بررسی عوامل فنی و محیطی مؤثر بر بازدهی نیروگاه‌های حرارتی در ایران

کد موضوعی: ۳۱۰
شماره مسلسل: ۱۳۵۷۵
فروردین‌ماه ۱۳۹۳

معاونت پژوهش‌های زیربنایی و امور تولیدی
دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن

به‌نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
مقدمه ۲
۱. بررسی اسناد و قوانین بالادستی مرتبط با موضوع افزایش راندمان نیروگاه‌ها ۲
۲. اهمیت نیروگاه‌های حرارتی در مقایسه با سایر انواع نیروگاه‌ها در ایران ٤
۳. بررسی تأثیر عوامل فنی بر راندمان نیروگاه‌های حرارتی ٦
٤. بررسی تأثیر عوامل محیطی ازجمله دما، رطوبت و ارتفاع، بر راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۸
نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۸
منابع و مآخذ ۲۰

بررسی عوامل فنی و محیطی مؤثر بر بازدهی نیروگاه‌های حرارتی در ایران

چکیده

انرژی الکتریکی یکی از پیش‌نیازهای اصلی توسعه در کشورهای مختلف است. در دسترس بودن برق با قابلیت اطمینان بالا نقش به‌سزایی در رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی جوامع دارد. بخش تولید برق، حساس‌ترین و هزینه‌برترین بخش صنعت برق در هر کشوری است. بنابراین توسعه پایدار این صنعت مستلزم توجه و توسعه بخش نیروگاهی در کشور است. یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر میزان تولید برق در کشور، بازدهی نیروگاه‌های حرارتی است. علیرغم اینکه صنعت برق ایران از بسیاری جهات در بین کشورهای منطقه بهترین است، اما متأسفانه متوسط راندمان در بخش تولید برق در مقایسه با برخی از کشورها در سطح پایینی قرار دارد. امروزه با توجه به تجارب فراوان و ارزنده دنیا در زمینه افزایش راندمان نیروگاه و روش‌های متفاوتی که برای بالا بردن کارآیی تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد، ضروری به‌نظر می‌رسد که متولیان صنعت برق کشور نیز با مرور این تجارب و بازخوانی آنها گام‌های مؤثرتری در زمینه افزایش و بهبود راندمان نیروگاه‌ها بردارند.

لازم به یادآوری است علیرغم تأکید قوانین مختلف بر اهمیت صرفه‌جویی انرژی در بخش‌های مختلف تولیدکننده انرژی و بهبود راندمان نیروگاه‌های کشور، این مهم تاکنون مورد توجه و دقت لازم واقع نشده است. به‌طوری که به استناد گزارش‌های وزارت نیرو، متوسط راندمان نیروگاه‌های کشور در سال‌های اخیر، روند رو به رشد منظمی نداشته و در اجرای قوانین مربوطه موفق نبوده است. راندمان نیروگاه از عوامل متعددی نظیر عمر نیروگاه، نوع سوخت مصرفی، کیفیت سوخت مصرفی، شرایط محیطی و وضعیت بهره‌برداری، نسبت میزان تولید برق به ظرفیت اسمی و میزان خروج نیروگاه از مدار، تأثیر می‌پذیرد. در این نوشتار، با نگاهی گذرا به قوانین وضع شده برای بهبود راندمان نیروگاه‌ها، دلایل پایین بودن راندمان نیروگاه‌های حرارتی در ایران بررسی شده و در پایان پیشنهادهایی برای بهبود متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی در ایران ارائه می‌شود.

مقدمه

امروزه از یک‌سو، با نقش بسیار مهم انرژی در تمامی بخش‌های اقتصادی مواجهیم و ازسوی دیگر، منابع انرژی محدود بوده و اغلب آنها تجدیدناپذیرند. بهبود راندمان انواع تجهیزات مصرف‌کننده انرژی و همچنین مولدهایی که با مصرف یک حامل، صورت دیگری از انرژی را تولید می‌کنند، اهمیت ویژه‌ای دارند. مولدهای حرارتی تولید برق، یکی از انواع ماشین‌هایی محسوب می‌شوند که انرژی فسیلی را برای تولید انرژی الکتریکی مورد استفاده قرار می‌دهند. راندمان بسیاری از این مولدها کمتر از ٤٠ درصد است، یعنی به ازای هر ١٠٠ واحد انرژی دریافتی، ٤٠ واحد انرژی مفید تولید می‌شود. این موضوع ضمن اتلاف بخشی از انرژی‌های تجدیدناپذیر، آثار زیست‌محیطی چشمگیری به همراه دارد. از آنجایی که بهبود راندمان توربین‌های حرارتی آثار اقتصادی و زیست‌محیطی زیادی به همراه دارد، در این گزارش به بررسی عوامل مختلف فنی و محیطی مؤثر بر بهبود راندمان در نیروگاه‌های حرارتی پرداخته شده است.

۱. بررسی اسناد و قوانین بالادستی مرتبط با موضوع افزایش راندمان نیروگاه‌ها

به‌دلیل اهمیتی که موضوع بهبود راندمان نیروگاه‌های حرارتی دارد، این موضوع در قوانین متعددی مورد توجه قانونگذاران قرار گرفته است. قوانین و اسناد بالادستی مختلف ازجمله سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، قانون هدفمند کردن یارانه‌ها و قانون برنامه پنج‌ساله پنجم به این موضوع پرداخته و وزارت نیرو را مکلف به صرفه‌جویی انرژی و بهبود راندمان تولید کرده‌اند. مواد مرتبط با این موضوع عبارتند از:

۱-۱. سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف

سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف، مشتمل بر ۱۰ بند، در تیرماه ۱۳۸۹ توسط مقام معظم رهبری به رؤسای قوای سه‌گانه و رئیس مجمع تشخیص مصلحت نظام ابلاغ شد، در بند «۷» این سیاست‌ها بر لزوم صرفه‌جویی در مصرف انرژی تأکید شده است که متن آن به‌شرح زیر است:

صرفه‌جویی در مصرف انرژی با اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی و غیرقیمتی به‌منظور کاهش مستمر «شاخص شدت انرژی» کشور به حداقل دوسوم میزان کنونی تا پایان برنامه پنجم توسعه و حداقل یک‌دوم میزان کنونی تا پایان برنامه ششم توسعه با تأکید بر سیاست‌های ذیل:

ـ اولویت دادن به افزایش بهره‌وری در تولید، انتقال و مصرف انرژی و ایجاد ظرفیت‌های جدید تولید انرژی،

ـ انجام مطالعات جامع و یکپارچه سامانه انرژی کشور به‌منظور بهینه‌سازی عرضه و مصرف انرژی،

ـ پایش شاخص‌های کلان انرژی با سازوکار مناسب،

ـ افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و نوین.

ـ گسترش تولید برق از نیروگاه‌های تولید پراکنده، کوچک‌مقیاس و پربازده برق و تولید همزمان برق و حرارت.

۲-۱. قانون هدفمند کردن یارانه‌ها

قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، مشتمل بر ۱۶ ماده و ۱۶ تبصره، در دی‌ماه ۱۳۸۸ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده و به دولت ابلاغ شده است. تبصره بند «ج» ماده (۱) این قانون بر بهبود بازده تولید انرژی تا پایان این برنامه تأکید کرده است. مشروح این تبصره به‌شرح زیر است:

ماده (۱)

تبصره «ج» ـ میانگین قیمت فروش داخلی برق به‌گونه‌ای تعیین شود که به‌تدریج تا پایان برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران، معادل قیمت تمام شده آن باشد.

تبصره ـ در قیمت تمام شده برق، مجموع هزینه‌های تبدیل انرژی، انتقال و توزیع و هزینه سوخت با بازده حداقل سی‌وهشت درصد (۳۸٪) نیروگاه‌های کشور و رعایت استانداردها محاسبه می‌شود و هرساله حداقل یک درصد (۱٪) به بازده نیروگاه‌های کشور افزوده خواهد شد به‌طوری که تا پنج سال از زمان اجرای این قانون به بازده چهل‌وپنج درصد (٤٥٪) برسد و همچنین تلفات شبکه‌های انتقال و توزیع، تا پایان برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی جمهوری اسلامی ایران به چهارده درصد (١٤٪) کاهش یابد.

دولت مکلف است با تشکیل کارگروهی مرکب از کارشناسان دولتی و غیردولتی نسبت به رتبه‌بندی تولیدکنندگان برق از نظر بازده و توزیع‌کنندگان آن از نظر میزان تلفات، اقدام کرده و سیاست‌های تشویقی و حمایتی مناسب را اتخاذ کند.

