مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی
دفتر مطالعات انرژی صنعت و معدن
مسلسل: ۲۱۵۸۸ ■ خرداد ۱۴۰۵

بررسی وضعیت تأمین برق در تابستان سال ۱۴۰۵

شماره مسلسل: ۲۱۵۸۸	مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی	شناسنامه گزارش

عنوان گزارش: بررسی وضعیت تأمین برق در تابستان سال ۱۴۰۵

نوع گزارش: طرح / لایحه ☐، نظارتی ☐، راهبردی ☑، پیش‌نویس قانونی ☐

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

تهیه و تدوین‌کنندگان: رضا شریفی، سیده مریم موسوی، علی صابری

مدیران مطالعه: علی صابری، ایمان رمضانی

ناظر علمی: میلاد بیگی

صفحه‌آرا: نفیسه حاجی‌صفری

ویراستار ادبی: سیده مرضیه موسوی راد

واژه‌های کلیدی:

۱. ناترازی برق

۲. خاموشی

۳. اوج مصرف

۴. تابستان ۱۴۰۵

تاریخ شروع مطالعه: ۱۴۰۵/۱/۱۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۳/۱۹

نمایه در پایگاه مرکز اطلاعاتی علمی جهاد دانشگاهی (SID) ، پایگاه مجلات تخصصی نور (Noor Mags)

به نام خدا

فهرست مطالب

چکیده ۱
خلاصه مدیریتی ۱
۱. مقدمه ۳
۲. ترسیم ابعاد ناترازی برق کشور در سال‌های اخیر ۴
۳. پیش‌بینی توان تولید برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵ ..... ۹
۴. پیش‌بینی تقاضای برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵ ..... ۱۴
۵. پیش‌بینی صادرات و واردات برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵ ..... ۱۵
۶. پیش‌بینی میزان ناترازی توان و انرژی در تابستان سال ۱۴۰۵ ..... ۱۵
۷. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها ۱۸
منابع و مآخذ ۲۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۱. نمودار ظرفیت تولید هم‌زمان شبکه سراسری در زمان اوج‌بار به تفکیک نوع نیروگاه ۵
شکل ۲. نمودار میزان تقاضا و تأمین بار در اوج مصرف سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۴ ..... ۵
شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین مصرف برق صنایع در ماه‌های گرم و عادی ۶
شکل ۴. نمودار درصد اعمال مدیریت مصرف بر شرکت‌های برق منطقه‌ای و صنایع بزرگ در روز حداکثر تقاضای شبکه در سال ۱۴۰۳ ..... ۸
شکل ۵. نمودار پیش‌بینی توان نیروگاه‌های حرارتی و اتمی در پیک سال ۱۴۰۵ برمبنای روند سال‌های قبل ۱۰
شکل ۶. نمودار پیش‌بینی توان آبی و تجدیدپذیر در اوج‌بار سال ۱۴۰۵ ..... ۱۲
شکل ۷. نمودار روند توسعه ظرفیت و تولید برق تجدیدپذیر در ایران (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴) ۱۳
شکل ۸. نمودار پیش‌بینی روند افزایش پیک تقاضای بار هم‌زمان شبکه (از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۵) ۱۴
شکل ۹. نمودار هیستوگرام پیش‌بینی میزان ناترازی انرژی برق در ماه‌های گرم سال (ابتدای خردادماه تا پایان شهریورماه) ۱۷

فهرست جداول

جدول ۱. پیش‌بینی تراز تولید و مصرف برق در لحظه اوج تابستان سال ۱۴۰۵ (مگاوات) ۱۶
جدول ۲. مقایسه تراز برق در لحظه اوج تابستان سال ۱۴۰۴ با مقادیر پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۵ (مگاوات) ۱۶

بررسی وضعیت تأمین برق در تابستان سال ۱۴۰۵

Doi:۱۰,۲۲۰۳٤/mrc.report.۲۱۵۸۸

چکیده

در سناریوی واقع‌بینانه، میزان ناترازی (توان) برق در پیک تابستان سال ۱۴۰۵حدود ۱۳/۶ هزارمگاوات خواهد بود که ۱/۱ هزارمگاوات در مقایسه با سال گذشته کمتر است. هرچند آثار ناشی از جنگ و آسیب به برخی نیروگاه‌ها و صنایع انرژی‌بر منجر به افزایش تقاضا و کاهش عرضه شده، اما افزایش ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر و بهره‌برداری حداکثری از نیروگاه‌های برق‌آبی به‌دلیل افزایش بارش‌ها، مجموعاً به میزان ۵/۵ هزارمگاوات ظرفیت تولید در زمان اوجبار را بهبود خواهد داد. به دلیل ماهیت تولید نیروگاه‌های خورشیدی، در صورت عدم مدیریت بار، ممکن است کسری برق در شب نسبت به سال‌های قبل بیشتر شود که لازم است در اسرع وقت مدیریت این موضوع در دستور کار قرارگیرد. در خصوص ناترازی انرژی نیز در بیش از ۸۲ درصد ساعات ناترازی کمتر از ۱۰ هزارمگاوات است و نشان می‌دهد کسری واقعی برق در اکثر ساعات تا سطح ۱۰ هزارمگاوات قرار دارد، بنابراین باید متناسب با آن باشد. مطابق محاسبات انجام شده، می‌توان گفت شرایط صنعت برق در سال جاری نسبت به سال گذشته بهبود یافته و در صورت اعمال مدیریت صحیح در این بخش، میزان خاموشی‌های برق کاهش خواهد یافت.

خلاصه مدیریتی

شرح مسئله

ناترازی توان، بیانگر اختلاف لحظه‌ای میان تولید و مصرف برق است و ناترازی انرژی، کسری تجمعی برق را در بازه‌های زمانی اندازه‌گیری می‌کند که در گزارش[۱] پیشین این مرکز بدان اشاره شد، **ناترازی انرژی، به‌دلیل ماهیت تجمعی خود، شاخص مناسب‌تری برای ارزیابی کفایت تأمین برق و برنامه‌ریزی بلندمدت صنعت برق به شمار می‌رود.** در مقابل، **ناترازی توان، نقش تعیین‌کننده‌ای در بهره‌برداری شبکه و سنجش توانایی سیستم در پاسخ‌گویی به تقاضا، به‌ویژه در ساعات اوجبار دارد.**

یافته‌های کلیدی

- در سال ۱۴۰۴، توان تولیدی نیروگاه‌های حرارتی در ساعات اوجبار با رشد ۴ درصدی به ۵۴،۶۲۷ مگاوات رسید، درحالی‌که واحدهای برق‌آبی و تجدیدپذیر با کاهش ۱۶ درصدی، رقمی معادل ۷،۹۵۰ مگاوات را ثبت کردند. طبق آمار وزارت نیرو میزان ناترازی برق در سال ۱۴۰۴ نسبت به سال ۱۴۰۳ کاهش یافته، اما طبق شواهد، میزان خاموشی

۱. مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، واکاوی مفهوم ناترازی برق در کشور، شماره مسلسل ۲۰۹٤۳، ۱٤۰٤.

اعمال شده افزایش یافته است. **به‌نظر می‌رسد، برآورد میزان تقاضای برق در زمان اوج تقاضا در یکی از این دو سال با روش‌های مختلفی محاسبه شده است و نیاز به بررسی بیشتر دارد.**

•به‌رغم ناترازی سالیانه برق در ایام گرم سال، آسیب‌های ناشی از جنگ بر میزان ناترازی برق اثرگذار است. خروج نیروگاه‌های خودتأمین، علاوه‌بر توقف زنجیره تولید صنایع بزرگ، موازنه شبکه ملی را دستخوش تغییر کرد، چراکه **با وجود آسیب به ۴۸۰۰ مگاوات، بخشی از تقاضای صنایع پتروشیمی و فولادی نیز حذف شد. بررسی‌ها، نشان‌دهنده کاهش ۸۰۰ مگاواتی توان تزریقی مازاد به شبکه و انتقال ۱۰۰۰ مگاوات بار صنعتی سابق به تقاضای کشور بوده که به‌معنای افزایش تقاضایی معادل ۱۸۰۰ مگاوات است.**

•کاهش ظرفیت تولید گاز به ۶۰۰ میلیون مترمکعب در روز بر اثر آسیب به زیرساخت‌ها، پایداری انرژی در زمستان را با بحران جدی مواجه می‌کند. بااین‌حال، به‌دلیل افت تقاضای صنایع پتروشیمی و فولاد ناشی از جنگ، پیش‌بینی می‌شود تقاضای تابستانی به ۵۹۰ تا ۶۰۰ میلیون مترمکعب برسد که چالش سوخت نیروگاه‌ها را در کوتاه‌مدت در صورت حفظ شرایط فعلی تعدیل می‌کند، **اما به‌دلیل احتمال استفاده از مازاد ظرفیت صنایع، تأمین گاز نیروگاه ممکن است با چالش روبه‌رو شود.**

•درخصوص نیروگاه برق‌آبی، **توان تولیدی نیروگاه‌های برق‌آبی برای پیک تابستان سال ۱۴۰۵ در سناریوی واقع‌بینانه ۹,۳۸۳ مگاوات پیش‌بینی شده** که در بازه ۸,۸۰۴ تا ۹,۹۶۳ مگاوات متغیر است. تحقق این الگو، **منجر به افزایش حدود ۲/۱ هزار مگاواتی در حداکثر توان قابل بهره‌برداری نسبت به سال گذشته خواهد شد.**

•پیش‌بینی می‌شود ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر از ۱,۶۰۰ مگاوات در سال گذشته به ۶,۰۰۰ مگاوات در سال جاری خواهد رسید که رشدی ۴/۴ هزار مگاواتی را نشان می‌دهد. بااین‌حال، به‌دلیل ماهیت نوسانی منابع تجدیدپذیر و وابستگی به متغیرهای اقلیمی، توان تولیدی قابل‌اتکا در لحظات اوج مصرف کمتر از ظرفیت اسمی است. براساس تحلیل‌ها، **توان عملیاتی هم‌زمان در پیک تابستان برای سناریوی واقع‌بینانه ۴,۰۸۹ مگاوات برآورد می‌شود.** این رقم در سناریوی بدبینانه تا ۳,۴۳۷ مگاوات کاهش و در حالت خوش‌بینانه تا ۴,۶۷۹ مگاوات افزایش می‌یابد.

