گزارش پژوهشی:

ارزیابی وضعیت بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی کشور و راهکارهای افزایش آن

اندیشکده اقتصاد مقاومتی

گروه انرژی

شهریور ماه ۱۴۰۲

رهبر معظّم انقلاب: علاج برون رفت از مشکلات کشور «اقتصاد مقاومتی» است.

معرفی اندیشکده اقتصاد مقاومتی

اندیشکده اقتصاد مقاومتی یک کانون تفکّر با ماموریت «تصمیم سازی برای حل مسائل اقتصاد کشور در راستای تحقق اقتصاد مقاومتی» است که در سال ۱۳۹۵ فعالیت رسمی خود را آغاز نمود.

شناسایی شبکه مسائل در هر حوزه موضوعی، طراحی راهکار برای حل مسائل احصاء شده و هم‌اندیشی جهت ارزیابی و تدقیق آن، بررسی تجربیات جهانی، طرح مباحث در فضای نخبگانی و رسانه‌ای و پیگیری راهکارهای ارائه شده از دستگاه‌ها و مسئولین مرتبط به منظور اتّخاذ تصمیمات لازم، از جمله فعالیت‌هایی است که در اندیشکده انجام می‌شود.

علاقه‌مندان می‌توانند از طریق سایت Mett.ir با اندیشکده اقتصاد مقاومتی در ارتباط باشند و نظرات، انتقادات و پیشنهادهای خود را در خصوص این گزارش و همچنین سایر فعالیت‌های اندیشکده، مطرح کنند.

ارزیابی وضعیت بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی کشور و راهکارهای افزایش آن

گروه موضوعی:	انرژی
نوع گزارش:	پژوهشی
شناسه:	۱۴۰۲۰۶۱۳۰
تاریخ انتشار:	۱۴۰۲/۰۶/۳۱
تهیه و تدوین:	محمدحسین احمدی
مدیر مطالعه:	افشین غلامعلی پور
ناظر علمی:	محمدمهدی یزدانی

خلاصه مدیریتی

براساس آمار راهبردی وزارت نیرو، تا پایان سال ۱۴۰۱ مجموع ظرفیت نیروگاه‌های کشور به حدود ۹۱ هزارمگاوات رسید که از این میزان بیش از ۷۶ هزارمگاوات ظرفیت نیروگاه‌های حرارتی است و در سال ۱۴۰۱ حدود ۹۴ درصد از کل برق تولید شده در کشور توسط این نیروگاه‌ها تأمین شده است.

ظرفیت عملی نیروگاه‌های حرارتی در زمان اوج تقاضای مصرف برق حدود ۵۷ هزار مگاوات است که با ظرفیت اسمی نیروگاه‌ها اختلاف ۱۹ هزارمگاواتی دارد؛ به علاوه ظرفیت قابل استحصال توسط نیروگاه‌های حرارتی در زمان اوج مصرف برق در سال ۱۴۰۱ حدود ۵۱ هزارمگاوات بوده است که با ظرفیت عملی این نیروگاه‌ها اختلاف ۶ هزارمگاواتی دارد. عدم توانایی استفاده از این ظرفیت، با وجود ناترازی ۱۲ و ۱۰ هزارمگاواتی در سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ اهمیت استفاده بهینه از نیروگاه‌های حرارتی و ارتقای بهره‌وری آن‌ها را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

براساس گزارش راهبردی وزارت نیرو در سال ۱۴۰۱ راندمان نیروگاه‌های حرارتی در کشور برابر ۳۹,۰۷ درصد بوده است. این رقم در مقایسه با کشورهایی مانند انگلستان (۴۸ درصد)، مصر (۴۵,۹ درصد)، ایتالیا (۵۰ درصد) آمریکا (۴۱ درصد) کمتر است، این درحالیست که برخی از این کشورها از نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز هم برای تولید برق استفاده می‌کنند که راندمان این نیروگاه‌ها محدود به ۴۰ درصد است. نیروگاه‌های حرارتی در ایران از گاز طبیعی به عنوان سوخت اصلی و از گازوئیل و مازوت به عنوان سوخت پشتیبان با وجود ناترازی گاز استفاده می‌کنند، که راندمان پایین نیروگاه‌های حرارتی باعث هدررفت این منابع در کشور می‌شود.