۳-۱. قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه

قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه (۱۳۹٤-۱۳۹۰)، مشتمل بر ۲۳۵ ماده در دی‌ماه ۱۳۸۹ به تصویب مجلس شورای اسلامی رسیده است. در ماده (۱۳۳) این قانون نیز بر لزوم توسعه نیروگاه‌های سیکل ترکیبی پرداخته شده است. متن ماده (۱۳۳) این قانون به‌شرح زیر است:

ماده (۱۳۳)

به‌منظور تنوع در عرضه انرژی کشور، بهینه‌سازی تولید و افزایش راندمان نیروگاه‌ها، کاهش تلفات و توسعه تولید همزمان برق و حرارت، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو موظفند:

الف) با استفاده از منابع حاصل از فروش نیروگاه‌های موجود یا در دست اجرا و سایر اموال و دارایی‌های شرکت‌های مذکور و با رعایت قانون نحوه اجرای سیاست‌های کلی اصل چهل‌وچهارم قانون اساسی نسبت به پرداخت یارانه خرید برق از تولیدکنندگان برق پراکنده با مقیاس کوچک و ظرفیت‌های تولید برق مشترکین از طریق عقد قراردادهای بلندمدت و همچنین تبدیل تا دوازده هزار (۱۲,۰۰۰) مگاوات نیروگاه گازی به سیکل ترکیبی اقدام کنند.

تبصره ـ در صورت تمایل بخش‌های غیردولتی به تبدیل نیروگاه‌های گازی موجود خود به سیکل ترکیبی، شرکت توانیر و شرکت‌های وابسته و تابعه وزارت نیرو می‌توانند از محل منابع موضوع بند «الف» این ماده نسبت به پرداخت تسهیلات در قالب وجوه اداره شده به آنها اقدام کنند.

۲. اهمیت نیروگاه‌های حرارتی در مقایسه با سایر انواع نیروگاه‌ها در ایران

نیروگاه‌های حرارتی در ایران سهم زیادی از تولید برق را به‌خود اختصاص داده‌اند. براساس آمار منتشره شرکت توانیر، برق مورد نیاز کشور در سال ۱۳۹۱ توسط ۱,۱۱٦ واحد نیروگاهی بزرگ و کوچک تأمین شده است که حدود ۸۳/۵ درصد ظرفیت اسمی آنها را نیروگاه‌های حرارتی تشکیل داده و نیروگاه‌های برق‌آبی، اتمی و تجدیدپذیر به ترتیب حدود ۱۵/۱، ۱/۵ و ۰/۹ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاهی کشور را به خود اختصاص داده‌اند. این درحالی است که به‌دلیل شرایط خاص اقلیمی و آب و هوایی کشور، در سال‌های پرآبی حدود ۹۰ درصد و در سال‌های خشکسالی حدود ۹۷ درصد برق تولید شده از طریق نیروگاه‌های حرارتی تأمین می‌شود. ضمن اینکه این رقم در سال ۱۳۹۱ حدود ۹٤ درصد بوده است. در جدول ۱ ترکیب نیروگاه‌های کشور و سهم هریک از آنها به لحاظ ظرفیت و تولید برق در سال مذکور نشان داده شده است.

جدول ۱. قدرت اسمی، تولید ویژه و بازده نیروگاه‌های کشور

نوع نیروگاه / شرح	بخاری	گازی	چرخه ترکیبی	دیزلی	جمع حرارتی	برقابی	اتمی و تجدیدپذیر	جمع کل
قدرت اسمی (مگاوات)	۱۵,۸۲۹	۲۶,۱۲۱	۱۵,۷۴۴	۴۴۰	۵۸,۱۳۳	۹,۹۹۵	۱,۱۸۱	۶۹,۳۰۹
سهم از ظرفیت کل (درصد)	۲۲/۸	۳۷/۷	۲۲/۷	۰/۶	۸۳/۹	۱۴/۴	۱/۷	۱۰۰
تولید ویژه (میلیون کیلووات ساعت)	۸۶,۰۷۳	۶۷,۴۸۷	۷۹,۵۶۷	۷۰	۲۳۳,۱۹۷	۱۲,۱۰۷	۲۰۱۴	۲۴۷,۳۱۸
بازده (درصد)	۳۷/۲	۳۰/۸	۴۴/۷	۳۱/۴	۳۷/۲	–	–	۳۹/۳

مأخذ: آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۳۹۱.

نیروگاه‌های حرارتی با راندمان متوسط ۳۷ درصد بیش از ۹۰ درصد برق مورد نیاز کشور را تأمین می‌کنند. از آنجا که بخش عمده برق مورد نیاز کشور توسط این نوع نیروگاه‌ها تأمین می‌شود، بنابراین برای افزایش راندمان تولید برق در کشور و صرفه‌جویی انرژی باید به‌طور خاص به این نیروگاه‌ها توجه شود. قدرت اسمی نیروگاه‌های حرارتی کشور در سال ۱۳۹۱ حدود ۵۸ هزار مگاوات بوده است، در صورت سرمایه‌گذاری برای افزایش یک درصد راندمان اینگونه نیروگاه‌ها، بدون نیاز به مصرف سوخت بیشتر حدود ۵۸۰ مگاوات به ظرفیت تولید برق کشور افزوده می‌شود.[1] ضمن اینکه براساس تبصره بند «ج» ماده (۱) قانون هدفمند کردن یارانه‌ها، وزارت نیرو مکلف شده است بازده متوسط نیروگاه‌های کشور را سالیانه یک درصد افزایش دهد، به‌طوری که با گذشت پنج سال از زمان اجرای این قانون به بازده ۴۵ درصد برسد. متأسفانه به‌رغم گذشت سه سال از شروع اجرای این قانون، وزارت نیرو در اجرای این امر مطابق برنامه عمل نکرده است.

اما دلیل پایین بودن راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور در مقایسه با مقدار متوسط جهانی چیست؟ چرا وزارت نیرو طی سه سالی که از اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها می‌گذرد در اجرای قانون موفق نبوده است؟ در ادامه به بررسی این موضوع و دلایل عدم موفقیت وزارت نیرو در جهت اجرای قانون هدفمند کردن یارانه‌ها پرداخته می‌شود.

در ابتدا لازم است به این نکته اشاره شود که ترکیب نیروگاه‌های حرارتی مهمترین عامل تأثیرگذار بر متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور است. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود حدود ۳۷ درصد از ظرفیت نیروگاه‌های کشور در سال ۱۳۹۱ را نیروگاه‌های گازی با راندمان ۳۰/۸ درصد تشکیل داده‌اند و نیروگاه‌های بخاری و چرخه ترکیبی هریک به ترتیب ۲۲/۸ و ۲۲/۷ درصد از ظرفیت نیروگاهی کشور را در اختیار داشته‌اند. این درحالی است که بیشترین

۱. با توجه به سوخت مصرفی نیروگاه‌های حرارتی، اگر راندمان این نیروگاه‌ها تنها یک درصد افزایش یابد حدود ۴۰۶ میلیون مترمکعب گاز، ۷۷ میلیون لیتر گازوئیل و ۱۴۴ میلیون لیتر نفت کوره در مصرف سوخت نیروگاه‌های حرارتی صرفه‌جویی خواهد شد.

راندمان متعلق به نیروگاه‌های چرخه ترکیبی است و باید بخش اعظم ظرفیت نیروگاهی کشور در اختیار نیروگاه‌های چرخه ترکیبی باشد، ضمن اینکه براساس ماده (۱۳۳) قانون برنامه پنج‌ساله پنجم توسعه، وزارت نیرو مکلف شده است ۱۲,۰۰۰ مگاوات از نیروگاه‌های گازی موجود را نیز به سیکل ترکیبی تبدیل کند، اما متأسفانه نه تنها به این وظیفه قانونی خود عمل نکرده بلکه درحال حاضر بسیاری از نیروگاه‌ها (نظیر نیروگاه‌های آبادان، هرمزگان، شیروان، ارومیه، سبلان، جهرم، شهید کاوه و سمنان) که طراحی اولیه آنها چرخه ترکیبی بوده است، فقط بخش گازی آنها فعال است. فاز دوم این نوع نیروگاه‌ها (که همان بخش بخار است) به‌دلیل سرمایه‌بری بالا و زمان‌بر بودن روند بهره‌برداری از آن، به اتمام نرسیده است. بنابراین اولین گام وزارت نیرو برای افزایش متوسط راندمان نیروگاه‌های کشور، تکمیل نیروگاه‌های چرخه ترکیبی و بهره‌برداری از واحدهای بخاری آنهاست. گام دوم برای بهبود متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی تبدیل نیروگاه‌های گازی موجود به چرخه ترکیبی و عمل به وظیفه قانونی مطرح شده در قانون برنامه پنجم است.