•در **سناریوی واقع‌بینانه، حداکثر توان تأمین شده هم‌زمان حدود ۶۸,۴۲۰ مگاوات برآورد می‌شود، درحالی‌که تقاضای شبکه به بیش از ۸۱,۰۰۰ مگاوات می‌رسد، این شکاف منجر به ناترازی ۱۳,۶۴۰ مگاواتی می‌شود.** در سایر حالت‌ها، ناترازی در سناریوی خوش‌بینانه به ۱۰,۱۱۲ مگاوات کاهش یافته و در سناریوی بدبینانه با افزایش شکاف میان تولید ۶۶,۲۶۵ و تقاضای ۸۵,۰۶۱ مگاواتی، به ۱۸,۷۹۶ مگاوات می‌رسد.

•اگرچه میزان ناترازی در اوج مصرف روزانه، اندکی کمتر از سال گذشته برآورد شده است، اما باید توجه داشت به‌دلیل وابستگی تولید نیروگاه‌های خورشیدی به ساعات روشنایی بخش قابل‌توجهی از کاهش ناترازی به‌واسطه این نوع نیروگاه‌ها خواهد بود، در نتیجه **در صورت عدم مدیریت بار، ممکن است کسری برق در شب نسبت به سال‌های قبل بیشتر گردد که لازم است در اسرع وقت مدیریت این موضوع در دستور کار قرار گیرد.**

•در بخش تحلیل ناترازی انرژی، نتایج نشان می‌دهد **که حدود ۶۰ درصد ساعات تابستان دارای ناترازی کمتر از**

۶ هزار مگاوات بوده و حدود ۸۲ درصد ساعات در محدوده کمتر از ۱۰ هزار مگاوات قرار دارند. این محدوده، بخش اصلی ناترازی را تشکیل می‌دهد و جبران آن از طریق افزایش ظرفیت تولید میسر است. این افزایش ظرفیت لزوماً به‌معنای احداث نیروگاه جدید نیست، بلکه می‌تواند با مدیریت تولید نیروگاه‌ها و از مسیر بهبود ضریب بهره‌برداری آنها (حداقل تا حدود ۲ هزار مگاوات) انجام شود. لذا نتایج پژوهش نشان می‌دهد **رفع بخش اصلی ناترازی برق تنها نیازمند احداث حدود ۸ هزار مگاوات ظرفیت جدید نیروگاهی است.**

- **کسری بیش از ۱۰ هزار مگاوات تنها در حدود ۱۸ درصد ساعات تابستان (در ناحیه اوج‌بار) رخ می‌دهد** و در سطح جهانی **این بخش از ناترازی معمولاً از طریق برنامه‌های مدیریت مصرف کنترل می‌شود.** بنابراین جبران این کسری نباید از طریق افزایش ظرفیت تولید انجام شود. زیرا این کار نیازمند سرمایه‌گذاری قابل‌توجه و زمان‌بر است. رویکرد بهینه شامل: بهره‌گیری از ابزارهای مدیریت تقاضا، مانند بهینه‌سازی مصرف، پاسخ‌گویی بار، جابه‌جایی مصرف و قراردادهای تعدیل بار است که می‌تواند این بخش از ناترازی را کنترل کرده و از نیاز به توسعه ظرفیت اضافی جلوگیری کند.

پیشنهادها

- به‌عنوان راهکار کوتاه‌مدت، **ضرورت دارد وزارت نیرو کماکان طرح‌های مدیریت مصرف، جابه‌جایی بار صنایع، پویش‌های اجتماعی و نصب کنترل‌کننده‌های جریان را با جدیت دنبال کند.** در کنار این موارد، لازم است برای **تضمین تأمین سوخت گاز نیروگاه در تابستان، تخصیص و مصرف بیشتر مازوت به نیروگاه‌ها، جایگزینی مازوت در صنایع سیمان جهت آزادسازی گاز مصرفی در تابستان، مدنظر قرار گیرد.**
- در خصوص برنامه احداث ۷ هزار مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر، با توجه به واردات تجهیزات توسط شرکت ساتبا، **پیشنهاد می‌شود در صورت وجود چالش در فرایندهای اجرایی ازجمله تخصیص زمین، اولویت اجرایی از پروژه‌های بزرگ‌مقیاس به سمت پروژه‌های کوچک‌تر با زمان احداث کوتاه‌تر (پیش از پیک تابستان) تغییر یابد.** این رویکرد علاوه‌بر کمک به تولید برق در کوتاه‌مدت، از منظر پدافند غیرعامل نیز تاب‌آوری شبکه را افزایش می‌دهد.
- **چالش اصلی تأمین پایدار برق در زمستان پیش‌رو به‌دلیل مشکلات تأمین سوخت نیروگاه ناشی از کاهش تولید خواهد بود.** با توجه به کاهش سقف تولید گاز، در صورت عدم اتخاذ تدابیر ویژه، پایداری شبکه برق در فصول سرد سال مسئله جدی است. بنابراین دو اقدام **تکمیل ذخایر سوخت مایع نیروگاه تا مهرماه و ذخیره‌سازی گاز در مخازن زیرزمینی در نیمه نخست سال برای حل بخشی از چالش زمستان حیاتی است.**

۱. مقدمه

صنعت برق، یکی از ارکان اصلی برای توسعه پایدار اقتصادی، ارتقای رفاه اجتماعی و استمرار فعالیت‌های تولیدی، خدماتی و خانگی به شمار می‌رود. این صنعت برای تأمین پایدار انرژی، نیازمند حفظ توازن دائمی میان تولید و مصرف

برق در تمامی لحظات است و این امر یکی از اصلی‌ترین شروط پایداری فنی و عملکرد ایمن شبکه برق است. بااین‌حال، در سال‌های اخیر به‌ویژه از سال ۱۴۰۳، این تعادل با چالش‌های متعددی مواجه شده و به‌دلیل پیشی گرفتن تقاضا از تولید، بخشی از تقاضا تأمین نشده که از آن به‌عنوان ناترازی برق یاد می‌شود و این ناترازی به یکی از چالش‌های راهبردی صنعت برق کشور تبدیل شده است [۱].

بروز ناترازی لحظه‌ای ۱۴,۷۴۶ مگاوات میان تقاضا و توان تولیدی در روز ۷ مرداد ۱۴۰۴، نشانی از فشار فزاینده‌ای است که بر ظرفیت‌های موجود تحمیل شده است. بااین‌حال باید توجه داشت که در ادبیات فنی صنعت برق، ناترازی به‌طورکلی به دو نوع ناترازی توان و ناترازی انرژی تقسیم می‌شود. ناترازی توان به اختلاف لحظه‌ای میان تولید و مصرف برق در ساعات اوج‌بار اشاره دارد و بیشتر برای تحلیل‌های بهره‌برداری، پایداری شبکه و مدیریت شرایط بحرانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مقابل، ناترازی انرژی، بیانگر اختلاف تجمعی میان انرژی تولید شده و انرژی مورد تقاضا در یک بازه زمانی مشخص (ماهیانه، فصلی یا سالیانه) است و تصویر جامع‌تری از وضعیت تعادل عرضه و تقاضای برق ارائه می‌دهد.

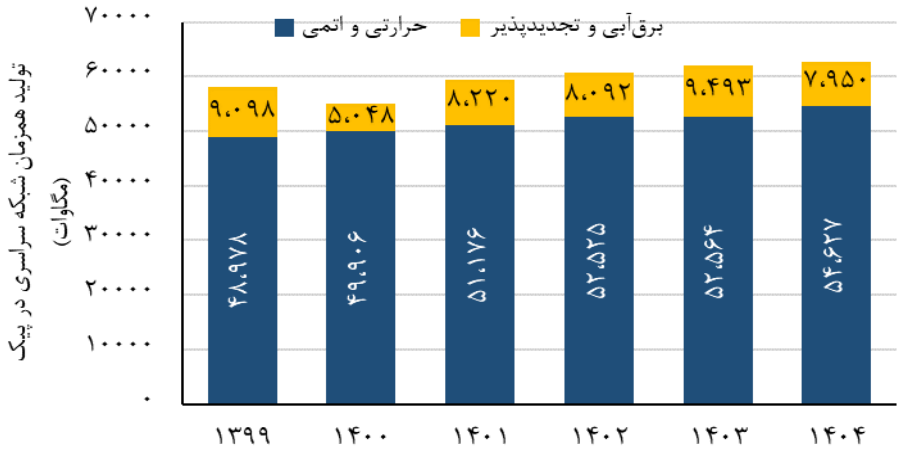
اگرچه ناترازی انرژی از منظر تحلیل‌های کلان و سیاستگذاری بلندمدت دید کامل‌تری نسبت به وضعیت شبکه فراهم می‌کند، اما به‌دلیل رواج بیشتر در گزارش‌های بهره‌برداری و تمرکز تصمیم‌گیری‌های کوتاه‌مدت بر شرایط اوج‌بار، در این گزارش تمرکز اصلی بر ناترازی توان قرار گرفته است. شایان ذکر است که پیش از این، ابعاد ناترازی انرژی برای سال ۱۴۰۳ در گزارشی [۲] مجزا بررسی شده و تحلیل‌های مربوط به ناترازی انرژی در سال ۱۴۰۴ نیز در گزارش‌های آتی ارائه خواهد شد.