افزایش بهره‌وری در نیروگاه‌های حرارتی با کاهش مصرف سوخت، آب و هزینه‌های نیروگاه در حالت تولید یکسان یا افزایش انرژی خروجی با مصرف یکسان تعریف می‌شود. برای افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی، بخار و سیکل ترکیبی موجود در کل سه نوع «بهینه‌سازی بهره‌برداری واحدها»، «بهینه‌سازی اجزای داخلی» و «بهینه‌سازی فرآیند واحدها» می‌توانند، اجرایی شوند. در این میان بهینه‌سازی فرآیند واحدها شامل بازتوانی نیروگاه‌های بخار، سیکل‌ترکیبی کردن نیروگاه‌های گازی و استفاده از CHP برای تولید برق، بیشترین تأثیر را بر راندمان واحد دارد، هرچند هزینه پیاده‌سازی آن بیشتر است. عوامل مؤثر بر بهره‌وری پایین نیروگاه‌های حرارتی کشور به سه دسته اقتصادی، فنی و سیاسی تقسیم می‌شوند:

- عوامل اقتصادی: بدهی وزارت نیرو و قیمت پایین سوخت تحویلی به نیروگاه‌ها
- عوامل فنی: طول عمر بالای نیروگاه‌ها، ارتفاع بالای نیروگاه‌ها از سطح دریا، افزایش دما، انجام نامنظم و ناقص تعمیرات دوره‌ای و اساسی تجهیزات

- عوامل سیاسی: بروز نبودن قانون صنعت برق، ساختار معیوب صنعت برق ایران و عدم وجود تنظیم‌گر مستقل

در حال حاضر شرکت برق حرارتی در راستای افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی موجود برنامه‌های زیر را مدنظر دارد:

- جایگزینی نیروگاه‌های فرسوده با نیروگاه‌های جدید: طرح شرکت برق حرارتی جهت اخذ مجوز شورای اقتصاد برای بازنشستگی ۳۲۵۸ مگاوات نیروگاه فرسوده و جایگزینی از طریق احداث ۳۳۸۸ مگاوات نیروگاه راندمان بالا در حال نهایی‌سازی است. اجرای این طرح که نیازمند سرمایه‌گذاری حدود ۲۳۷۱ میلیون دلار است، باعث افزایش قابل توجه راندمان و صرفه‌جویی سالانه ۴,۸۸ میلیارد مترمکعب گاز خواهد شد.
- تبدیل نیروگاه‌های گازی بخش خصوصی به سیکل ترکیبی با اضافه کردن واحد بخار: این طرح که شامل احداث ۱۶ واحد بخاری با مجموع ظرفیت ۲۵۶۰ مگاوات برای تکمیل سیکل نیروگاه‌های گازی خصوصی و مستلزم سرمایه‌گذاری بالغ بر ۲۳۰۰ میلیون یورو است، صرفه‌جویی سالانه ۴ میلیارد مترمکعبی در مصرف گاز طبیعی را در پی خواهد داشت.
- تبدیل نیروگاه‌های گازی دولتی به سیکل ترکیبی با اضافه کردن واحد بخار: این طرح که شامل احداث ۱۲ واحد بخاری با مجموع ظرفیت ۱۹۲۰ مگاوات در ۶ نیروگاه دولتی است، با افزایش راندمان از ۳۴,۴ درصد به ۴۹,۵ درصد باعث صرفه‌جویی سالانه ۳ میلیارد مترمکعب گاز خواهد شد. هزینه سرمایه‌گذاری این طرح بیش از ۱۷۰۰ میلیون یورو برآورد می‌شود.
- ارتقای عملکرد نیروگاه‌های گازی کشور: شرکت برق حرارتی در سال ۱۳۹۹ اخذ مجوز شورای اقتصاد برای ارتقای ۱۳۷ واحد گازی با استفاده از ظرفیت قانونی ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور را در دستور کار قرار داد. طرح مذکور با هزینه سرمایه‌گذاری معادل ۲۷۴ میلیون یورو، منتج به افزایش بیش از ۲ هزار مگاواتی در قدرت عملی نیروگاه‌های حرارتی، افزایش راندمان و صرفه‌جویی سالانه ۱۲۱۲ میلیون مترمکعب گاز می‌شود.
- نوسازی نیروگاه‌های بخار کشور: شرکت برق حرارتی در سال ۱۴۰۱ طرحی را در دستور کار خود قرار داد که به استناد آن از ظرفیت ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر به منظور نوسازی ۱۷ نیروگاه بخاری بهره برده می‌شود. طرح مذکور ضمن افزایش ۱۳۵۰ مگاواتی در قدرت عملی، افزایش متوسط ۵ درصدی در راندمان مطلق نیروگاه‌های مورد اشاره را در پی دارد. هزینه سرمایه‌گذاری مورد نیاز برای اجرایی نمودن این طرح حدود ۲۹۵۴ میلیون یورو برآورد می‌شود.