علاوه‌بر این، مسئله نوع نیروگاه‌های حرارتی و ترکیب آنها در ایران، عوامل فنی و محیطی نیز در پایین بودن راندمان نیروگاه‌های حرارتی نقش دارند که در ادامه به تفصیل درباره آنها بحث خواهد شد.

۳. بررسی تأثیر عوامل فنی بر راندمان نیروگاه‌های حرارتی

نوع تجهیزات نصب شده در یک نیروگاه در میزان توان خروجی و راندمان آن بسیار مؤثر است، لذا در گام‌های اولیه طراحی و نصب یک نیروگاه باید به راندمان تجهیزات مختلف مورد استفاده ازجمله توربین، بویلر، کمپرسور، محفظه احتراق و... توجه شود. به علت رشد سریع علم و تکنولوژی، تغییرات راندمان تکنولوژی‌های مختلف بسیار سریع‌تر از گذشته بوده و تفاوت راندمان میان تکنولوژی‌هایی که در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند قابل توجه است. به‌طور مثال توربین‌هایی که درحال حاضر در اکثر نیروگاه‌های بزرگ ایران نصب شده یا می‌شوند، از نوع V 94.2 بوده که تکنولوژی ساخت آن مربوط به سال ۱۹۸۱ (یعنی حدود ۳۰ سال پیش) می‌شود و راندمان آن در شرایط استاندارد ایزو[۱] با توان ۱۶۳MW، حدود ۳٤/۵۱ درصد و با توان ۱۱۲ MW حدود ۳۱ درصد است. این درحالی است که توربین‌هایی که طی سال‌های اخیر در دنیا طراحی

۱. مبنای مقایسه راندمان و توان توربین‌های گاز، شرایط خاصی است که شرایط استاندارد ایزو (ISO) نامیده می‌شود. مشخصات شرایط ISO عبارتند از اینکه هوای محیط در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد، فشار هوای محیط یک اتمسفر باشد، رطوبت نسبی هوای محیط ٦۰ درصد باشد و توربین گاز در ۱۰۰ درصد بار تحت بهره‌برداری باشد.

شده‌اند راندمان بسیار بالاتری دارند، به‌عنوان مثال توربین گاز GE9001H که در سال ۲۰۰۱ توسط شرکت جنرال الکتریک طراحی شده، با توان ۳۳۰MW، راندمانش حدود ۳۹/۵ درصد است و در صورتی‌که در کنار سیکل بخار استفاده شود (یعنی سیکل ترکیبی)، راندمان آن به بیش از ٦۰ درصد نیز می‌رسد. همچنین توربین گاز با نام LMS100 محصول سال ۲۰۰۵ کمپانی جنرال الکتریک و با توان ۱۰۰ مگاوات، راندمان آن به تنهایی به بیش از ٤٦ درصد هم می‌رسد.[۱] لذا راندمان نیروگاه‌های ایران را نمی‌توان با کشورهای پیشرفته اروپایی یا حتی دیگر کشورهای درحال توسعه مقایسه کرد.

جدول ۲ تجهیزات مورد استفاده در ساخت برخی نیروگاه‌های حرارتی ایران را نشان می‌دهد. درحال حاضر تکنولوژی ساخت توربین گازی و بخاری توسط شرکت مپنا بومی شده و کشور از این نظر بی‌نیاز از واردات تکنولوژی است و از همین رو در نیروگاه‌های جدیدالاحداث از توربین‌های ساخت این شرکت استفاده می‌شود. بنابراین یکی از گام‌های اساسی برای بهبود راندمان نیروگاه‌های جدیدالاحداث در کشور، بهبود راندمان تجهیزات طراحی شده برای نیروگاه‌های مورد نظر توسط این شرکت است. لذا تقویت بخش تحقیق و توسعه طراحی توربین‌های گازی و بخاری در کشور می‌تواند کمک بزرگی به بهبود راندمان نیروگاه‌های جدیدالاحداث کند.

عامل مهم دیگری که درباره تجهیزات یک نیروگاه مهم است و بر توان خروجی و راندمان نیروگاه اثر می‌گذارد، انجام به‌موقع تعمیرات دوره‌ای و اساسی تجهیزات است. عدم تعمیر به‌موقع برخی تجهیزات علاوه بر اینکه موجب کاهش عمر و راندمان نیروگاه و افزایش مصرف داخلی تجهیزات می‌شود، ایمنی نیروی انسانی را نیز تهدید می‌کند. متأسفانه در بسیاری نیروگاه‌های ایران (خصوصاً نیروگاه‌هایی که توسط دولت اداره می‌شوند)، به این امر توجه کافی نمی‌شود. در نیروگاه‌هایی که توسط دولت اداره می‌شوند انگیزه اقتصادی لازم برای توجه به میزان سوخت مصرفی و راندمان آنها وجود نداشته و به همین دلیل به مسائل مربوط به تعمیر و نگهداری تجهیزات توجه کافی نمی‌شود. به همین دلیل است که نیروگاه‌هایی که توسط بخش خصوصی واقعی اداره می‌شوند (با وجود شرایط اقلیمی و تجهیزات مشابه) نسبت به نیروگاه‌های دولتی راندمان بالاتری دارند.

۱. آشنایی با اصول طراحی نیروگاه‌های حرارتی، شرکت مهندسین مشاور مونتکو ایران، انتشارات شیوه، ۱۳۸۸.

جدول ۲. تجهیزات مورد استفاده در ساخت نیروگاه‌های ایران

نوع نیروگاه	نام نیروگاه	سال بهره‌برداری	بازدهی در سال ۱۳۹۱ (درصد)***	شرکت سازنده نیروگاه	سازنده بویلر	سازنده توربین	مدل و تیپ توربین
بخاری	سهند	۱۳۸٤	۳۷/۳	مپنا	SEC چین	SEC چین	N325-16/7/538 MOSUB-C-R-IT1
	شازند	۱۳۸۰	۳۹/۸	مپنا	DEC چین	DEC چین	QFSN-350-2-20
گازی	خلیج فارس	۱۳۸٤	۳۲/۹	مپنا	آلستوم	آلستوم	GT13E2
چرخه ترکیبی	دماوند	۱۳۸٤	٤۳/۹	مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	توگا ـ آلساندو ـ زیمنس	V94/2
	کرمان	۱۳۸۷	٤۹/٤	مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	آلساندو ـ توگا ـ زیمنس	V94/2 SIEMENS
	گیلان	۱۳۷٦	٤٤/۲	زیمنس	Waagner Biro	زیمنس	V94.2
	کازرون	۱۳۸٦	٤۳/۹	مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	توگا ـ آلساندو ـ زیمنس	V94.2
	نیشابور	۱۳۸۲	٤۷/٥	مپنا- GE فرانسه	مپنا بویلر- فاستر ویلر	زیمنس- GE فرانسه	F9 MS 9000 Inpulse+ Reaction
	شهید رجائی	۱۳۸۰	٤٥/٤	جان براون- مپنا	مپنا بویلر- فاستر ویلر	زیمنس	
	منتظر قائم	۱۳۷۹	٤۸/۸	جان براون-مپنا	فاستر ویلر	زیمنس- GE فرانسه	Frame 9- E type
	فارس	۱۳۸۱	٤٤	جان براون-مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	زیمنس- جان براون	GE frame 9- E9001
	یزد	۱۳۸۸	٤٦/۸	مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	توگا ـ زیمنس	پارس ژنراتور ـ GEP9E Alsthom
	سنندج	۱۳۸٥	٤٤/۳	مپنا	مپنا بویلر ـ درسان	توگا ـ آلساندو ـ زیمنس	V94.2
	قم	۱۳۷۷	٤۳/٥	میتسوبیشی	A.B.B Sea Sadelmi	MHI ABB-KWE	MW 701 D ABB 100MW

مأخذ: همان (تولید نیروی برق).

۴. بررسی تأثیر عوامل محیطی ازجمله دما، رطوبت و ارتفاع، بر راندمان نیروگاه‌های حرارتی

شرایط محیطی و جغرافیایی تأثیرات متفاوتی را بر هریک از انواع نیروگاه‌های گازی، بخاری و چرخه ترکیبی دارند، به همین دلیل ذیلاً تأثیر پارامترهای مختلف محیطی و جغرافیایی روی انواع نیروگاه‌های حرارتی به تفکیک بررسی شده است.

۱-۴. نیروگاه گازی

سرعت در نصب و بازدهی، میزان هزینه سرمایه‌گذاری و عملیاتی پایین، وزن کم و امکان کاربرد

سوخت چندگانه از محاسن توربین‌های گازی محسوب می‌شوند. توربین‌های گازی امروزی با گاز طبیعی، گازوئیل، نفت، متان، گازهای باارزش حرارتی پایین (مانند بیوگاز)، نفت‌گاز تقطیر شده و حتی گاز حاصل از فضولات کار می‌کنند. مهمترین معایب توربین‌های گازی، متأثر بودن قدرت و راندمان توربین از شرایط محیطی، نیاز به تعمیرات اساسی در فواصل زمانی کوتاه‌تر و راندمان پایین آنهاست.

