطقی که توجیه اقتصادی دارد و افزایش سهم صادرات و عبور (ترانزیت) برق، تولید برق از تلفات گاز و سوخت کارخانجات

ت- طرحهای احداث سد، بندر، آب و فاضلاب، طرحهای جلوگیری از شوری و کاهش کیفیت آب، شیرین کردن آب شور و تولید آب شیرین با استفاده از روشهای مختلف با اولویت روشهای حرارتی بازیافتی، بهینه سازی و صرفه جویی در مصرف آب با کاهش تلفات آب در انتقال و توزیع، مهار و بهره برداری بهینه از آبهای داخلی، مشترک و مرزی و آبهایی که به دریا می ریزد و طرحهای جمع آوری و دفع بهداشتی فاضلاب و کلیه طرحهایی که به بهبود کیفیت و کاهش مصرف آب می انجامد، طرحهای

زهکشی اراضی کشاورزی و شیوه های نوین آبیاری، تضمین خرید آب یا اجازه فروش آب به سرمایه گذاران در کلیه موارد از جمله شرب و بهداشت، صنعت، کشاورزی و آبیاری
ث- سایر طرحهایی که به ارتقای کیفیت یا کمیت کالاها و خدمات تولیدی یا صرفه جویی و جلوگیری از هدر رفتن سرمایه های انسانی، مالی، محیط زیست و زمان منجر می شوند.

تبصره ۱- توجیه فنی و اقتصادی و زیست محیطی، زمان بندی اجراء و بازپرداخت و سقف تعهد دولت در هر یک از طرحهایی که نیاز به تعهد دولت دارد با پیشنهاد وزارتخانه ذی ربط به تصویب شورای اقتصاد می رسد. شورای اقتصاد مکلف است حداکثر تا مدت یک ماه پس از وصول هر طرح به دبیرخانه آن، رسیدگی و تعیین تکلیف کند.

تبصره ۲- صندوق توسعه ملی و بانکهای عامل موظفند به طرحهای دارای توجیه فنی و اقتصادی این ماده با اولویت، تسهیلات ارزی و ریالی پرداخت نمایند.

تبصره ۳- در مواردی که سرمایه گذاری یا اقدامات اشخاص موضوع این ماده منجر به افزایش درآمد عمومی و یا کاهش هزینه های عمومی شود، تعهد بازپرداخت اصل و سود سرمایه گذاری و حقوق دولتی و عوارض قانونی و سایر هزینه های متعلقه یا منافع و عواید حاصل از اقدامات، به میزان و ترتیبی که به تصویب شورای اقتصاد می رسد به عهده دولت است.

وزارت نفت مکلف است حقوق متعلق به سرمایه گذار یا اقدام کننده را مطابق مصوبه شورای اقتصاد از محل افزایش درآمد حال یا آتی یا کاهش هزینه ها، حسب مورد به قیمت های صادراتی یا وارداتی (برای سوخت) و در سایر موارد، وزارتخانه های ذی ربط و شرکتهای تابعه موظفند به سرمایه گذار یا اقدام کننده، پرداخت کنند و همزمان به حساب بدهکار دولت (خزانه داری کل کشور) منظور و تسویه حساب نمایند. در مواردی که در اثر سرمایه گذاری یا اقدامات موضوع این ماده، درآمد دستگاههای اجرائی یا شرکتهای دولتی کاهش یابد، دولت مکلف به جبران معادل کاهش درآمد دستگاههای اجرائی یا شرکتهای دولتی مربوط است.

حکم این تبصره شامل بندهای (الف) و (ب) ماده (۸۲) قانون برنامه پنجساله پنجم توسعه جمهوری اسلامی ایران نمی گردد.

تبصره ۴- بازپرداخت تعهدات دولت موضوع بند (ت) این ماده از محل درآمدهای حاصل از اجرای طرحها در قوانین بودجه سنواتی صورت می گیرد.

تبصره ۵- در اجرای بندهای این ماده اولویت با سرمایه گذارانی است که نفت خام، میعانات گازی و یا فرآورده های نفتی را برای تسویه تعهدات دولت قبول می کنند.

تبصره ۶- ارزش سوخت و یا انرژی صرفه جویی شده براساس نوع و ترکیب سوخت مصرفی در دوره یکسال قبل از انعقاد قرارداد و طبق قیمت های صادراتی و یا وارداتی محاسبه و منظور می شود.