طرح‌های فوق عمدتاً به استناد ظرفیت‌های پیش‌بینی شده در ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور شکل گرفته‌اند. با وجود ناترازی منابع انرژی در کشور، استفاده از ظرفیت‌های این ماده قانونی برای بازپرداخت طرح‌های صرفه‌جویی انرژی با چالش‌های فراوانی روبرو است. در نهایت با بررسی‌های صورت گرفته، نتایج و پیشنهادهای زیر مطرح می‌شود:

- اصلاح ساختار صنعت برق کشور: برای جلوگیری از تعارض منافع میان وزارت نیرو و بخش خصوصی نیاز به یک نهاد تنظیم‌گری مستقل وجود دارد. همچنین قانون سازمان برق با توجه به تغییر ساختار برق ایران نیاز به بازنگری و اصلاح دارد.
- منطقی شدن قیمت سوخت نیروگاه: طرح‌های افزایش راندمان نیروگاه، با قیمت فعلی سوخت نیروگاه توجیه اقتصادی ندارد. برای ترغیب نیروگاه‌ها به افزایش راندمان، نیاز به منطقی شدن قیمت سوخت است که به طور متوسط بیش از ۵۰ درصد هزینه عملیاتی نیروگاه را شامل می‌شود.
- اجرای طرح‌های بهینه‌سازی و افزایش راندمان و ظرفیت نیروگاهی متناسب با نیاز مصرف: با بررسی منحنی نیاز مصرف شبکه برق کشور می‌توان دریافت بین تقاضای مصرف برق در تابستان و زمستان اختلاف زیادی وجود دارد. ایجاد ظرفیت نیروگاهی جدید باید برای ساعات کم عملکرد توجیه اقتصادی داشته باشد. یکی از پیشنهادها ایجاد ظرفیت تجدیدپذیر و کاهش بهره‌برداری از نیروگاه‌های راندمان پایین است. منابع حاصل از صرفه‌جویی سوخت می‌تواند هزینه ساخت نیروگاه را پوشش دهد.
- استفاده از ظرفیت صنایع برای افزایش راندمان نیروگاه‌های موجود: ساخت نیروگاه‌های جدید حرارتی توسط صنایع با وجود ناترازی در گاز در دستور کار دولت است این در حالی است که طرح‌های بهینه‌سازی نیروگاه‌ها و ساخت نیروگاه‌های تجدیدپذیر با مشکل تأمین مالی مواجه‌اند و می‌توان از این ظرفیت صنایع برای استفاده از این طرح‌ها استفاده کرد.
- اصلاح و بهبود قوانین: یکی از راهکارهای مهم برای ترغیب نیروگاه‌ها به افزایش راندمان، استفاده از ظرفیت موجود در قوانین است. ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور برای توجیه اقتصادی طرح‌های بهینه‌سازی انرژی پیش‌بینی شده که مشکلاتی به آن وارد است و نیاز به بهبود برای افزایش اثرگذاری دارد. همچنین ماده (۱۰) قانون مانع‌زدایی از صنعت برق، وزارت نیرو را مکلف می‌کند تا به صورت تدریجی تمام یارانه‌های تخصیص داده شده را به انتهای زنجیره قبل از عرضه به مصرف کننده نهایی منتقل کند که آیین‌نامه اجرایی آن تا این لحظه در دست تدوین است.