ازاین‌رو در این گزارش، ابتدا با تمرکز بر آسیب‌های وارد آمده به صنایع و برخی از نیروگاه‌های تولید برق تصویری از ابعاد وضعیت برق کشور ترسیم خواهد شد. سپس، با استفاده از داده‌های تاریخی و اطلاعات مربوط به ظرفیت‌های تولیدی افزوده شده تا پایان سال گذشته، برآورد مشخصی از توان تولیدی انواع نیروگاه‌ها برای تابستان سال ۱۴۰۵ ارائه می‌شود. در ادامه، تقاضای برق نیز با تکیه بر روندهای گذشته و شاخص‌های مصرفی، پیش‌بینی خواهد شد تا امکان مقایسه میان ظرفیت عملی تولید و میزان تقاضا فراهم شود. همچنین با توجه به اینکه بیش از ۹۴ درصد برق تولیدی وابسته به سوخت فسیلی است و ظرفیت تولید گاز به‌واسطه آسیب‌های ناشی از جنگ کاهش یافته، وضعیت اثرپذیری تولید برق از این محل نیز بررسی خواهد شد. بر پایه این دو برآورد، وضعیت ناترازی برق در سه سناریوی خوش‌بینانه، واقع‌بینانه و بدبینانه تحلیل و با وضعیت سال گذشته مقایسه می‌شود. در بخش پایانی، با جمع‌بندی یافته‌ها و ارائه مجموعه‌ای از پیشنهادهای سیاستی و اجرایی، مسیرهای ممکن برای ارتقای تاب‌آوری شبکه و کاهش ناترازی در افق کوتاه‌مدت و بلندمدت ترسیم می‌شود.

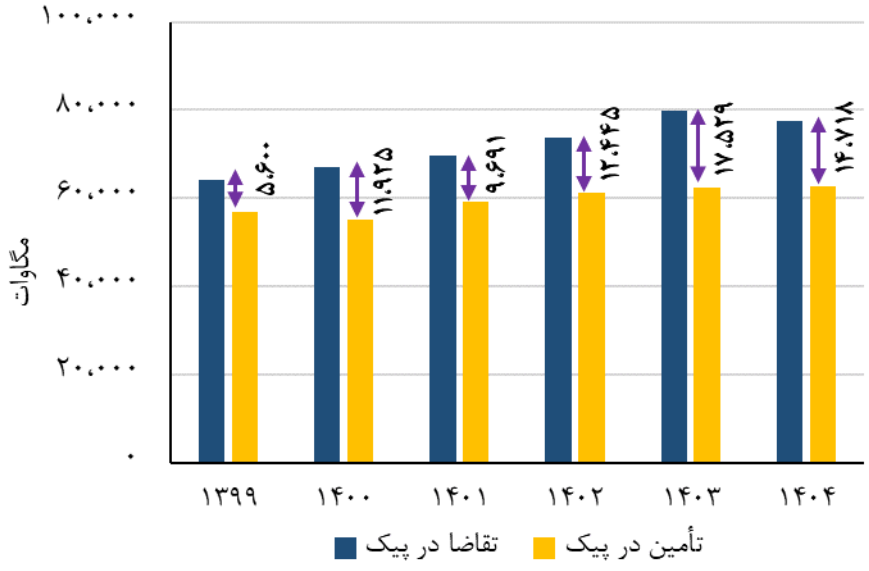
۲. ترسیم ابعاد ناترازی برق کشور در سال‌های اخیر

پیش از برآورد میزان ناترازی توان در اوج مصرف برق در سال ۱۴۰۵، ضمن ارائه کلیاتی از میزان ناترازی در سال‌های پیش، وضعیت تأمین برق صنعت با توجه به اهمیت آن از دو منظر ناترازی انرژی و توان مورد بررسی قرار می‌گیرد. تمرکز این فصل گزارش بر تحلیل هر دو بُعد و تبیین پیامدهای آن بر بخش صنعت، همچنین ارزیابی روندهای اخیر و بررسی ابعاد ناترازی توان در کشور است. در سال ۱۴۰۴، تولید نیروگاه‌های حرارتی در ساعات اوج‌بار به ۵۴،۶۲۷ مگاوات

رسید که افزایشی در حدود ۴ درصد نسبت به سال ۱۴۰۳ داشته‌اند، ضمن اینکه نیروگاه‌های برق‌آبی و تجدیدپذیر نیز در این بازه زمانی به ۷،۹۵۰ مگاوات رسید که با کاهشی معادل ۱۶ درصد مواجه بوده‌اند. در مجموع توان تولید برق کل کشور با رسیدن به ۶۲،۵۷۷ مگاوات در لحظه اوجبار در حدود یک درصد نسبت به سال قبل افزایش یافته است (شکل ۱). طبق آماری که وزارت نیرو منتشر کرده میزان ناترازی برق در سال ۱۴۰۴ نسبت به سال ۱۴۰۳ کاهش یافته (شکل ۲)، این در حالی است که طبق مشاهدات میزان خاموشی اعمال شده افزایش یافته است. بنابراین به‌نظر می‌رسد، برآورد میزان تقاضای برق در زمان اوج تقاضا در یکی از این دو سال با واقعیت همخوانی نداشته و نیازمند بررسی بیشتری است.



شکل ۱. نمودار ظرفیت تولید هم‌زمان شبکه سراسری در زمان اوجبار به تفکیک نوع نیروگاه[۱]



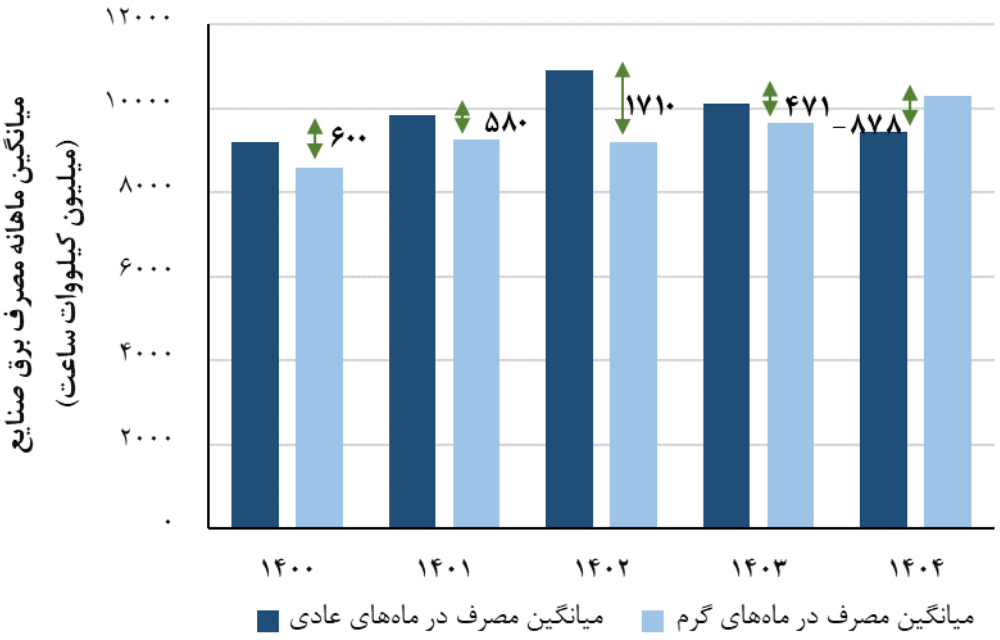
شکل ۲. نمودار میزان تقاضا و تأمین بار در اوج مصرف سال‌های ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۴ [۲]

۱. گزارش‌های ماهیانه آمار صنعت آب و برق، وزارت نیرو.
۲. **همان.**

۱-۲. ناترازی انرژی در بخش صنعت

ناترازی انرژی به اختلاف تجمعی میان انرژی تولید شده و انرژی تقاضا شده در شبکه برق طی یک بازه زمانی مشخص (معمولاً ماهیانه، فصلی یا سالیانه) اشاره دارد. این شاخص کلان، بیانگر عدم تعادل ساختاری بین ظرفیت تولید و نیاز واقعی مصرف‌کنندگان است. در سال‌های اخیر ناترازی برق، بیشتر بر بخش صنعت اعمال شده است. در ادامه، با تحلیل داده‌های واقعی خاموشی‌های صنایع در فصول گرم و مقایسه آن با الگوی مصرف در ماه‌های عادی، تصویر ناترازی بررسی خواهد شد. این رویکرد نشان می‌دهد چگونه ناترازی انرژی از یک چالش فنی به عاملی محدودکننده در توسعه صنعتی به‌رغم هدف‌گذاری رشد هشت و نیم درصدی آن در قانون برنامه هفتم پیشرفت تبدیل شده است.