تبصره ۷- به وزارتخانه های مذکور اجازه داده می شود در صورت نیاز آب، برق، گاز و فرآورده های نفتی و سایر کالاها و خدمات یارانه ای تولید یا صرفه جویی شده را از اشخاص حقیقی یا حقوقی غیردولتی، خصوصی یا تعاونی حسب مورد به قیمت های صادراتی یا وارداتی (برای سوخت) و برای سایر موارد به قیمت های غیریارانه ای از آنان و یا سایر سرمایه گذاران در این زمینه خریداری یا برای ایجاد اشتغال و اجرای طرح های تملک دارایی های سرمایه ای در هر استان و هر شهرستان سرمایه گذاری کنند. در صورت تمایل سرمایه گذار می تواند کالا یا خدمت تولید یا صرفه جویی شده را در داخل یا خارج به فروش برساند.

تبصره ۸- به منظور کاهش هزینه ها و تشویق به کاهش مصرف در کالاها و خدمات یارانه ای به وزارتخانه های مذکور و شرکتهای تابعه و وابسته ذی ربط به آنها در این ماده اجازه داده می شود با تصویب شورای اقتصاد مصارف کمتر از حد معین، آب، برق، گاز، فرآورده های نفتی و سایر کالاها و خدمات یارانه ای را با توجه به فصل، منطقه جغرافیایی، نوع مصرف و مصرف کنندگان، متناسب با کاهش مصرف به حداقل قیمت و یا صفر کاهش دهد.

چگونگی اجرای این تبصره با پیشنهاد مشترک سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و وزارتخانه های امور اقتصادی و دارایی، نفت، نیرو، صنعت، معدن و تجارت و جهاد کشاورزی شامل تعیین حد معین برای مصارف مناطق جغرافیایی، نوع مصرف و مصرف کنندگان و مقدار و قیمت مصرف تا دو ماه پس از ابلاغ این قانون به تصویب شورای اقتصاد می رسد.

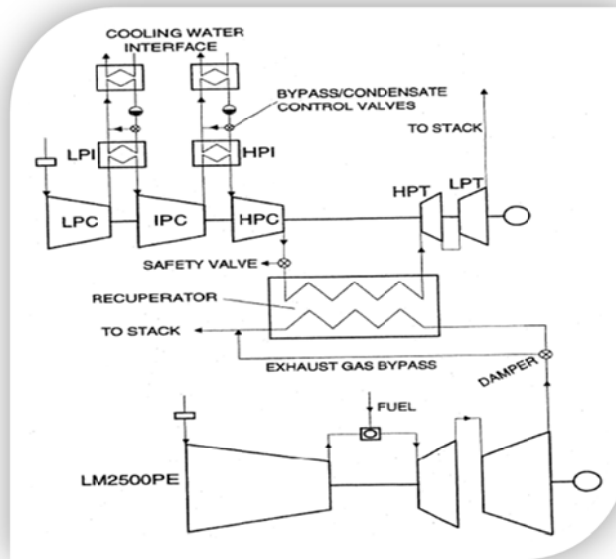
آیین نامه اجرائی این ماده به پیشنهاد سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور و وزارتخانه های امور اقتصادی و دارایی، نفت و نیرو حسب مورد حداکثر ظرف مدت سه ماه پس از ابلاغ این قانون به تصویب هیأت وزیران می رسد.