هر توربین گاز، توانی مشخص را با راندمانی معین تولید می‌کند. تغییر هریک از پارامترهای شرایط استاندارد ایزو، عملکرد توربین گاز را از نظر توان و راندمان تحت تأثیر قرار می‌دهد که دلایل، چگونگی و میزان تأثیر هریک از این پارامترها بر توان و راندمان توربین گازی در این بخش بررسی خواهد شد.

با توجه به اینکه توربین مورد استفاده در اکثر نیروگاه‌های گازی ایران توربین گازی V 94.2 است، در این گزارش نیز برای بررسی آثار تغییرات شرایط محیطی بر توربین‌های گازی، تأثیر شرایط محیطی بر توربین V 94.2 به‌طور خاص بررسی شده است. مشخصات این توربین گازی در شرایط ایزو، در جدول ۳ نشان داده شده است. از افت فشار جریان هوای ورودی و خروجی توربین گاز صرفنظر شده و سوخت مصرفی، متان خالص است.

جدول ۳. مشخصات توربین گازی Siemens V94.2 در شرایط ایزو (ISO)

نسبت فشار	۱۱/۱
دمای ورودی توربین (درجه سانتی‌گراد)	۱,۱٤۹
دمای خروجی توربین (درجه سانتی‌گراد)	٥٤۰
دبی هوای ورودی (کیلوگرم بر ثانیه)	٥۱۰
توان مصرفی کمپرسور (کیلووات)	۱٦٤,٦۹۳
توان تولیدی توربین (کیلووات)	۳۲۷,۱٥۳
توان خالص خروجی (کیلووات)	۱٥۸,۸۹۸
دبی سوخت (کیلوگرم بر ثانیه)	۹/۲
راندمان (درصد)	۳٤/٥۱

مأخذ: آشنایی با اصول طراحی نیروگاه‌های حرارتی، شرکت مهندسین مشاور مونتکو ایران، انتشارات شیوه، ۱۳۸۸.

همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌شود راندمان توربین V 94.2 در شرایط استاندارد و با سوخت با کیفیت مطلوب به ۳٤/٥۱ درصد می‌رسد، اما به‌دلیل اینکه سیال عامل در توربین‌های گازی هواست، هر عاملی که باعث تغییر پارامترهای هوا شود روی عملکرد توربین گازی تأثیرگذار

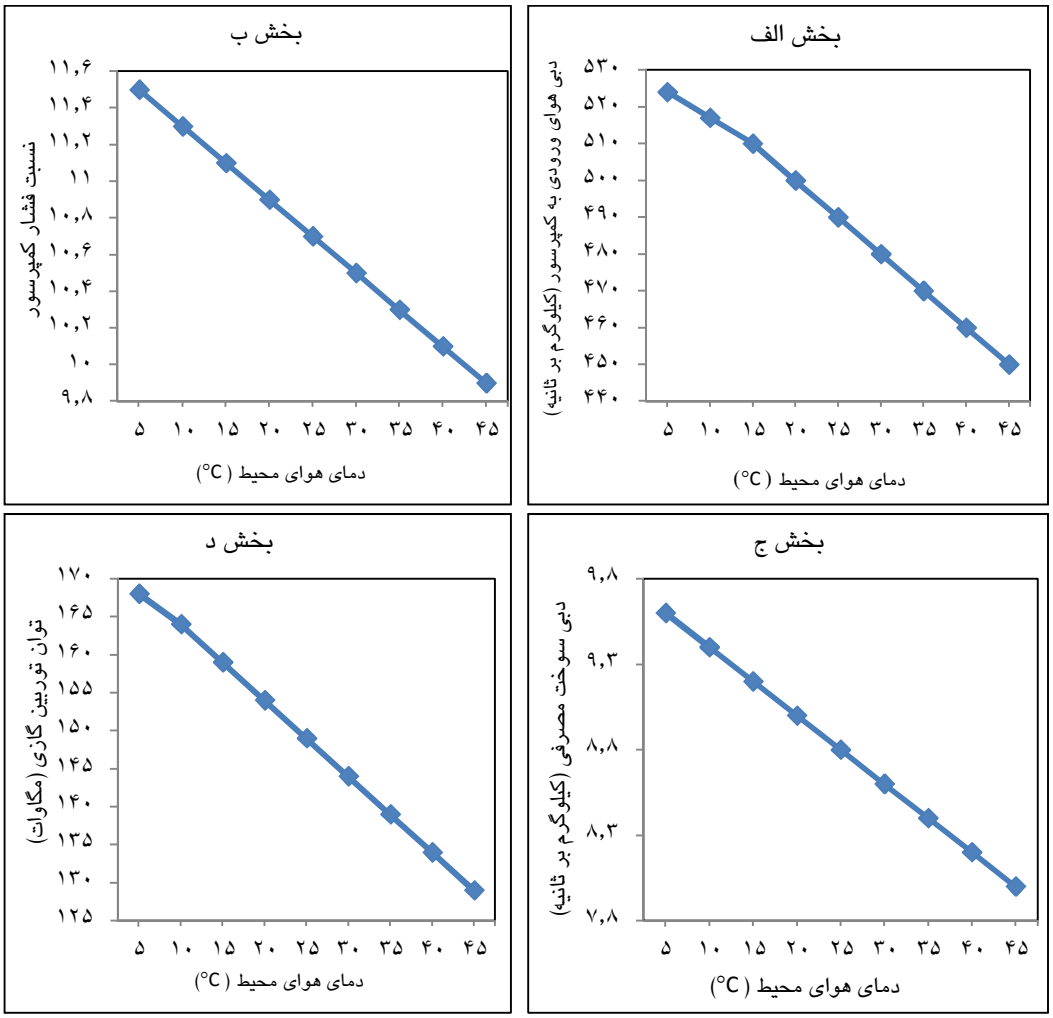
خواهد بود و منجر به کاهش توان یا راندمان توربین خواهد شد. در ادامه درباره تأثیر هریک از شرایط محیطی بر خروجی توربین گازی به‌طور مفصل بحث شده است.

۱-۱-۴. تأثیر دما

عملکرد سیکل توربین گازی به دمای هوای محیط بستگی زیادی دارد. هرچه درجه هوای ورودی به توربین بیشتر باشد چگالی آن کمتر می‌شود و از آنجا که توربین‌های گازی با دور ثابت کار می‌کنند حجم هوای ورودی به کمپرسور همواره ثابت است، لذا با کاهش چگالی هوا جرم عبوری از مجموعه کاهش می‌یابد. قدرت خروجی توربین، رابطه مستقیمی با دبی جرم عبوری از آن دارد، لذا با کاهش جرم عبوری، توان خروجی توربین کم می‌شود و به‌دلیل کاهش دبی هوای ورودی به کمپرسور، مصرف سوخت نیز کاهش می‌یابد. از طرفی فشردن هوای گرم به‌وسیله کمپرسور نیاز به صرف انرژی بیشتری دارد، بنابراین هرچه هوا گرم‌تر شود انرژی مورد نیاز کمپرسور برای فشردن آن بیشتر شده و انرژی کمتری در محور توربین برای تبدیل به انرژی الکتریکی باقی می‌ماند، ضمن اینکه نسبت فشار کمپرسور نیز تغییر می‌کند. این دو عامل باعث می‌شوند که با گرم شدن هوا، قدرت خروجی توربین گازی کاهش پیدا کند.

در نمودارهای ارائه شده سه پارامتر محیطی رطوبت نسبی، فشار محیط و بار توربین در شرایط استاندارد ایزو قرار دارند و تنها دمای محیط متغیر است. نمودار ۱، بخش الف کاهش دبی هوای ورودی به کمپرسور به‌دلیل افزایش دمای محیط را نشان می‌دهد، همان‌گونه در این نمودار دیده می‌شود به‌طور متوسط به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دمای هوا، دبی هوای ورودی به کمپرسور حدود ۲۰ کیلوگرم بر ثانیه کاهش می‌یابد. در نمودار ۱، بخش ب روند کاهش نسبت فشار کمپرسور با افزایش دمای هوا نشان داده شده است. ملاحظه می‌شود که نسبت فشار در دمای ٤٥ درجه سانتی‌گراد به حدود ۹۰ درصد مقدار نامی در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است.