فهرست مطالب

مقدمه ۱۰

فصل ۱. بررسی انواع نیروگاه‌های حرارتی، اجزا و نحوه عملکرد آن‌ها ۱۱

۱-۱- نیروگاه‌های گازی ۱۱

۱-۲- نیروگاه‌های بخاری ۱۳

۱-۳- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۱۶

فصل ۲. بررسی راهکارهای افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی در دنیا ۱۹

۲-۱- مفهوم بهره‌وری انرژی ۱۹

۲-۱-۱- شاخص ترمودینامیکی بهره‌وری ۲۰

۲-۱-۲- شاخص فیزیکی-ترمودینامیکی بهره‌وری ۲۵

۲-۱-۳- شاخص اقتصادی-ترمودینامیکی بهره‌وری ۲۷

۲-۱-۴- شاخص اقتصادی بهره‌وری ۲۹

۲-۱-۵- مسائل روش شناختی در عملیاتی کردن شاخص‌های بهره‌وری انرژی ۳۱

۲-۱-۶- روش‌های ارزیابی شاخص بهره‌وری انرژی ۳۷

۲-۱-۷- تناقض نتایج ارزیابی‌های مختلف بهره‌وری انرژی ۴۱

۲-۱-۸- انتخاب روش ارزیابی و شاخص مناسب بهره‌وری انرژی از دیدگاه‌های مختلف ۴۳

۲-۱-۹- نحوه تدوین، اجرا و ارزیابی سیاست‌های بهره‌وری انرژی ۴۶

۲-۲- ارزیابی بهره‌وری انرژی در نیروگاه‌های حرارتی ۴۸

۲-۳- رویکرد کشورهای مختلف در زمینه افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی ۵۱

۲-۴- روش‌های افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی ۵۷

۲-۴-۱- نیروگاه‌های گازی ۵۷

۲-۴-۲- نیروگاه‌های بخار ۶۵

۲-۴-۳- نیروگاه‌های سیکل ترکیبی ۷۰

فصل ۳. ارزیابی وضعیت بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی کشور و راهکارهای افزایش آن ۷۲

۳-۱- ارزیابی روند توسعه نیروگاه‌های حرارتی کشور ۷۲

۳-۱-۱- وضعیت فعلی نیروگاه‌های حرارتی ۷۲

۳-۱-۲- روند توسعه نیروگاه‌های حرارتی ۷۹

۳-۱-۳- تأثیر خصوصی‌سازی بر روند توسعه نیروگاه‌های کشور ۸۳

۳-۲- بررسی عوامل مؤثر در بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی کشور ۹۱

۳-۲-۱- عوامل اقتصادی ۹۱
۳-۲-۲- عوامل سیاسی ۱۰۰
۳-۲-۳- عوامل فنی ۱۱۸
۳-۳- بررسی راهکارهای افزایش بهره‌وری نیروگاه‌های حرارتی ۱۲۴
۳-۳-۱- جایگزینی نیروگاه‌های فرسوده ۱۲۴
۳-۳-۲- تکمیل سیکل از طریق احداث بخش بخار نیروگاه‌های گازی ۱۲۵
۳-۳-۳- ارتقای ناوگان نیروگاه‌های گازی کشور ۱۲۶
۳-۳-۴- نوسازی ناوگان نیروگاه‌های بخاری کشور ۱۲۷
فصل ۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۱۲۸
منابع ۱۳۳