سیکل پایین دستی هوا: استفاده از حرارت خروجی توربین گاز برای تولید توان^۱

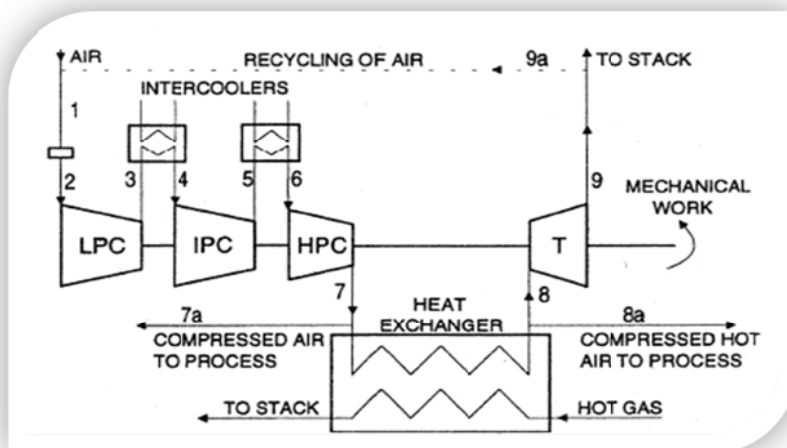
محمد تاجیک منصوری

در این مقاله آنالیز ترمودینامیکی و مطالعه امکان‌سنجی بکارگیری سیکل پایین دستی هوا برای بازیافت حرارت خروجی و تولید توان از توربین گازی مدل (LM2500-PE) بر روی سکوهای نفت و گاز در دریای شمال انجام شده است. انگیزه اصلی استفاده از سیکل پایین دستی هوا در کشور نروژ، عوارض دی اکسیدکربن بر روی سوخت مورد استفاده در توربین های گازی در سکوهای نفت و گاز مستقر در دریای شمال بیان شده است. عوارض متداول دریافتی به دلیل تولید دی اکسید کربن در کشور نروژ حدود ۱۱ سنت بر هر متر مکعب سوخت گاز می‌باشد که بر این اساس، مالیات پرداختی سالیانه دی اکسیدکربن توسط یک توربین گازی با مدل (LM2500-PE) در نروژ تقریباً برابر با ۴/۴-۵/۱ میلیون دلار آمریکا است. بنا براین، پرداخت این مبلغ و اثرات مخرب زیست محیطی، انگیزه اصلی کاهش انتشار دی اکسید کربن و استفاده از روشهای کاهش انتشار مثل استفاده از سیکل پایین دستی هوا و سیکل ترکیبی بخار می باشد. با استناد به نتایج بدست آمده در این مقاله، استفاده از سیکل پایین دستی هوا در سیکل توربین گاز، به عبارتی دیگر (LM2500+ABC)، یک پیشنهاد خوب و اقتصادی در مقایسه با دیگر روش ها بیان شده است. با توجه به محاسبات صورت گرفته، کل هزینه سرمایه‌گذاری ۹/۴ میلیون دلار تخمین زده شده است. در شکل ۱ نمای استفاده و به کارگیری سیکل پایین دستی هوا همراه با خنک‌کن‌های میانی در یک سیکل توربین گازی با مدل (LM2500-PE) که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته قابل مشاهده است. لازم به ذکر است که در خنک‌کن‌های میانی از آب به عنوان سیال خنک کن استفاده شده است.

¹Air Bottoming Cycle: Use of Gas Turbine Waste Heat for Power Generation, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 118(2):359-368, April 1996



شکل ۱: نمای استفاده و به کارگیری (ABC)



شکل ۲: مسیر عبور هوا در (ABC)

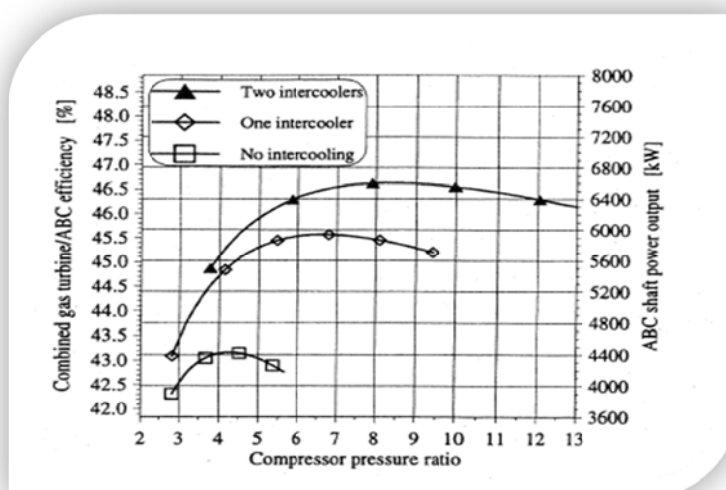
با توجه به شکل ۲، هوا در شرایط محیط از نقطه (۱) وارد یک فیلتر شده و در نقطه (۲) وارد کمپرسور کم فشار یا کمپرسور ابتدایی (LPC) شده و فشرده می شود و سپس از آن خارج و در نقطه (۳) وارد خنک کن های میانی ابتدایی به منظور سرد سازی برای افزایش چگالی یا به عبارت دیگر کاهش حجم مخصوص می شود. سپس هوا وارد کمپرسور میانی یا فشار متوسط می شود که فشار آن افزایش و مجدداً قبل از وارد شدن به مرحله سوم فشرده سازی و (HPC) وارد خنک کن های میانی دوم به منظور سرد سازی بیشتر می شود. هوا با فشار بالا در نقطه (۷) وارد مبدل حرارتی می شود و در این مرحله گازهای داغ