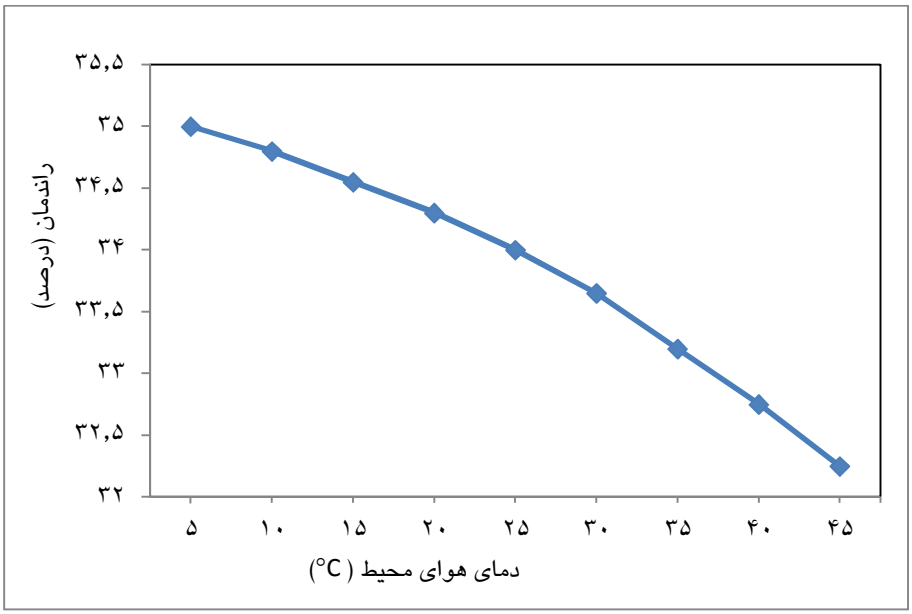
نمودار ۱. روند تغییرات پارامترهای عملکردی توربین V94.2 با افزایش دمای محیط



روند کاهش مصرف سوخت نیز در نمودار ۱، بخش ج نشان داده شده است. در اثر این تغییرات (افزایش دمای محیط و به‌تبع آن کاهش دبی هوای ورودی به کمپرسور و نسبت فشار کمپرسور) توان توربین گازی کاهش می‌یابد. به‌طور **متوسط به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، توان توربین گازی به میزان ۷ درصد کاهش می‌یابد.** به‌طوری که **ظرفیت اسمی توربین گازی V94.2 در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد به ۸۰ درصد توان ظرفیت اسمی در شرایط ایزو می‌رسد.** در نتیجه در ماه‌های گرم تابستان که پیک شبکه، عموماً در آن ماه‌ها اتفاق می‌افتد، ظرفیت واحدهای گازی نیز به‌شدت کاهش می‌یابد.

برآیند تغییرات همزمان توان و مصرف سوخت به‌گونه‌ای است که به‌طور متوسط به‌ازای هر ۱۰ درجه افزایش دما یک درصد از راندمان توربین کاسته می‌شود. روند کاهشی تغییرات راندمان در نمودار ۲ نشان داده شده است.

نمودار ۲. روند تغییرات راندمان توربین V94.2 با افزایش دمای محیط



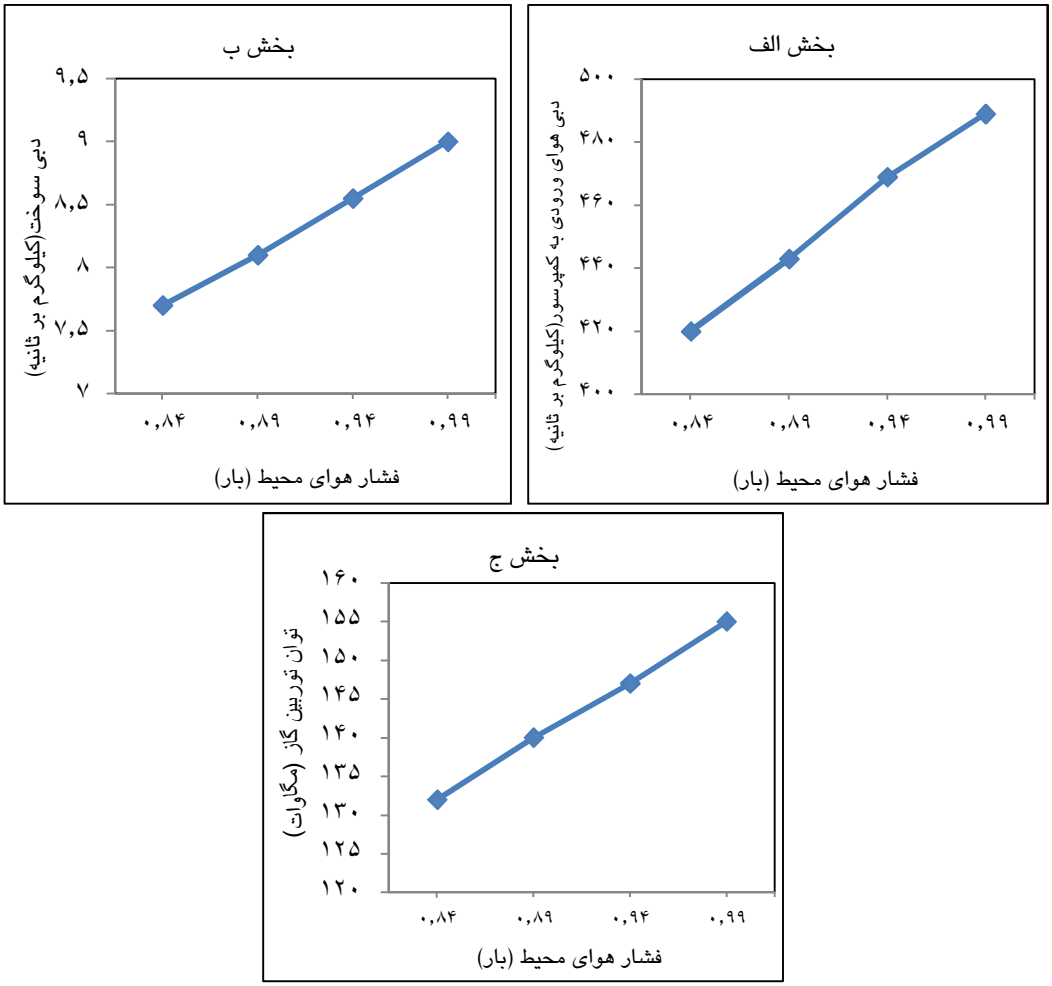
خوشبختانه برای جلوگیری از آثار منفی ناشی از افزایش دما، می‌توان از خنک کردن هوای ورودی به کمپرسور استفاده کرد. انواع روش‌های خنک کاری هوای ورودی به کمپرسور عبارتند از: سیستم‌های خنک کن تبریدی، سیستم‌های خنک کن مه‌پاش، سیستم‌های خنک کن مکانیکی، سیستم‌های خنک کن تبرید جذبی، سیستم‌های خنک کن ذخیره‌سازی حرارت. هریک از این روش‌ها با توجه به شرایط آب و هوایی محل نیروگاه و نیز هزینه تجهیزات و قیمت انرژی می‌تواند توجیه‌پذیر یا غیرقابل توجیه باشند. مثلاً سیستم مه‌پاش فقط برای مناطق گرم و خشک مناسب بوده و کارآیی لازم را برای مناطق گرم و مرطوب ندارد زیرا کارآیی سیستم خنک کن مه‌پاش به‌شدت تحت تأثیر رطوبت نسبی قرار می‌گیرد. سیستم‌های ذخیره‌سازی حرارت برای مناطق بیابانی که تفاوت دمایی زیادی بین روز و شب دارند، مناسب است یا اینکه چیلر جذبی با کارآیی بالا برای همه مناطق مناسب بوده ولی برای مناطق خشک، سیستم مه‌پاش توجیه اقتصادی بیشتری دارد.

۲-۱-۴. تأثیر ارتفاع

ارتفاع از سطح دریا به‌دلیل تغییر فشار هوا و تأثیر بر تراکم هوای ورودی به توربین گازی بر راندمان توربین اثرگذار است. با توجه به اینکه هوا یک سیال تراکم‌پذیر است، با افزایش ارتفاع از سطح زمین و کاهش فشار، چگالی هوا و دبی جرم عبوری از مجموعه و به‌تبع آنها، توان خروجی توربین کاهش می‌یابد. لازم به توضیح است که در نمودارهای ارائه شده سه پارامتر محیطی دیگر شامل دما، رطوبت نسبی و بار توربین گازی در شرایط استاندارد قرار دارند. همان‌گونه که در نمودار ۳، بخش الف شکل

زیر دیده می‌شود با کاهش فشار محیط به میزان ۰/۱ بار (که معادل ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع است، به فرض اینکه ترکیب هوا با تغییر ارتفاع تغییری نکرده باشد)، دبی هوای ورودی به کمپرسور به اندازه ۵۰ کیلوگرم بر ثانیه کاهش می‌یابد. از آنجایی که دبی سوخت توسط سیستم کنترلی به‌گونه‌ای تنظیم می‌شود که دمای گاز در ورودی به توربین ثابت باقی بماند، دبی سوخت نیز به همان نسبت کاهش می‌یابد. برآیند این دو تغییر به‌گونه‌ای است که راندمان توربین گازی تقریباً ثابت باقی می‌ماند.