فهرست جداول

جدول ۱. خلاصه‌ای روش‌های ارزیابی بهره‌وری انرژی ۴۲
جدول ۲. برنامه‌های فناوری افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در افق‌های مختلف زمانی در جهان ۵۵
جدول ۳. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی با بهینه‌سازی بهره‌برداری ۵۷
جدول ۴. طرح‌های ارتقای واحدهای گازی V۹۴.۲ توسط مپنا ۶۰
جدول ۵. روند تغییرات در مدل‌های توربین گاز GE-F۹ ..... ۶۱
جدول ۶. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز با بهینه‌سازی بخش سیستم هوای ورودی ۶۲
جدول ۷. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز با بهینه‌سازی کمپرسور ۶۲
جدول ۸. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز با بهینه‌سازی محفظه احتراق ۶۳
جدول ۹. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز با بهینه‌سازی توربین ۶۳
جدول ۱۰. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان توربین گاز با بهینه‌سازی سیستم‌های جانبی ۶۴
جدول ۱۱. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی با بهینه‌سازی فرآیند ۶۴
جدول ۱۲. فناوری‌های دارای پتانسیل بالا برای افزایش راندمان نیروگاه‌های گازی موجود در کشور ۶۵
جدول ۱۳. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های بخاری با بهینه‌سازی بهره‌برداری ۶۵
جدول ۱۴. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی بویلر ۶۶
جدول ۱۵. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی توربین ۶۷
جدول ۱۶. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی کندانسور ۶۷
جدول ۱۷. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی برج خنک‌کن ۶۸
جدول ۱۸. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی سیکل حرارتی ۶۸
جدول ۱۹. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی سیستم‌های جانبی ۶۸

جدول ۲۰. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه بخار با بهینه‌سازی فرآیند ۶۹
جدول ۲۱. مقایسه روش‌های مختلف بازتوانی نیروگاه‌های بخار ۶۹
جدول ۲۲. فناوری‌های دارای پتانسیل بالای افزایش راندمان برای نیروگاه‌های بخار موجود ۷۰
جدول ۲۳. مشخصات فناوری‌های افزایش راندمان نیروگاه سیکل ترکیبی با بهینه‌سازی بهره‌برداری ۷۱
جدول ۲۴. ظرفیت نیروگاه‌های کشور تا پایان سال ۱۴۰۱ ۷۲
جدول ۲۵. ارزش حرارتی سوخت مصرفی نیروگاه‌های کشور ۷۷
جدول ۲۶. نحوه و منابع حاصل از واگذاری نیروگاه‌های کشور ۸۶
جدول ۲۷. هزینه خرید برق برای وزارت نیرو طی سال‌های ۹۲ تا ۹۵ ۸۸
جدول ۲۸. هزینه تولید هر مگاوات ساعت برق نیروگاه‌های شرکت برق حرارتی (ریال بر مگاوات ساعت) ۹۷
جدول ۲۹. توجیه اقتصادی سیکل ترکیبی کردن واحد گازی با قیمت فعلی سوخت ۹۸
جدول ۳۰. توجیه اقتصادی سیکل ترکیبی کردن واحد گازی با قیمت سوخت صادراتی ۹۹
جدول ۳۱. نتایج حاصل از اجرای ماده ۱۰ قانون مانع‌زدایی از صنعت برق براساس سناریو ۱ (میلیون دلار) ۱۱۴
جدول ۳۲. نتایج حاصل از اجرای ماده ۱۰ قانون مانع‌زدایی از صنعت برق براساس سناریو ۲ (میلیون دلار) ۱۱۵
جدول ۳۳. نتایج حاصل از اجرای ماده ۱۰ قانون مانع‌زدایی از صنعت برق براساس سناریو ۳ (میلیون دلار) ۱۱۷
جدول ۳۴. ظرفیت نامی و عملی نیروگاه‌های کشور تا پایان ۱۴۰۱ در تابستان و زمستان (مگاوات) ۱۲۱