تحلیل مقایسه‌ای مصرف برق صنایع در فصول گرم (خرداد تا شهریور) و ماه‌های عادی سال (فروردین، اردیبهشت، مهر و آبان)،[1] شاخص نسبتاً مناسبی برای ارزیابی شکاف میان تقاضا و ظرفیت تأمین برق محسوب می‌شود. براساس شکل ۳، طی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۳ میانگین مصرف ماهیانه برق صنایع در ماه‌های گرم نسبت به ماه‌های عادی کمتر بوده است [۳]. این کاهش در سال ۱۴۰۲ چشمگیر بوده و به حدود ۱،۷۱۰ میلیون کیلووات‌ساعت رسیده که نشان‌دهنده میزان قابل‌توجه مدیریت بار صنعتی طی فصل گرم آن سال در جهت حفظ پایداری شبکه است، اما این الگو در سال ۱۴۰۴ رخ نداده و مصرف در ماه‌های گرم بیشتر از ماه‌های عادی بوده است. در این سال، حدود ۸۷۸ میلیون کیلووات‌ساعت مصرف در ماه‌های گرم بیشتر از ماه‌های عادی بوده است (شکل ۳).



شکل ۳. نمودار مقایسه میانگین مصرف برق صنایع در ماه‌های گرم و عادی[2]

۱. در ماه‌های سرد (آذر تا اسفند)، محدودیت‌های تأمین گاز طبیعی موجب اختلال در عملکرد صنایع حتی در صورت وجود ظرفیت برق می‌شود. بنابراین این ماه‌ها به‌دلیل اثر مخدوش‌کننده کمبود گاز، از مقایسه حذف شده‌اند.
۲. گزارش‌های ماهیانه آمار صنعت آب و برق، وزارت نیرو.

افزایش مداوم برنامه‌های مدیریت مصرف در فصل گرما، بیانگر چندین واقعیت است:

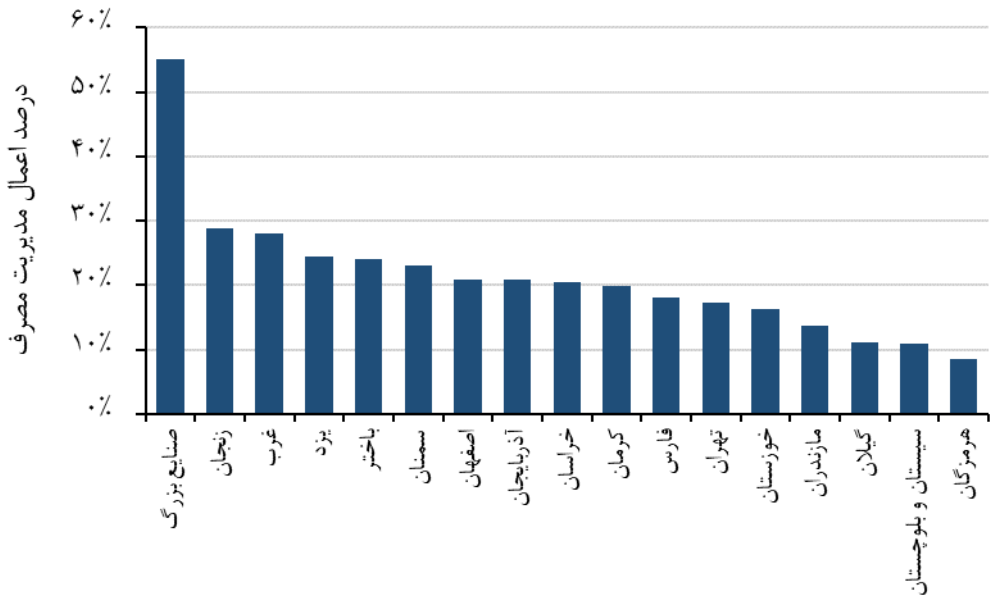
- **فشار بر توان تولیدی صنایع:** سیاست‌های فعلی مدیریت مصرف برق، منجر به محدودیت‌های اجباری در مصرف برق صنایع شده است. این محدودیت‌ها نه‌تنها ظرفیت تولید موجود را تحت فشار قرار می‌دهند، بلکه با ایجاد اختلال در زنجیره تأمین مواد اولیه و تولید کالاهای واسطه‌ای، می‌تواند بازار داخلی را دچار نوسان کرده و تعهدات صادراتی صنایع را با چالش روبه‌رو کند.
- **اختلال در شاخص‌های کلان اقتصادی:** مدیریت مصرف برق صنایع در فصول گرم، می‌تواند موجب انحراف در شاخص‌هایی نظیر ارزش‌افزوده صنعت و نرخ رشد اقتصادی شود. این روند، اثر منفی مستقیمی بر تحقق اهداف کلان مندرج در قانون برنامه هفتم پیشرفت خواهد داشت.
- **افزایش هزینه‌ها و کاهش بهره‌وری:** استفاده از منابع جایگزین برای جبران کمبود برق، موجب افزایش هزینه‌های تولید و کاهش راندمان صنایع خواهد شد. این امر، علاوه‌بر فشار اقتصادی، آثار زیست‌محیطی قابل‌توجهی نیز به دنبال دارد.

سیاست‌های فعلی مدیریت مصرف برق، اگرچه در کوتاه‌مدت از خاموشی گسترده کل شبکه جلوگیری می‌کند، اما در بلندمدت هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی سنگینی به همراه دارد. بنابراین، ضروری است برنامه‌ریزی جامع‌تری برای افزایش ظرفیت تولید برق، بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع و تنوع‌بخشی به منابع تأمین انرژی صورت گیرد.

۳-۲. ناترازی توان بخش صنعت

در سال ۱۴۰۳، شبکه برق کشور در برخی ساعات، با شکاف معناداری بین تولید و تقاضا مواجه بود که در مواردی به بیش از ۱۷٬۵۰۰ مگاوات نیز رسید. برای مدیریت این وضعیت، از ابزارهایی همچون قطع بار اضطراری و برنامه‌های پاسخ‌گویی بار استفاده شد. در سال ۱۴۰۴، میزان ناترازی گزارش شده به حدود ۱۴٬۷۱۸ مگاوات کاهش یافت. این کاهش می‌تواند ناشی از مجموعه‌ای از عوامل ازجمله بهبود مدیریت سمت تقاضا، اجرای برنامه‌های مدیریت مصرف و همچنین تغییرات احتمالی در روش محاسبه و برآورد ناترازی باشد. بااین‌حال، برای اظهارنظر دقیق درباره سهم هریک از این عوامل، انجام بررسی در روش‌شناسی محاسبه و یکسان‌سازی مبانی آماری ضروری است.

شکل ۴، سهم اعمال مدیریت مصرف را در روز ثبت بیشترین بار شبکه (۱۷ مردادماه سال ۱۴۰۳) به تفکیک شرکت‌های برق منطقه‌ای و صنایع بزرگ نشان می‌دهد. این شکل، علاوه‌بر نمایان ساختن فشارهای منطقه‌ای، بر نقش روزافزون سیاست‌های مدیریت تقاضا در کنترل ناترازی تأکید دارد.



شکل ۴. نمودار درصد اعمال مدیریت مصرف بر شرکت‌های برق منطقه‌ای و صنایع بزرگ در روز حداکثر تقاضای شبکه در سال ۱۴۰۳

مأخذ: محاسبات نگارنده بر مبنای گزارش شرکت توانیر، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی، سال ۱۴۰۳.

یافته‌های کلیدی این تحلیل عبارتند از:

- **تمرکز مدیریت مصرف بر صنایع بزرگ:** با وجود سهم ۱۰ درصدی صنایع بزرگ در تقاضای پیک شبکه، بیش از ۵۵٪ از کاهش مصرف در ساعات اوجبار از این بخش تأمین شده است [۴]. این امر نشان‌دهنده اتکای عمده سیاست‌های مدیریت مصرف بر بخش صنعتی است. این سطح از اعمال مدیریت می‌تواند به کاهش بهره‌وری، اختلال در فرایندهای صنعتی و کاهش تولید منجر شود.
- **الگوی منطقه‌ای مدیریت مصرف:** شرکت‌های برق منطقه‌ای هرمزگان و سیستان و بلوچستان کمترین سهم را در مدیریت مصرف داشته‌اند. در مقابل، شرکت‌های برق منطقه‌ای زنجان و غرب، بیشترین تأثیر را از برنامه‌های مدیریت مصرف پذیرفته‌اند. این تفاوت ناشی از ترکیب متفاوت مشترکین (سهم بالاتر صنایع خرد و بخش کشاورزی) و همچنین شرایط خاص اقلیمی و دمایی آن مناطق است.
- **ملاحظات سیاستی:** توزیع نامتوازن مدیریت مصرف بین مناطق مختلف، لزوم بازنگری در تخصیص سهمیه‌های کاهش بار را نشان می‌دهد. تمرکز مدیریت مصرف بر چند منطقه خاص می‌تواند به تضعیف صنایع کوچک آن مناطق، کاهش اشتغال، کاهش ارزش‌افزوده و در نهایت کاهش رشد اقتصادی منطقه‌ای بینجامد. ادامه این روند، به برخی صنایع کشور آسیب خواهد زد. راهکار، توزیع متوازن‌تر بار و توسعه زیرساخت تولید برق به‌ویژه در مناطق صنعتی است.

۳. پیش‌بینی توان تولید برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵

به‌منظور برنامه‌ریزی دقیق جهت تأمین انرژی در اوج‌بار سال ۱۴۰۵، ظرفیت منابع اصلی تولید برق (شامل: نیروگاه‌های حرارتی، اتمی، برق‌آبی و تجدیدپذیر) روش‌های مختلفی پیش‌بینی شده است. این تحلیل با هدف برآورد توان تولیدی تحت سه سناریوی محتمل زیر تدوین می‌شود:

- سناریوی واقع‌بینانه (پیش‌بینی اصلی)،
- سناریوی بدبینانه (بازه پایینی اطمینان)،
- سناریوی خوش‌بینانه (بازه بالایی اطمینان).