نمودار ۳. روند تغییرات پارامترهای عملکردی توربین V94.2 با افزایش ارتفاع



نتایج حاصل از این بخش را می‌توان به‌صورت زیر جمع‌بندی کرد:

تأثیر ارتفاع بر توان خروجی توربین گازی چشمگیر است، به‌گونه‌ای که به‌طور **متوسط به‌ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع، توان خروجی توربین یک درصد کاهش می‌یابد**. در صورت نصب توربین گازی در محل‌های مرتفع یک افت توان دائمی برای توربین گازی وجود خواهد داشت به‌طور مثال **اگر یک توربین گازی V94.2، با توان اسمی ۱۶۰ مگاوات، در ارتفاع ۲۰۰۰ متری بالاتر از**

سطح دریا نصب شود، در شرایط نامی عملکرد (یعنی در حالتی که بقیه پارامترهای عملکردی توربین ثابت بمانند) حداکثر ۱۲۵ مگاوات تولید خواهد داشت. بنابراین تا حد امکان باید از نصب توربین گازی در نواحی مرتفع خودداری کرد. همچنین محل توربین گاز نباید در ارتفاع بسیار پایین باشد تا در معرض سیل قرار گیرد. ارتفاع مناسب از سطح دریا برای نیروگاه‌های گازی صفر تا ۱۰۰۰ متر می‌باشد.[۱]

۳-۱-۴. رطوبت نسبی[۲]

مولکول‌های هوا از مولکول بخار آب سنگین‌ترند[۳] و با افزایش رطوبت نسبی هوا، چگالی آن کاهش می‌یابد. از آنجایی که توربین گازی، دبی حجمی ثابتی از هوا را از طریق کمپرسور می‌مکد، با کاهش چگالی هوا، دبی جرمی ورودی به کمپرسور کاهش می‌یابد.

نمودار تغییرات دبی جرمی هوای ورودی به کمپرسور بر حسب رطوبت نسبی در نمودار ٤، بخش الف نشان داده شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود تغییر رطوبت نسبی باعث کاهش دبی تا حداکثر ۳ کیلوگرم بر ثانیه در هوای ورودی به کمپرسور می‌شود. با کاهش دبی هوای ورودی به کمپرسور مصرف سوخت کاهش می‌یابد. از طرفی به‌دلیل وجود بخار آب بیشتر در هوای ورودی، ظرفیت حرارتی هوا افزایش یافته و موجب افزایش مصرف سوخت می‌شود. برآیند این دو تغییر به‌گونه‌ای است که باعث افزایش اندک مصرف سوخت می‌شود. تغییرات مصرف سوخت توربین گازی V94.2 برحسب رطوبت نسبی در نمودار ٤، بخش ب نشان داده شده است، همان‌گونه که دیده می‌شود **در دامنه کامل تغییرات رطوبت نسبی از صفر تا ۱۰۰ درصد، مصرف سوخت، کمتر از ۰/۰۶ کیلوگرم بر ثانیه افزایش می‌یابد**.

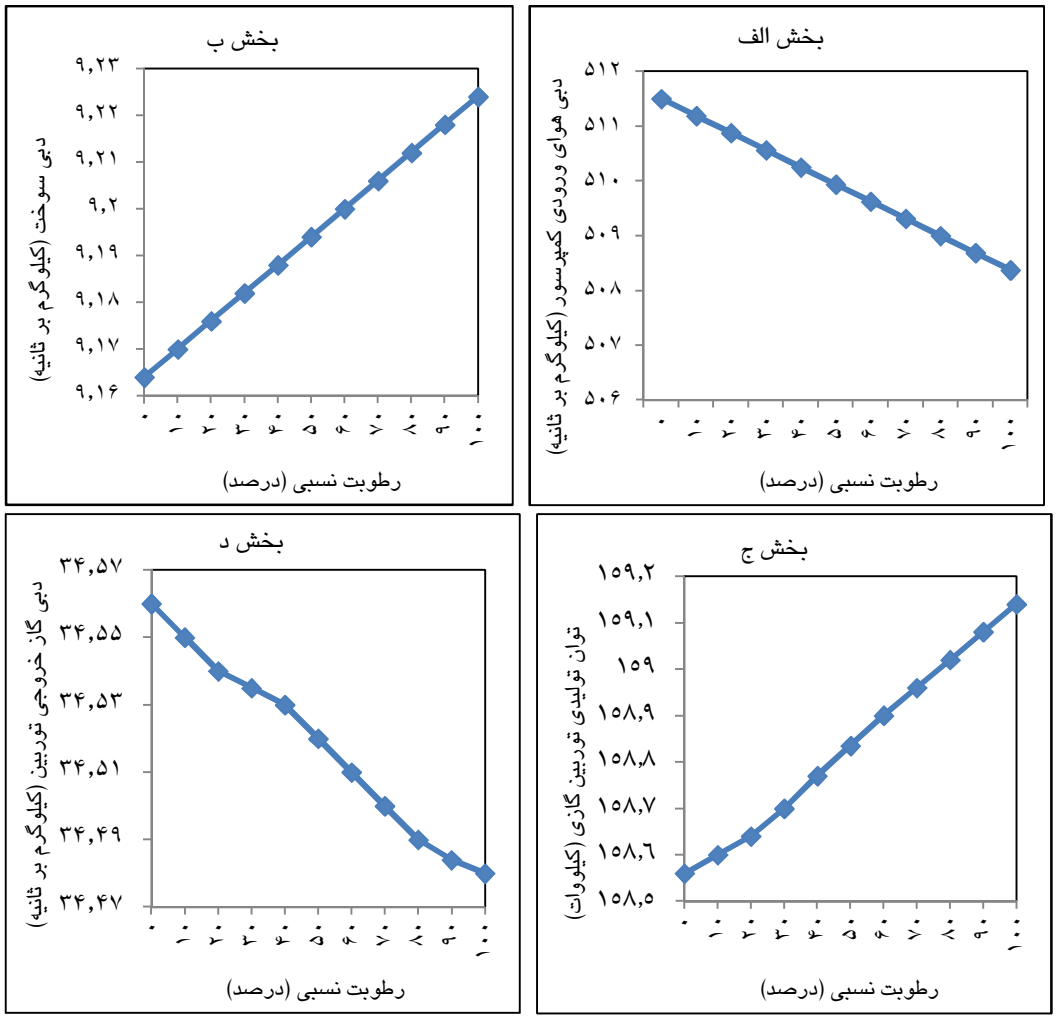
---

۱. مهدی جزینی، ماهنامه صنعت برق، ۱۳۸۹.

۲. رطوبت نسبی نشانگر میزان بخار آب موجود در هوا در دمای مشخص، به حداکثر بخار آبی است که هوا می‌تواند در این دما در خود ذخیره کند.

۳. وزن مولکولی هوای خشک ۲۹ و وزن مولکولی آب ۱۵ گرم است. بنابراین در یک حجم ثابت هر اندازه که رطوبت نسبی بیشتر باشد، جرم کاهش می‌یابد.

نمودار ۴. روند تغییرات پارامترهای عملکردی توربین V94.2 با افزایش رطوبت نسبی



گازهای داغ حاوی بخار آب بیشتر، دارای آنتالپی ویژه[۱] بیشتری بوده و بر واحد جرم، توان بیشتری در توربین تولید می‌کنند ولی از طرفی کاهش دبی باعث کاهش توان تولیدی می‌شود. برآیند این تغییرات در توان تولیدی توربین گازی، همان‌گونه که در نمودار ٤، بخش ج نشان داده شده باعث افزایش ناچیز توان تولیدی می‌شود. **با افزایش رطوبت نسبی به ۱۰۰ درصد، توان خروجی توربین به میزان کمتر از ۶۰۰ کیلووات کاهش می‌یابد.** برآیند تغییرات توان و سوخت مصرفی به‌گونه‌ای است که راندمان کاهش می‌یابد. تغییرات راندمان توربین گازی برحسب رطوبت نسبی در نمودار ٤، بخش د نشان داده شده است. همان‌گونه که در نمودار ٤، بخش د نیز مشاهده می‌شود **افزایش ۱۰۰**

۱. آنتالپی(Enthalpy): آنتالپی یکی از خواص سیستم است که به کل انرژی آن اطلاق می‌شود. تغییرات آنتالپی درواقع بیان‌کننده تغییرات و انتقال انرژی در سیستم‌های شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی است. آنتالپی یک کمیت ترمودینامیکی تابع حالت است و واحد اندازه‌گیری آن در سیستم SI ژول است.