خروجی از آگزوز توربین گاز با مدل (LM2500-PE) با هوای فشرده ورودی تبادل حرارت داشته و نهایتاً در نقطه (۸) هوای فشار بالا و داغ که انرژی مناسبی برای تولید کار را دارد وارد توربین هوا می شود و بعد از برخورد با پره های توربین و تولید کار فشار و دمای آن افت کرده و در نقطه (۹) از توربین خارج می شود. لازم به ذکر است که بخشی از هوا در شرایط نقطه (۹) دوباره وارد سیکل شده و از آن مجدداً استفاده شده است. با این کار دو هدف اساسی در این تحقیق بررسی می شود:

الف) هوا در شرایط خروجی دارای فشار مناسبی است که می توان دوباره از آن استفاده کرد و کار کمتری در کمپرسور مصرف نمود.

ب) از خروج هوای گرم با فشار بالا به محیط جلوگیری می شود.

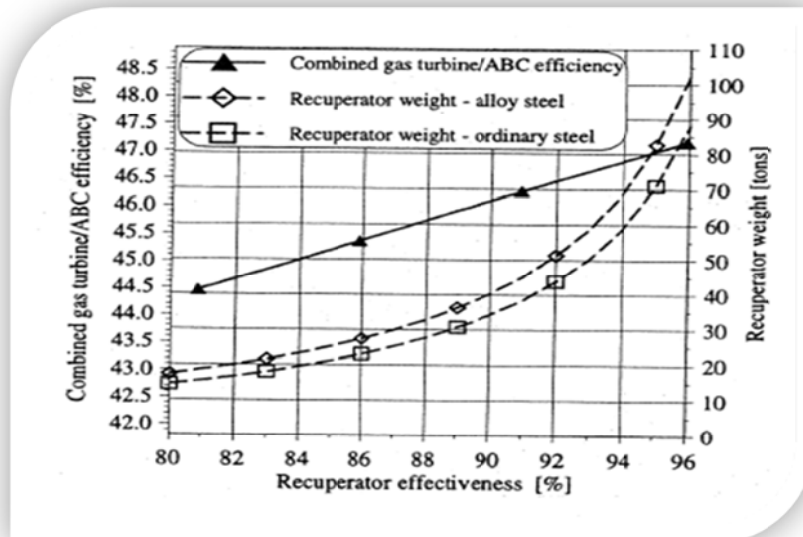
با توجه به شکل ۳ می توان تغییر نسبت فشار در کمپرسور به راندمان سیکل ترکیب شده همراه با سیکل پایین دستی هوا و نسبت فشار در کمپرسور به توان محوری خروجی سیکل پایین دستی هوا با تغییرات تعداد خنک کن های میانی را مشاهده و تحلیل کرد.



شکل ۳: نمودار (R_C) کمپرسور به راندمان سیکل ترکیب شده با (ABC) و توان محوری خروجی (ABC) با تغییرات تعداد اینترکولرها

در ادامه، استفاده و بهینه سازی تعداد خنک کن های میانی بر روی سیکل پایین دستی هوا نیز مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته که با توجه به نمودار ۳ می توان گفت استفاده از خنک کن های میانی و تغییر نسبت فشار فشرده سازی در سیکل پایین دستی عواملی مهم در افزایش توان محوری و کاهش راندمان کل سیستم می باشد. همانطور که پیداست بیشترین راندمان کل سیکل توربین گازی به همراه سیکل پایین دستی هوا با مقدار ۴۶/۶۳ درصد و بیشترین توان محوری خروجی در سیکل پایین دستی هوا به میزان ۶۶۰۵ کیلووات

در نسبت فشار (۸) و در حالت استفاده از دو خنک‌کن میانی ایجاد می‌شود. اما باید توجه داشت که با افزایش این موارد که دارای اهمیت است، باید به فاکتور هزینه سرمایه توجه کرد و یک انتخاب مناسب بین تجهیزات و افزایش راندمان و توان خروجی انجام داد. انتخاب و تحلیل اقتصادی انتخاب مبدل حرارتی یکی دیگر از موارد مهم در سیکل های پایین دستی هوا می باشد که در این مقاله به آن پرداخته شده است.