روش محاسبه برای هر بخش تولیدی شامل: حرارتی، برق‌آبی، تجدیدپذیر و همچنین تقاضا، بنا به ویژگی‌های خود متفاوت بوده که در قسمت مربوط به خود توضیح داده می‌شود، اما برای بخش حرارتی براساس آمار اعلامی وزارت نیرو از مدلی (شامل دو گام) به‌شرح زیر استفاده شده است:

گام اول، مدل‌سازی رگرسیون: با تحلیل داده‌های تاریخی، مدل رگرسیونی برای هر منبع توسعه‌یافته است. این مدل، روند تغییرات سالیانه را شناسایی کرده و مقدار واقع‌بینانه تولید برق در سال ۱۴۰۵ را پیش‌بینی می‌کند.

گام دوم، محاسبه بازه اطمینان ۹۵ درصد: پس از برآورد مقدار مرکزی، بازه‌های عدم قطعیت با استفاده از تحلیل خطا، باقی‌مانده‌های مدل محاسبه می‌شوند.

خروجی مدل برای هر منبع بر پایه سه شاخص آماری استوار است: برآورد واقع‌بینانه که براساس تحلیل روندهای تاریخی تعیین شده است و کران‌های بالا و پایین که یک بازه اطمینان ۹۵ درصدی را ترسیم می‌کنند. به بیان دیگر، انتظار می‌رود با احتمال ۹۵ درصد، مقدار واقعی تولید در محدوده میان این دو کران قرار گیرد.

علاوه‌بر ظرفیت نامی، تأمین پایدار سوخت گاز نیز عاملی تعیین‌کننده در توان تولیدی واقعی نیروگاه‌هاست. با توجه به آسیب‌های وارد شده به زیرساخت‌های انرژی در پی جنگ اخیر، در این گزارش باید اثرپذیری میزان افت توان تولیدی ناشی از محدودیت‌های سوخت‌رسانی در تابستان پیش‌رو را نیز مورد تحلیل و ارزیابی قرار داد.

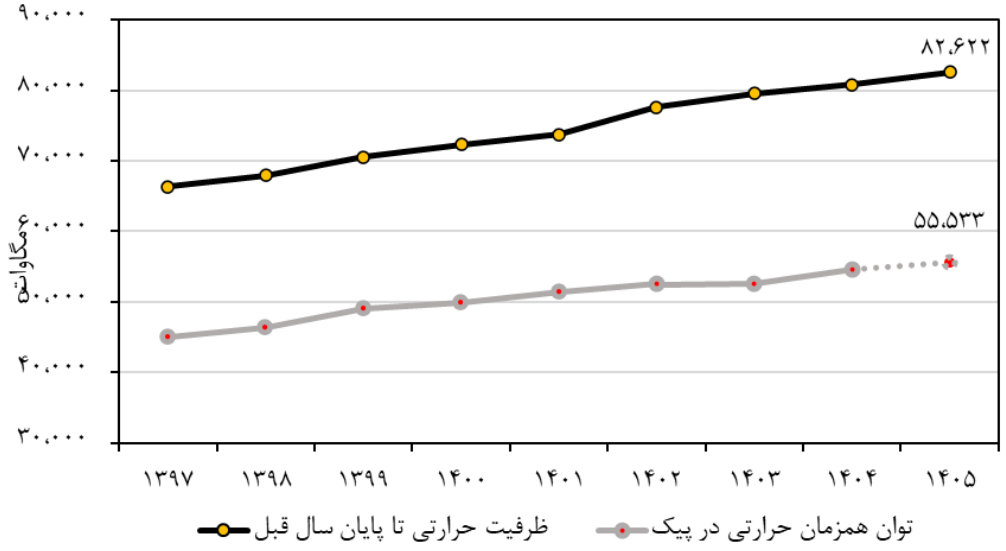
۳-۱. نیروگاه‌های حرارتی و اتمی

شکل ۴، رابطه مستقیم بین ظرفیت اسمی ثبت شده نیروگاه‌های حرارتی (شامل: بخاری، گازی، چرخه ترکیبی، تولید پراکنده و دیزلی) در پایان هر سال و توان عملیاتی آنها در پیک سال بعد را نشان می‌دهد. برای مثال، ظرفیت اسمی نیروگاه‌های حرارتی در پایان سال ۱۴۰۴ با رشد ۱,۷۵۰ مگاواتی نسبت به سال قبل به ۸۲,۶۲۲ مگاوات رسید، اما تبدیل این ظرفیت اسمی به توان عملیاتی همواره با چالش‌هایی همراه بوده است. عواملی همچون تأثیرپذیری از شرایط محیطی و فرسودگی تجهیزات نیروگاهی ناشی از طول عمر بالا و توقف‌های برنامه‌ریزی شده برای تعمیرات اساسی، موجب ایجاد تفاوت در اختلاف بین ظرفیت اسمی و توان عملیاتی می‌شوند. لذا به‌منظور برآورد توان عملیاتی متناظر با این ظرفیت اسمی از روش رگرسیون خطی و تحلیل داده‌های تاریخی استفاده شده است. براساس مدل‌سازی انجام شده، در سناریوی واقع‌بینانه توان تولید هم‌زمان عملی نیروگاه‌های حرارتی و اتمی در اوج مصرف سال ۱۴۰۵، مقدار

۵۵,۵۳۳ مگاوات برآورد می‌شود. برای درک دامنه عدم قطعیت این پیش‌بینی، از خطای استاندارد باقی‌مانده با سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شده است که محدوده احتمالی را بین ۵۴,۶۵۰ مگاوات (حالت بدبینانه) تا ۵۶,۴۱۶ مگاوات (حالت خوش‌بینانه) تعیین می‌کند.

اعداد اعلام شده مربوط به شرایط عادی و با فرضیات فوق‌الذکر است، اما باید توجه کرد به‌دلیل وقوع جنگ، بخشی از توان تولیدی برق کشور از مدار خارج شده است. بررسی خسارات وارده به بخش نیروگاهی نشان می‌دهد مجموعه‌ای از نیروگاه‌های راهبردی که مرتبط با صنایع بوده‌اند مورد حمله واقع شده (حدود ۴۸۰۰ مگاوات) و به‌طورکلی از مدار خارج شده‌اند. عمده این زیرساخت‌ها در دسته نیروگاه‌های خودتأمین بخش خصوصی قرار می‌گیرند که وظیفه اصلی آنها تأمین انرژی مورد نیاز صنایع انرژی‌بر بوده و مازاد تولید خود را نیز به شبکه سراسری تزریق می‌کردند. خروج این واحدها نه‌تنها باعث توقف فعالیت واحدهای فرایندی در زنجیره‌های ارزش مربوطه شده، بلکه موازنه عرضه و تقاضا در شبکه ملی را نیز دچار تغییر کرده است. به‌طورکلی بخشی از این صنایع آسیب‌دیده همزمان با نیروگاه‌های خودتأمین از مدار خارج شده‌اند و دیگر تقاضایی برای مصرف نخواهند داشت، اما برایند نهایی این خسارات، فشار مضاعفی را بر شبکه سراسری تحمیل می‌کند.

براساس ارزیابی صورت گرفته، با خروج این واحدها حدود ۸۰۰ مگاوات توان عملی که پیش از این به‌عنوان مازاد به شبکه سراسری تزریق می‌شد، از دست رفته است. ازسوی‌دیگر، حدود ۱۰۰۰ مگاوات از تقاضای صنعتی که سابقاً توسط خود این نیروگاه‌ها پوشش داده می‌شد و عرضه و تقاضای آن جز آمار تقاضای وزارت نیرو نبوده، اکنون به‌عنوان بار جدید به شبکه ملی منتقل شده است و الباقی نیز مابه‌ازای توان عملی تولیدی از دست رفته، تقاضای آن نیز به‌دلیل آسیب به صنعت مربوطه، از بین رفته است. بنابراین در محاسبات نهایی، به‌رغم آسیب‌دیدگی حدود ۴۸۰۰ مگاوات از ظرفیت نیروگاهی کشور، برایند عملیاتی نشان می‌دهد که توان تحویلی به شبکه سراسری ۸۰۰ مگاوات کاهش یافته و همزمان ۱۰۰۰ مگاوات به تقاضای بار شبکه افزوده شده است. این جابه‌جایی در تراز انرژی، فشار مضاعفی را به شبکه ملی تحمیل می‌کند.