فهرست اشکال

شکل ۱. نمای ساده اجزا و نحوه عملکرد توربین گازی ۱۲
شکل ۲. برش مقطعی یک توربین گازی بزرگ با ظرفیت ۳۰۰ مگاوات ساخت شرکت زیمنس ۱۳
شکل ۳. نمایی از نیروگاه بخار و اجزای آن ۱۴
شکل ۴. دسته‌بندی انواع بویلر ۱۵
شکل ۵. چرخه ساده شده عملکرد نیروگاه بخار ۱۶
شکل ۶. نمای ساده از نحوه عملکرد نیروگاه سیکل ترکیبی ۱۸
شکل ۷. مقایسه سه فرآیند تبدیل انرژی در مبدل‌های حرارتی مختلف ۳۴
شکل ۸. روش‌های مختلف مطالعه و ارزیابی عملکرد بهره‌وری انرژی ۳۸
شکل ۹. رابطه بین نیازهای سیاست، ابزارها، فرآیندها و روش‌های اندازه‌گیری عملکرد بهره‌وری انرژی ۴۷
شکل ۱۰. فرآیند تبدیل انرژی در نیروگاه ۴۹
شکل ۱۱. جریان انرژی در یک نیروگاه بخر و هدررفت آن ۵۰
شکل ۱۲. وابستگی تولید برق به واحدهای نیروگاهی بالاتر از سی سال ۵۱
شکل ۱۳. افزایش راندمان توربین فشار قوی در گذر زمان ۵۲
شکل ۱۴. پیش‌بینی میزان تولید برق از منابع مختلف انرژی ۵۳
شکل ۱۵. نتایج برنامه‌های افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی در چند کشور اروپایی ۵۴
شکل ۱۶. برنامه‌های کشور آلمان برای افزایش راندمان نیروگاه‌های بخار ۵۶

شکل ۱۷. برنامه‌های VGB برای افزایش راندمان نیروگاه‌های حرارتی ۵۶
شکل ۱۸. نمای سه‌بعدی و بخش‌های اصلی توربین گازی V۹۴.۲ ..... ۵۹
شکل ۱۹. طرح شماتیک توربین گاز GE۹۱۷۱E ۶۱
شکل ۲۰. سرمایه‌گذاری بخش خصوصی در بخش نیروگاهی در ۱۸ سال گذشته ۸۳
شکل ۲۱. موقعیت نیروگاه‌های واگذار شده به بخش خصوصی ۸۴
شکل ۲۲. سهم بخش‌های مختلف از تولید ناویژه انرژی الکتریکی در سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ ..... ۱۰۷
شکل ۲۳. ظرفیت اسمی نیروگاه‌های کشور به تفکیک استان ۱۲۱