شکل ۴: نمودار تغییرات راندمان سیکل توربین گاز با (ABC) به وزن مبدل حرارتی و تغییر اثر جنس مبدل حرارتی

شکل ۴ نشان‌دهنده تغییرات راندمان سیکل توربین گاز با (ABC) با تغییرات وزن مبدل حرارتی و نیز اثر جنس مبدل حرارتی (فولاد معمولی و فولاد آلیاژی) است. همانطور که مشاهده می‌گردد، در راندمان ۴۶/۶۳ درصد در حالت استفاده از فولاد معمولی وزن مبدل حرارتی برابر با ۴۵ تن است که برابر با آن اثر مبدل حرارتی ۹۲ درصد حاصل می‌شود. با توجه به اینکه مبدل حرارتی وزن زیادی از کل وزن یک سیکل پایین دستی هوا را به خود اختصاص می‌دهد پس می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب جنس مبدل حرارتی با توجه به راندمان سیکل پایین دستی هوا در سکوهاى نفت و گاز که فاکتور وزن بسیار مهم است، از اهمیت بالایی برخوردار است. در جدول (۲-۴) اطلاعات ترمودینامیکی مربوط به سیکل پایین دستی هوا و سیکل توربین گازی مدل (LM2500-PE) که در این مقاله محاسبه شده ارائه گردیده است.



جدول ۱: اطلاعات فنی (ABC) و سیکل توربین گاز مدل (LM2500-PE)

میزان	فاکتور
۲۲۶۴۳ کیلووات	توان خالص خروجی سیکل اصلی توربین گاز
۶۶۰۵ کیلووات	توان محوری خروجی سیکل پایین دستی هوا
۶۳۴۰ کیلووات	توان خالص خروجی سیکل پایین دستی هوا
۲۸۹۸۳ کیلووات	توان خروجی ترکیب توربین گاز و سیکل پایین دستی هوا
۱/۳۱۳۲ کیلوگرم بر ثانیه	سوخت مصرفی توربین گاز
۳۶/۱۰ درصد	راندمان سیکل اصلی توربین گاز
۱۰/۵۳ درصد	راندمان سیکل پایین دستی هوا
۴۶/۶۳ درصد	راندمان محوری ترکیب توربین گاز با سیکل پایین دستی هوا

مشاهده می شود که راندمان توربین گاز مدل (LM2500-PE) در حالت کارکرد به صورت تنها برابر با ۳۶/۱۰ درصد می باشد که پس از ترکیب شدن با سیکل پایین دستی هوا، بازده به میزان ۱۰/۵ درصد افزایش یافته و برابر ۴۶/۶۳ درصد خواهد شد. همینطور توان خالص خروجی از سیکل پایین دستی هوا برابر با ۶۳۴۰ کیلووات محاسبه شده است که این مقدار باعث افزایش توان محوری خروجی کل سیکل توربین گاز از ۲۲۶۴۳ کیلووات به ۲۸۹۸۳ کیلووات شده است.



واژه های مصوب فرهنگستان زبان و ادب فارسی

مصوب	بیگانه	حوزه	تعریف
سامانه اطلاعات مدیریت پروژه	project management information system, PMIS	مدیریت-مدیریت پروژه	مجموعه ابزارها و فنونی که برای جمع آوری و همسازی و انتشار برون دادهای فرایندهای مدیریت پروژه به کار می رود
چرخه برگشت پذیر	reversible cycle	فیزیک	چرخه ترمودینامیکی آرمانی ای که در آن سامانه مورد نظر و محیط پیرامون آن به حالت اولیه خود بازمی گردند
چرخه برگشت ناپذیر	irreversible cycle	فیزیک	چرخه ای ترمودینامیکی که در آن بین سامانه مورد نظر و محیط پیرامون آن تبادل گرما صورت می گیرد و مقداری کار انجام می شود
چرخانه	rotor	فیزیک	بخش چرخنده هر ماشین الکتریکی

واژه های غیر مصوب

عبارت "نگهداری و تعمیرات" عبارتی رایج برای معادل لاتین خود یعنی Maintenance می باشد. این در حالی است که بر اساس نظر متخصصان و خبرگان این حوزه واژه "نگهداشت" عبارتی بهتر و دارای بار معنایی کاملتر برای این حوزه می باشد. بنابراین بهتر است در این حوزه به جای عبارت "نگهداری و تعمیرات" از واژه "نگهداشت" استفاده گردد.

همچنین لازم به توضیح است که در عبارت "نگهداری و تعمیرات" همواره می بایست واژه "نگهداری" جلوتر از واژه "تعمیرات" قرار گیرد، به عبارت دیگر عبارت "تعمیرات و نگهداری" که گاه حتی توسط متخصصان این حوزه نیز بکار می رود، به دلیل قرارگیری واژه "تعمیرات" قبل از واژه "نگهداری" دارای تناقض مفهومی در درون خود می باشد و کاملاً اشتباه است.