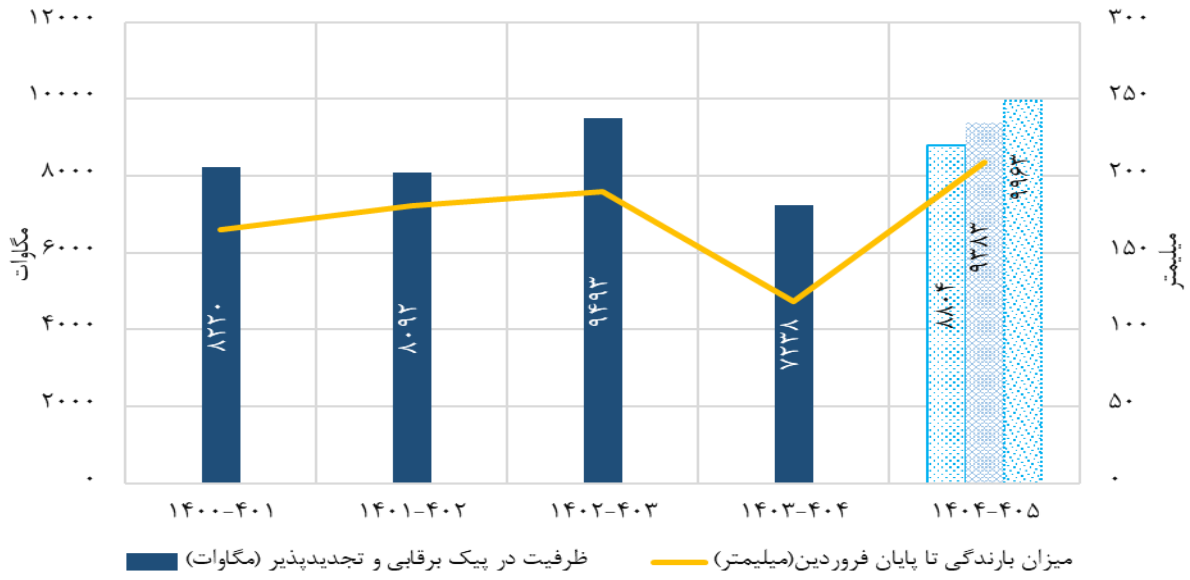
شکل ۵. نمودار پیش‌بینی توان نیروگاه‌های حرارتی و اتمی در پیک سال ۱۴۰۵ برمبنای روند سال‌های قبل

مأخذ: محاسبات نگارنده بر مبنای گزارش‌های ماهیانه آمار صنعت آب و برق.

درخصوص اثرپذیری توان تولیدی برق در پیک ناشی از آسیب به زیرساخت‌های انرژی، باید میزان کاهش توان تولیدی گاز به‌عنوان سوخت نیروگاه و میزان عدم تأمین گاز مورد بررسی قرار گیرد. براساس آمار غیررسمی، ابعاد کلی آسیب‌های وارده حاکی از افت سقف ظرفیت تولیدی در حدود ۲۰۰ میلیون مترمکعب در روز بوده است. بدیهی است که اثر وضعی این خسارات بیش از هر چیز پایداری تأمین انرژی در زمستان را با مخاطرات جدی روبه‌رو می‌سازد. با توجه به اینکه سقف تأمین مصرف داخلی گاز به همراه صادرات به حدود ۸۰۰ میلیون مترمکعب می‌رسد، این کاهش به‌معنای دستیابی به سقف تولید ۶۰۰ میلیون مترمکعبی در روز است، اما باید توجه کرد که حداکثر میزان مصرف گاز به همراه صادرات در تابستان سال گذشته حدود ۶۷۰ میلیون مترمکعب در روز بوده، اما با توجه به آسیب ناشی از جنگ به صنایع پتروشیمی و فولادی، تقاضای گاز طبیعی این دو بخش نیز کاهش داشته است. لذا برآورد می‌شود که تقاضای داخلی به همراه صادرات با لحاظ کاهش تقاضای این دو بخش به ۵۹۰ الی ۶۰۰ میلیون مترمکعب در روز در تابستان برسد.
ازاین‌رو با فرض مصرف گاز سایر بخش‌ها مشابه سال گذشته، به‌لحاظ تأمین سوخت گاز، نیروگاه دارای چالش قابل‌توجهی نخواهند بود، اما باید توجه کرد که در صورت افزایش تولید برخی از صنایع پتروشیمی و فولادی که با آسیب روبه‌رو بوده‌اند و نیز استفاده از ظرفیت مازاد سایر صنایع ممکن است تقاضای گاز این بخش‌ها در تابستان بیشتر شود. لذا باید اقداماتی در راستای اطمینان از تأمین برق در تابستان وجود داشته باشد که شامل: تخصیص و مصرف بیشتر مازوت جهت استفاده در تابستان در نیروگاه باشد. همچنین سایر اقدامات مربوط به امکان تخصیص بیشتر گاز به نیروگاه مانند استفاده از مازوت در بخش سیمانی و آزادسازی گاز از این محل مدنظر قرار گیرد. باید توجه کرد به‌طور متوسط در صورت کاهش هر میلیون مترمکعب گاز تأمینی به نیروگاه، حدود ۱۶۰ مگاوات از ظرفیت شبکه برق کاهش خواهد یافت.

۲-۳. نیروگاه‌های برق‌آبی

نکته کلیدی در تحلیل نیروگاه‌های برق‌آبی وابستگی شدید تولید به متغیرهای اقلیمی است. برخلاف نیروگاه‌های حرارتی که ظرفیت عملیاتی آنها عمدتاً تابعی از پارامترهای فنی است، تولید نیروگاه‌های آبی به‌صورت مستقیم تحت‌تأثیر میزان بارندگی سالیانه و ذخایر سدها قرار دارد. میزان بارش در پایان فروردین‌ماه سال جاری به ۲۰۸ میلی‌متر رسیده، درحالی‌که این مقدار در مدت مشابه سال قبل حدود ۱۱۸ میلی‌متر بوده که نشان‌دهنده افزایشی بیش از ۷۵ درصد است [۵]. بررسی سری زمانی میزان بارندگی و توان نیروگاه برق آبی، نشان‌دهنده وجود یک هم‌بستگی معنادار میان «میزان بارندگی تا پایان فروردین‌ماه» و «ظرفیت عملیاتی نیروگاه‌های برق‌آبی در ساعات اوج‌بار» است، به‌طوری‌که با لحاظ این رابطه آماری، می‌توان توان تولیدی این واحدها را براساس الگوهای بارش سالیانه تخمین زد. ازاین‌رو پیش‌بینی توان عملیاتی نیروگاه‌های برق‌آبی در پیک تقاضای برق در تابستان سال ۱۴۰۵ نیز با استفاده از روش رگرسیون خطی برپایه داده‌های تاریخی و میزان بارندگی انجام شده است. بر این اساس، مقدار پیش‌بینی در سناریوی واقع‌بینانه برای تولید هم‌زمان این نیروگاه‌ها در زمان اوج تقاضا ۹،۳۸۳ مگاوات برآورد می‌شود که محدوده احتمالی تولید بین ۸،۸۰۴ مگاوات (در سناریو بدبینانه) تا ۹،۹۶۳ مگاوات (سناریو خوبینانه) متغیر خواهد بود (شکل ۶).

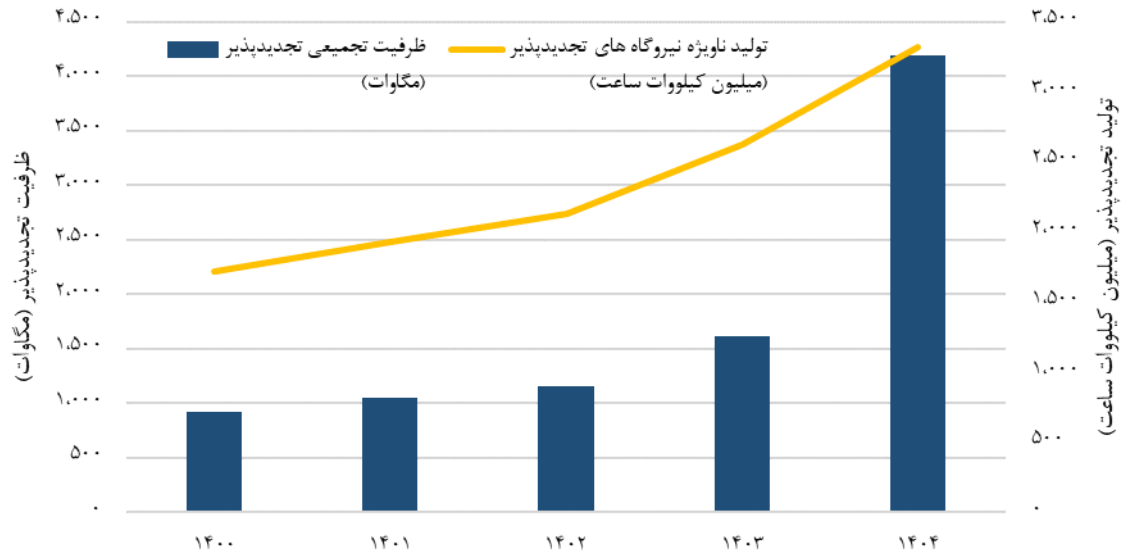


شکل ۶. نمودار پیش‌بینی توان آبی و تجدیدپذیر در اوج‌بار سال ۱۴۰۵

مأخذ: همان.

۳-۳. نیروگاه‌های تجدیدپذیر

با توجه به اینکه ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور برای سالیان متمادی کمتر از ۱۰۰۰ مگاوات بوده، اما به‌دلیل چالش‌های مربوط به تأمین پایدار گاز نیروگاه و لزوم تنوع‌بخشی به سبد تولید برق، در یک سال اخیر با اهتمام مستقیم دولت، ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی با جهش قابل‌توجهی همراه بوده است، به‌طوری‌که ظرفیت تجمیعی از حدود ۹۲۵ مگاوات در سال ۱۴۰۰ به ۴,۱۸۹ مگاوات در سال ۱۴۰۴ افزایش یافته که بخش عمده‌ای از آن مربوط به سال ۱۴۰۴ است. هم‌سو با آن، تولید ناویژه نیز از محدوده ۱,۷۲۰ به بیش از ۳,۳۲۱ میلیون کیلووات‌ساعت ارتقا یافته است. (شکل ۷). براساس قانون برنامه هفتم پیشرفت، باید ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور به حدود ۱۲ هزار مگاوات برسد.