فهرست نمودارها

نمودار ۱. سهم حامل‌های انرژی در تولید برق ایران در سال ۱۴۰۱ ..... ۷۳
نمودار ۲. مصرف سالانه گاز در بخش نیروگاهی (میلیارد مترمکعب) ۷۴
نمودار ۳. مصرف سالانه نفت کوره و گازوئیل در نیروگاه‌های کشور (میلیارد لیتر) ۷۵
نمودار ۴. میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای ناشی از بخش نیروگاهی ۷۶
نمودار ۵. ارزش حرارتی سوخت مصرف شده در نیروگاه‌ها (میلیارد کیلوکالری) ۷۷
نمودار ۶. ارزش حرارتی محاسبه شده سوخت مصرف شده در نیروگاه‌ها و مقایسه با آمار وزارت نیرو ۷۸
نمودار ۷. مقایسه راندمان اعلام شده توسط وزارت نیرو و راندمان محاسبه شده براساس ارزش حرارتی سوخت‌ها ۷۸
نمودار ۸. افزایش سالانه ظرفیت نیروگاه‌های کشور (مگاوات) ۷۹
نمودار ۹. رشد سالانه ظرفیت نیروگاهی برحسب درصد ۸۰
نمودار ۱۰. حداکثر تقاضای برق مورد نیاز در سال و قدرت تأمین شده (گیگاوات) ۸۱
نمودار ۱۱. حجم سرمایه‌گذاری دولتی در صنعت برق (میلیون دلار) ۸۲
نمودار ۱۲. راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور به تفکیک مالکیت نیروگاه ۸۹
نمودار ۱۳. متوسط نرخ فروش برق در بخش‌های مختلف (ریال بر کیلووات ساعت) ۹۲
نمودار ۱۴. میزان فروش برق به بخش‌های مختلف (مگاوات ساعت) ۹۳
نمودار ۱۵. درآمد وزارت نیرو از فروش داخلی برق (ریال) ۹۴
نمودار ۱۶. روند درآمد کل و درآمد حاصل از صادرات صنعت برق از سال ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۷ (میلیارد ریال) ۹۵
نمودار ۱۷. ناترازی درآمدها و هزینه‌های صنعت برق ۹۵
نمودار ۱۸. ضریب بار تولیدی برق کشور طی برنامه اول توسعه (درصد) ۱۰۱
نمودار ۱۹. راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور طی برنامه اول توسعه (درصد) ۱۰۲
نمودار ۲۰. تلفات انرژی در شبکه‌های انتقال و توزیع برق کشور طی برنامه اول توسعه (درصد) ۱۰۲
نمودار ۲۱. میانگین قیمت فروش هر کیلووات ساعت برق بر حسب ریال ۱۰۴
نمودار ۲۲. معادل میانگین قیمت فروش هر کیلووات ساعت برق برحسب سنت دلار بازارغیررسمی ۱۰۵
نمودار ۲۳. راندمان نیروگاه‌های حرارتی کشور در طول برنامه پنجم توسعه (درصد) ۱۰۶

نمودار ۲۴. ظرفیت نامی نیروگاه‌های کشور از سال ۱۳۸۹ تا سال ۱۳۹۴ و هدف برنامه پنجم توسعه ۱۰۸
نمودار ۲۵. افزایش ظرفیت نیروگاهی در طول برنامه ششم توسعه برحسب مگاوات ۱۱۲
نمودار ۲۶. تغییرات حاشیه سود نیروگاه‌ها بر اساس بازده مطابق سناریو ۱ ..... ۱۱۵
نمودار ۲۷. تغییرات حاشیه سود نیروگاه‌ها بر اساس بازده مطابق سناریو ۲ ..... ۱۱۶
نمودار ۲۸. تغییرات حاشیه سود نیروگاه‌ها بر اساس بازده مطابق سناریو ۳ ..... ۱۱۷
نمودار ۲۹. ظرفیت نیروگاه‌های گازی کشور بر اساس طول عمر (بجز صنایع) برحسب مگاوات ۱۱۹
نمودار ۳۰. ظرفیت نیروگاه‌های بخار کشور بر اساس طول عمر برحسب مگاوات ۱۲۰
نمودار ۳۱. اختلاف قدرت عملی و قدرت تأمین شده توسط نیروگاه‌های حرارتی در لحظه پیک بر حسب مگاوات ۱۲۲
نمودار ۳۲. نسبت اختلاف ظرفیت عملی نیروگاه‌های حرارتی و قدرت تأمین شده در زمان پیک به ناترازی برق از سال ۱۳۹۹ برحسب درصد ۱۲۳