آنتالپی ویژه (Specific Enthalpy): آنتالپی ویژه به آنتالپی سیستم بر واحد جرم گفته می‌شود.

درصد رطوبت نسبی باعث کاهش راندمان به میزان ۰/۰۸ درصد می‌شود که بسیار ناچیز است.

به‌عنوان جمع‌بندی این بخش می‌توان گفت با افزایش رطوبت نسبی، دبی جرمی هوای ورودی به کمپرسور، کاهش، توان خالص خروجی و مصرف سوخت، افزایش یافته و راندمان کم می‌شود. اما مقادیر افزایش و کاهش‌های ذکر شده در متغیرها، در اثر تغییر رطوبت نسبی، بسیار ناچیزند به‌گونه‌ای که عملاً می‌توان گفت رطوبت نسبی تأثیری بر عملکرد توربین گازی ندارد.

اما علاوه‌بر تأثیرات ناچیزی که افزایش رطوبت بر توان و راندمان توربین دارد، بخار آب موجود در هوای ورودی به توربین در صورتی‌که از حد مجاز آن بیشتر باشد باعث خوردگی و ساییدگی پره‌های توربین و قطعات دیگر می‌شود و در بلندمدت بازده توربین را کاهش داده و عمر تجهیزات را نیز کم می‌کند. لذا برای افزایش طول عمر تجهیزات و جلوگیری از سایش و خوردگی پره‌های توربین باید به اندازه‌گیری بخار آب موجود در هوای ورودی به کمپرسور و توربین توجه شده و از نصب توربین گازی در مناطق بسیار مرطوب و شرجی خودداری شود. به‌طور کلی میزان رطوبت در محیط برای استفاده از توربین‌های گازی بهتر است از ۳۰ درصد افزایش نیابد.[1]

تأثیرات شرایط محیطی بر توربین گازی را می‌توان به‌شرح زیر خلاصه کرد:

۱. به ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، توان خروجی توربین گازی ۷ درصد کاهش می‌یابد.

۲. به‌ازای هر ۱۰ درجه سانتی‌گراد افزایش دما، حدود یک درصد از راندمان توربین گازی کم می‌شود.

۳. به ازای هر ۱۰۰ متر افزایش ارتفاع از سطح دریا، توان خروجی توربین یک درصد کاهش می‌یابد.

٤. در دامنه کامل تغییرات رطوبت نسبی از صفر تا ۱۰۰ درصد، مصرف سوخت کمتر از ۰/۰٦ کیلوگرم بر ثانیه افزایش می‌یابد.

۵. در دامنه کامل تغییرات رطوبت نسبی از صفر تا ۱۰۰ درصد، راندمان توربین گاز حدود ۰/۰۸ درصد کاهش می‌یابد.

۲-۴. نیروگاه بخاری

تأثیر پارامترهای محیطی و جغرافیایی بر توربین‌های بخاری بسیار ناچیز بوده و بیشتر از آنکه بر

1. Wong. N.N. and et al. "Optical Measurement of Wet Steam in Turbines" , Jounal of Engineeing for Gas Turbines and Power, 1988.

عملکرد توربین تأثیرگذار باشد، بر تجهیزات جانبی آن اثرگذار است. در توربین بخاری به‌دلیل اینکه دارای سیکل بسته و سیال عامل آن، آب خالص است، تغییرات دما، فشار و رطوبت محیط، تأثیر زیادی بر عملکرد توربین ندارند. تنها برخی از شرایط محیطی بر تجهیزات جانبی نیروگاه که مصرف داخلی نیروگاه را به‌خود اختصاص می‌دهند، تأثیرگذارند. به‌عنوان مثال افزایش دمای هوای محیط موجب افزایش مصرف فن‌های تأمین هوای بویلر، پمپ‌های سوخت بویلر، پمپ‌های سوخت سنگین و فن‌های برج خنک کن و برخی تجهیزات دیگر شده و مصرف داخلی نیروگاه را افزایش می‌دهد. به‌طوری که در فصول سرد می‌توان بعضی از تجهیزات پرمصرف را از مدار خارج و از این طریق در مصرف انرژی صرفه‌جویی کرد.[۱]

همچنین برخی از شرایط محیطی بر پراکنش آلودگی ناشی از فعالیت نیروگاه مؤثرند و باید به‌علت جلوگیری از انباشته شدن آلودگی ناشی از گازهای خروجی از نیروگاه، موقعیت و شکل زمینی که در آن نیروگاه بنا می‌شود به‌صورت دشتی و فاقد تپه ماهور باشد. همچنین برای جلوگیری از ایجاد اختلاف فشار در قسمت‌های مختلف نیروگاه، که باعث آسیب دیدن و کاهش راندمان نیروگاه می‌شود، شیب زمین نباید بیش از ٦ درصد باشد. فشار در سیکل‌های بخار تأثیر کمتری دارد، اما بهتر است ارتفاع از سطح دریا در محل احداث نیروگاه‌های بخاری بین صفر تا ۱۰۰۰ متر باشد.

۳-۴. نیروگاه چرخه ترکیبی

نیروگاه چرخه ترکیبی شامل دو سیکل بخاری و گازی است به نحوی که گازهای داغ خروجی از محفظه احتراق پس از آنکه از توربین گاز عبور کرده و تولید قدرت می‌کنند، برای تولید بخار در دیگ‌های بخار بازیاب مورد استفاده قرار می‌گیرند. بخار تولید شده توسط دیگ‌های بخار بازیاب وارد توربین بخار شده و تولید قدرت می‌کنند و به این طریق بدون مصرف سوخت، اضافه تولید برق دارند. توان اسمی سیکل بخار در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی نصف توان سیکل گازی است. نیروگاه‌های چرخه ترکیبی علاوه‌بر داشتن بازده و توان بالا، از مزایای دیگری نیز مانند انعطاف‌پذیری، قابلیت راه‌اندازی سریع، مناسب بودن برای تأمین بار پایه برخوردارند. در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی امکان استفاده هر نوع سوختی که در نیروگاه‌های گازی استفاده می‌شود وجود دارد.

شاید تنها ویژگی منفی نیروگاه‌های چرخه ترکیبی، پیچیدگی آنها باشد. اساساً در چرخه ترکیبی از دو نوع تکنولوژی متفاوت استفاده می‌کنند که همین امر باعث می‌شود فرآیند ساخت و

---

۱. مهدی جزینی، ماهنامه صنعت برق، ۱۳۸۹.

بهره‌برداری و همچنین تعمیر و نگهداری این نیروگاه‌ها به مراتب سخت‌تر از نیروگاه‌های گازی و بخاری به تنهایی باشند.

تمامی عوامل محیطی که بر بازده و توان نیروگاه‌های گازی و بخاری تأثیرگذارند بر بازده و توان نیروگاه‌های چرخه ترکیبی نیز تأثیر خواهند گذاشت، با این تفاوت که تأثیرات هریک از پارامترهای مؤثر بر بازده و توان نیروگاه‌های گازی در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی شدیدتر است، زیرا هر عاملی که موجب کاهش دما یا کاهش دبی گازهای خروجی از توربین گازی شود، بر عملکرد توربین بخاری نیز تأثیر گذاشته و به‌عبارتی راندمان سیکل بخار را هم کاهش می‌دهد. به‌عنوان مثال **به‌ازای هر یک درصد افت توان توربین گازی یا ۵ درصد کاهش در دمای گازهای خروجی توربین گازی، جریان بخار تولیدی نیز یک درصد کاهش می‌یابد**. بنابراین تمامی ملاحظات محیطی و فنی که در احداث یک نیروگاه گازی و بخاری باید به آن توجه شود، در نیروگاه‌های چرخه ترکیبی هم باید مورد توجه بیشتری قرار گیرند.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ایران در سرزمین نسبتاً مرتفعی واقع شده است، به‌طوری که ارتفاع آن از سطح دریا به‌طور متوسط بیش از ۱۰۰۰ متر است.[۱] البته اگرچه تأثیر افزایش ارتفاع در کاهش راندمان نیروگاه‌های گازی و بخاری قابل توجه نیست، اما باعث افت دائمی توان توربین گازی می‌شود، به‌طوری که به‌ازای ۱۰۰۰ متر افزایش ارتفاع، توان اسمی توربین گازی حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد. این بدان معنی است که **نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی در اکثر مناطق ایران به‌جز مناطق ساحلی شمال و جنوب کشور، همیشه حدود ۱۰ درصد زیر ظرفیت اسمی‌شان کار می‌کنند که این امر موجب هدر رفتن ۱۰ درصد از کل سرمایه‌گذاری انجام شده برای اینگونه نیروگاه‌ها می‌شود.**