شکل ۶. نمودار روند توسعه ظرفیت و تولید برق تجدیدپذیر در ایران (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴)

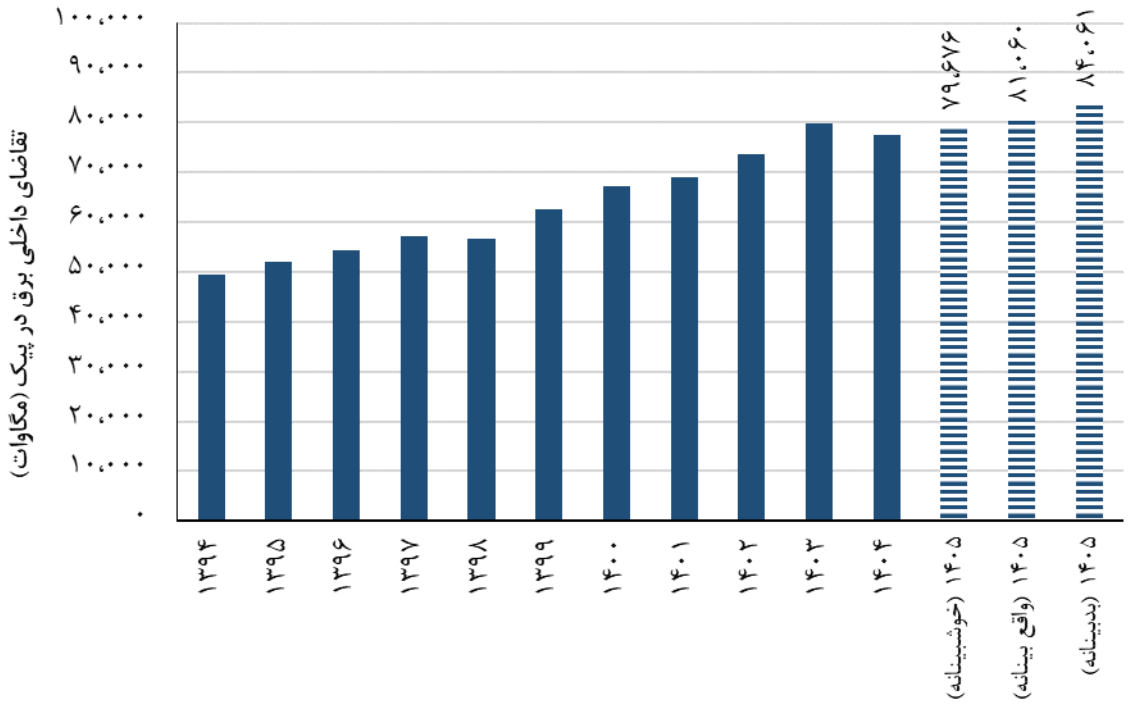
مأخذ: همان.

در خصوص برآورد توان تولید نیروگاه‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه در بخش خورشیدی، باید توجه داشت که بر خلاف واحدهای حرارتی که خروجی آنها تابعی از مؤلفه‌های فنی و سوخت‌رسانی است، خروجی واحدهای تجدیدپذیر کاملاً اقلیم‌محور است. درواقع، توان خروجی این نیروگاه‌ها تابع مستقیمی از متغیرهای محیطی نظیر شدت تابش خورشیدی، تداوم ساعات آفتابی در تغییرات فصلی است، به‌گونه‌ای که الگوهای جوی و شرایط آب‌وهوایی، تعیین‌کننده نهایی سقف ظرفیت قابل‌بهره‌برداری این منابع در لحظه پیک هستند که این امر ممکن است پیش‌بینی تولید را با چالش روبه‌رو کنند.

ازاین‌رو به‌منظور تعیین توان عملی واقعی نیروگاه‌های تجدیدپذیر خورشیدی، توان خروجی این منابع براساس داده‌های زمانی تابش در کشور طی مردادماه مدل‌سازی شده است. در این تحلیل، با مبنا قرار دادن ۶ هزار مگاوات ظرفیت تجدیدپذیر (با لحاظ سهم بادی و خورشیدی)، میزان توان تولیدی در بازه زمانی ۱ تا ۳ بعدازظهر مردادماه که غالباً اوج مصرف برق در این بازه رخ می‌دهد در قالب سه رویکرد محاسباتی برآورد شد. بر این اساس، کمینه تابش ثبت شده در این ساعات به‌عنوان سناریوی حداقل، میانگین توان حاصل از تابش مستمر به‌عنوان سناریوی واقع‌بینانه و بیشینه ظرفیت تولیدی در ایدئال‌ترین شرایط جوی به‌عنوان سناریوی حداکثری در نظر گرفته شده است تا بدین ترتیب، ظرفیت عملیاتی قابل‌اتکا در لحظات اوج مصرف، بر پایه متغیرهای واقعی اقلیمی تخمین زده شود. بر این اساس، در سناریوی واقع‌بینانه برای تولید هم‌زمان این نیروگاه‌ها در زمان اوج تقاضا، ۴،۰۸۹ مگاوات برآورد می‌شود. همچنین تولید بین ۳،۴۳۷ مگاوات در سناریو بدبینانه و ۴،۶۷۹ مگاوات در سناریو خوش‌بینانه متغیر خواهد بود.

۴. پیش‌بینی تقاضای برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵

با توجه به متوسط نرخ رشد سالیانه تقاضای برق در ساعات پیک طی سال‌های ۱۳۹۳ تا ۱۴۰۴، سه سناریوی پیش‌بینی برای سال ۱۴۰۵ به دست آمده است. این سناریوها، مبتنی‌بر الگوهای رشد تاریخی و با در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های اقلیمی ارائه می‌شوند. مطابق سناریوی واقع‌بینانه، با فرض تداوم روند رشد ۱۰ساله (۴/۶ درصد)، تقاضای پیک سال ۱۴۰۵، معادل ۸۱،۰۶۰ مگاوات برآورد می‌شود. سناریوی بدبینانه با بیشترین رشد در پنج‌ساله اخیر (۸/۴ درصد در سال ۱۴۰۳)، تقاضا را تا ۸۴،۰۶۱ مگاوات پیش‌بینی می‌کند. سناریوی خوش‌بینانه با در نظر گرفتن حداقل رشد در پنج سال اخیر (۲/۸ درصد در سال ۱۴۰۱)، تقاضا را در سطح ۷۹،۶۷۶ مگاوات برآورد می‌کند (شکل۸).



شکل ۷. نمودار پیش‌بینی روند افزایش پیک تقاضای بار هم‌زمان شبکه (از سال ۱۳۹۴ تا ۱۴۰۵)

مأخذ: همان.

موارد فوق‌الذکر در شرایط عادی و براساس روند سالیان گذشته در نظر گرفته شده است، اما شایان ذکر است برای برآورد تقاضا در تابستان سال ۱۴۰۵، به‌دلیل وقوع جنگ و آسیب‌های وارد شده به برخی از صنایع انرژی‌بر کشور، میزان تقاضا باید بر این اساس تصحیح شود. براساس ارزیابی صورت گرفته، بخشی از ظرفیت صنایع انرژی‌بر فولادی و پتروشیمی و نیروگاه‌های مرتبط با این صنایع مورد خسارت واقع شده‌اند. به‌طورکلی حدود ۱۰۰۰ مگاوات از تقاضای صنعتی که سابقاً توسط نیروگاه‌های خودتأمین پوشش داده می‌شد و عرضه و تقاضای آن جز آمار تقاضای وزارت نیرو نبوده، اکنون به‌عنوان بار جدید به شبکه ملی منتقل شده است و الباقی نیز مابه‌ازای توان عملی تولیدی از دست رفته، تقاضای آن نیز به‌دلیل آسیب به صنعت مربوطه، از بین رفته است، لذا در محاسبات لحاظ نمی‌شود. ازاین‌رو باید حدود

۱۰۰۰ مگاوات به تقاضای جدید برق اضافه شود. بر این اساس، حداکثر تقاضای هم‌زمان شبکه در تابستان سال ۱۴۰۵ بین ۸۰,۶۷۶ تا ۸۵،۰۶۱ مگاوات برآورد می‌شود که تفاوت زیادی با ظرفیت عملی تأمین برق کشور در لحظه اوج مصرف دارد.

۵. پیش‌بینی صادرات و واردات برق در اوج مصرف سال ۱۴۰۵

در تحلیل تراز شبکه برق، میزان صادرات و واردات در برآورد نهایی میزان ناترازی اثرگذار است. اگرچه میزان واردات و صادرات برق کشور در مقایسه با کل تولید و تقاضای داخلی ناچیز است، اما در دوره‌های اوج مصرف مقادیر آن می‌توانند در پیش‌بینی ناترازی لحظه‌ای یا تأمین بخشی از نیاز اضطراری شبکه تأثیرگذار باشند. علاوه‌بر تأمین نیاز داخلی، بخشی از برق تولید شده در کشور نیز صرف صادرات می‌شود. بااین‌حال، تجربه سال‌های اخیر نشان داده است که در اوقات اوج مصرف، به‌ویژه از سال ۱۴۰۰ به بعد که ناترازی شبکه به شکل جدی‌تری بروز یافته، میزان صادرات برق به حداقل ممکن کاهش یافته تا اولویت تأمین نیاز داخل کشور حفظ شود. بررسی سری زمانی میزان واردات در سالیان گذشته نشان می‌دهد میزان واردات تقریباً در پیک بین ۱۵۰ تا ۳۵۰ مگاوات متغیر است. ازاین‌رو در زمینه واردات در تابستان سال ۱۴۰۵، سه حالت زیر در نظر گرفته شده است:

- **سناریوی خوش‌بینانه:** واردات معادل میانگین پنج سال اخیر (۱۴۰۰ تا ۱۴۰۵) برابر با ۳۰۶ مگاوات،
- **سناریوی واقع‌بینانه:** واردات معادل میانگین دو سال اخیر (۱۴۰۲ و ۱۴۰۳) برابر با ۲۱۵ مگاوات،
- **سناریوی بدبینانه:** واردات برابر با مقدار ثبت شده در سال ۱۴۰۴ معادل ۱۷۴ مگاوات.