این درحالی است که افزایش دما بیشترین تأثیر منفی را بر راندمان نیروگاه‌های گازی و چرخه ترکیبی دارد. کشور ایران از نظر شرایط آب و هوایی دارای اقلیم‌های متفاوتی است به‌طوری که اختلاف دما در مناطق مختلف ایران در یک روز به میزان ۳۰ درجه سانتیگراد می‌رسد. به‌عبارت

---

۱. در یک بررسی آماری از میان ۱۸۸ شهر با جمعیت بالا در ایران نشان می‌دهد که ٦٥ شهر (معادل ٣٤/٥ درصد) در ارتفاع بین ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریا استقرار یافته‌اند (شهرهایی چون تهران، اصفهان، شیراز، تبریز، ارومیه، اردبیل، کرمانشاه و تعداد قابل توجهی از مراکز استان‌ها در این دسته قرار می‌گیرند). ۳۹ شهر (معادل ۲۰/۸ درصد) در ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر قرار گرفته‌اند (شهرهای مذکور، سکونتگاه‌های واقع در شمال و جنوب کشور را شامل می‌شوند). شهرهای واحه‌ای و کویری نیز عمدتاً در ارتفاعات ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ متر (۳۰ شهر معادل ١٦ درصد) و بعضاً در ارتفاعات ٤٠٠ تا ۸۰۰ متر (۷ شهر معادل ۳/۷ درصد)، استقرار یافته‌اند. این شهرها، سکونتگاه‌هایی چون میبد، اردکان، کاشان، نیشابور، بم، مشهد، قم و سمنان را شامل می‌شوند.

دیگر ایران دارای مناطق گرمسیری و سردسیری زیادی است، اما دخالت عوامل دیگر ازجمله سهولت دسترسی به سوخت یا آب مورد نیاز نیروگاه‌ها، امنیت در مقابل حوادث طبیعی و غیرطبیعی، نزدیکی به نقاط عمده مصرف و برخی عوامل سیاسی و اجتماعی دیگر باعث شده‌اند که احداث نیروگاه‌های حرارتی بر پایه تغییرات دمایی مناطق نباشد و بعضاً بسیاری از نیروگاه‌های گازی در مناطق گرمسیری مانند خوزستان، فارس و استان‌های حاشیه خلیج فارس احداث شود و در نتیجه متوسط راندمان نیروگاه‌های گازی و چرخه ترکیبی به میزان قابل توجهی افت کند. برای تعیین محل احداث یک نیروگاه، از مدل‌های پیشرفته‌ای استفاده می‌شود که در آن تمامی شرایط محیطی مؤثر بر عملکرد نیروگاه بررسی شده و محدوده مناسب برای احداث نیروگاه مشخص می‌شود، اما متأسفانه در برخی موارد این‌گونه بررسی‌ها به وسیله عوامل سیاسی و اجتماعی تحت تأثیر قرار گرفته و در نتیجه عملاً تأثیر پارامترهای محیطی بر عملکرد نیروگاه نادیده گرفته شده و آن‌طور که باید مورد توجه قرار نمی‌گیرد.

با توجه به اینکه بسیاری از نیروگاه‌های مورد بهره‌برداری در ایران در محل‌های نامناسبی نصب شده‌اند افزایش راندمان آنها به‌راحتی امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان با مدیریت صحیح و بعضاً سرمایه‌گذاری اندک، راندمان یک نیروگاه را بهبود بخشید. در نهایت به‌نظر می‌رسد مهمترین دلیل پایین بودن متوسط راندمان نیروگاه‌های حرارتی در ایران، نبود انگیزه اقتصادی لازم و بی‌توجهی برخی مدیران به افزایش راندمان نیروگاه و کاهش مصرف سوخت و هزینه است. به‌عبارت دیگر به‌دلیل اینکه از محل پایین بودن راندمان نیروگاه‌ها و مصرف بالای سوخت در نیروگاه‌های حرارتی، خسارتی متوجه وزارت نیرو نمی‌شود، حساسیت لازم برای اجرای قانون و بهبود راندمان نیروگاه‌ها و کاهش مصرف سوخت وجود ندارد.

در پایان ذکر این نکته ضروری است که در زمینه صرفه‌جویی انرژی در نیروگاه‌های حرارتی و بهبود راندمان آنها به لحاظ قانونی کاستی وجود نداشته و بستر قانونی لازم برای جلب توجه کافی به مقوله بهبود راندمان نیروگاه‌های حرارتی وجود دارد. ولی به‌دلیل کم‌توجهی وزارت نیرو به این مقوله و برخی عوامل فنی و محیطی که گفته شد و خاص کشور ایران است، بهبود راندمان نیروگاه‌های حرارتی مطابق برنامه و قوانین مصوب صورت نگرفته است. در پایان پیشنهادهایی برای بهبود راندمان انواع نیروگاه‌های حرارتی درحال بهره‌برداری به‌شرح زیر ارائه می‌شوند:

۱. **تکمیل ساخت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی درحال احداث و بهره‌برداری از بخش بخاری این نیروگاه‌ها،**

۲. **تبدیل نیروگاه‌های گازی به نیروگاه سیکل ترکیبی و استفاده بهینه از حرارت گازهای خروجی،**

۳. افزایش قدرت خروجی توربین‌های گازی با استفاده از سرمایش هوای ورودی،

۴. افزایش راندمان سیستم‌های احتراق و بویلرها در انواع نیروگاه‌های حرارتی،

۵. افزایش راندمان نیروگاه‌ها با استفاده از روش‌های بازیاب حرارت،

۶. توسعه سیستم‌های گرمایش و سرمایش منطقه‌ای و ایجاد شرکت‌های فروش حرارت،

۷. توسعه استفاده از توربین‌های انبساطی در دستگاه‌های تقلیل فشار ورودی نیروگاه‌ها.

و برای برنامه‌ریزی بلندمدت به‌منظور بهبود راندمان تولید برق در کشور راهکارهای زیر پیشنهاد می‌شود:

ـ جلوگیری از نصب نیروگاه‌های حرارتی در مناطق کوهستانی و مناطق با ارتفاع زیاد،

ـ عدم نصب نیروگاه‌های حرارتی در مناطق گرمسیری،

ـ استفاده از تکنولوژی‌های جدیدتر و با راندمان بالاتر،

ـ تقویت بخش تحقیق و توسعه شرکت‌های سازنده توربین و تجهیزات جانبی نیروگاه‌های حرارتی به‌منظور دستیابی به تکنولوژی‌های پیشرفته‌تر و با راندمان بیشتر.

منابع و مآخذ

۱. ترازنامه انرژی سال ۱۳٦۰.

۲. آمار تفصیلی صنعت برق ایران سال ۱۳۹۱ (تولید نیروی برق).

۳. مدیریت انرژی در ایران (وضعیت موجود و راهکارها)، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸۹.

٤. بررسی و ارائه راهکارهای کاهش شدت انرژی، مؤسسه پژوهش در مدیریت و برنامه‌ریزی انرژی، ۱۳۸۵.

۵. نگاهی به انرژی در ایران، مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۳۸٦.

٦. جزینی، مهدی. ماهنامه صنعت برق، روابط عمومی توانیر، ۱۳۸۹.

۷. حاتمی‌پور، محمدصادق. افزایش توان خروجی و بازده توربین گاز با استفاده از حرارت اگزوز در یک سیکل تبرید جذبی برای پایین آوردن دمای هوای ورودی به کمپرسور، سومین همایش ملی انرژی.

۸. شرکت مهندسین مشاور موننکو ایران، آشنایی با اصول طراحی نیروگاه‌های حرارتی، انتشارات شیوه، ۱۳۸۹.

9. Wong. N.N. and et al. "Optical Measurement of Wet Steam in Turbines", Jounal of Engineeing for Gas Turbines and Power, 1988.

شناسنامه گزارش	مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	شماره مسلسل: ۱۳۵۷۵

عنوان گزارش: بررسی عوامل فنی و محیطی مؤثر بر بازدهی نیروگاه‌های حرارتی در ایران

نام دفتر: مطالعات انرژی، صنعت و معدن (گروه انرژی)

تهیه و تدوین: سیده‌مریم موسوی

ناظر علمی: محمدرضا محمدخانی، هوشنگ محمدی، هاشم خویی، فریدون اسعدی

متقاضی: حسین امیری خامکانی (عضو کمیسیون انرژی)

ویراستار تخصصی: ـــــ

ویراستار ادبی: قاسم میرخانی

واژه‌های کلیدی:

۱. راندمان

۲. نیروگاه حرارتی

۳. دما

۴. رطوبت

۵. ارتفاع

۶. سوخت

تاریخ انتشار: ۱۳۹۳/۱/۱۸