۶. پیش‌بینی میزان ناترازی توان و انرژی در تابستان سال ۱۴۰۵

در بخش‌های قبلی گزارش، ابعاد مختلف ناترازی برق در کشور، به همراه تحلیل وضعیت تولید و تقاضای برق به‌لحاظ آسیب‌های ناشی از جنگ مورد واکاوی قرار گرفت. همچنین براساس شرایط فعلی صنعت برق و روندهای قبلی، مؤلفه‌های مختلف تولید و تقاضای برق در زمان اوج مصرف سال ۱۴۰۵ پیش‌بینی شد. درنهایت، پیش‌بینی تراز تولید و مصرف برق در پیک تابستان سال ۱۴۰۵ در قالب سه سناریوی خوش‌بینانه، میانی و بدبینانه خواهد بود که در جدول ۱ آمده است.

طبق محاسبات انجام شده، حداکثر توان تأمین شده هم‌زمان برق در زمان اوج تقاضا، حدود ۶۶,۲۶۵ الی ۷۰,۵۶۴ مگاوات برآورد شده است. همچنین حداکثر نیاز تقاضا حدود ۸۰،۶۷۶ الی ۸۵،۰۶۱ مگاوات پیش‌بینی می‌شود. بنابراین میزان ناترازی توان که معادل اعمال طرح‌های مدیریت مصرف است، در سه سناریو به‌ترتیب بالغ بر ۱۰,۱۱۲، ۱۳,۶۴۰ و ۱۸,۷۹۶ مگاوات تخمین زده می‌شود. به‌عبارت‌دیگر، در مقایسه با سال ۱۴۰۴ در سه سناریو خوش‌بینانه، واقع‌بینانه و بدبینانه، میزان ناترازی به‌ترتیب معادل ۳۱- ،۷/۵- و ۲۷/۲ درصد، تغییر خواهد داشت (جدول ۲).

جدول ۱. پیش‌بینی تراز تولید و مصرف برق در لحظه اوج تابستان سال ۱۴۰۵ (مگاوات)

سناریو		خوش‌بینانه	واقع‌بینانه	بدبینانه
تولید	حداکثر تولید همزمان نیروگاه‌های حرارتی و اتمی (براساس روند)	۵۶،۴۱۶	۵۵،۵۳۳	۵۴،۶۵۰
	حداکثر تولید همزمان نیروگاه‌های برق‌آبی	۹،۹۶۳	۹،۳۸۳	۸،۸۰۴
	حداکثر تولید همزمان نیروگاه‌های تجدیدپذیر	۴،۶۷۹	۴،۰۸۹	۳،۴۳۷
	واردات	۳۰۶	۲۱۵	۱۷۴
	کاهش تولید همزمان ناشی از آسیب جنگ رمضان	۸۰۰		
	حداکثر توان تأمین شده همزمان[1]	**۷۰،۵۶۴**	**۶۸،۴۲۰**	**۶۶،۲۶۵**
تقاضا	حداکثر نیاز مصرف داخلی (براساس روند سالیانه)	۷۹،۶۷۶	۸۱،۰۶۰	۸۴،۰۶۱
	صادرات	۰		
	افزایش تقاضا ناشی از آسیب جنگ	۱۰۰۰		
	مجموع تقاضای بار	**۸۰،۶۷۶**	**۸۲،۰۶۰**	**۸۵،۰۶۱**
مدیریت مصرف		**۱۰،۱۱۲**	**۱۳،۶۴۰**	**۱۸،۷۹۶**

مأخذ: محاسبات نگارنده.

جدول ۲. مقایسه تراز برق در لحظه اوج تابستان سال ۱۴۰۴ با مقادیر پیش‌بینی شده برای سال ۱۴۰۵ (مگاوات)

سال	۱۴۰۴	۱۴۰۵ (پیش‌بینی)			درصد تغییر (٪)		
		خوش‌بینانه	واقع‌بینانه	بدبینانه	خوش‌بینانه	واقع‌بینانه	بدبینانه
حداکثر توان تأمین شده همزمان	۶۲،۷۵۱	۷۰،۵۶۴	۶۸،۴۲۰	۶۶،۲۶۵	۱۲/۵	۹	۵/۶
مجموع تقاضای بار	۷۷،۴۹۷	۸۰،۶۷۶	۸۲،۰۶۰	۸۵،۰۶۱	۴/۱	۵/۹	۹/۱
مدیریت مصرف	۱۴،۷۴۶	۱۰،۱۱۲	۱۳،۶۴۰	۱۸،۷۹۶	-۳۱	-۷/۵	۲۷/۲

مأخذ: همان.

در راستای تکمیل تحلیل وضعیت عرضه و تقاضای برق کشور و با توجه به اهمیت روزافزون شاخص‌هایی فراتر از ناترازی توان، در این بخش برآورد ناترازی انرژی در تابستان سال ۱۴۰۵ ارائه می‌شود. ناترازی انرژی به‌عنوان شاخصی مبتنی‌بر کسری تجمعی برق در مقیاس زمانی ساعتی، امکان ارزیابی دقیق‌تر وضعیت تأمین برق و تبیین رفتار شبکه در دوره بهره‌برداری را نسبت به ناترازی توان فراهم می‌سازد و از این منظر، مبنای مناسب‌تری برای تحلیل‌های برنامه‌ریزی و سیاستگذاری به شمار می‌رود.

در این مطالعه، تولید نیروگاه‌های برق‌آبی و تجدیدپذیر با اتکا به پروفایل ساعتی عملکرد سال‌های گذشته و در چارچوب سناریوی واقع‌بینانه افزایش تولید محاسبه و برآورد شده است. همچنین تولید نیروگاه‌های حرارتی با لحاظ محدودیت‌های بهره‌برداری، کاهش قابلیت تولید برخی واحدها و آثار ناشی از آسیب‌های وارده در دوره اخیر مورد ارزیابی قرار گرفته است. ازسوی‌دیگر، تقاضای ساعتی برق در تابستان سال ۱۴۰۵ براساس سناریوی واقع‌بینانه رشد مصرف استخراج و بر روی پروفایل مصرف لحاظ شده است. در نهایت، با تلفیق داده‌های عرضه و تقاضا در مقیاس ساعتی، ناترازی انرژی در کل دوره تابستان محاسبه و تحلیل شده است.

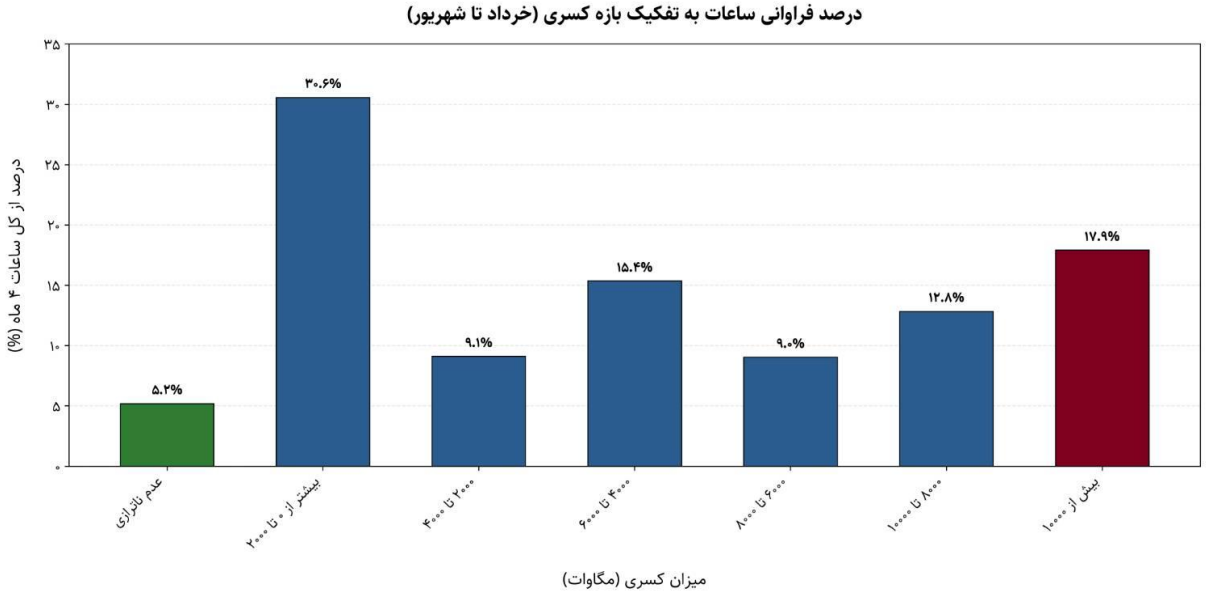
یافته‌های حاصل از این ارزیابی (شکل ۹) حاکی از آن است که توزیع ناترازی انرژی در تابستان سال ۱۴۰۵ عمدتاً در سطوح

۱. فرض شده که ذخیره‌گردان در توان تأمین شده همزمان لحاظ نشده و در توان قابل تأمین بروز می‌کند.

پایین تا متوسط متمرکز است، به‌گونه‌ای که حدود ۶۰ درصد از ساعات تابستان، ناترازی کمتر از ۶ هزار مگاوات و حدود ۸۲ درصد از ساعات در محدوده کمتر از ۱۰ هزار مگاوات قرار دارند. این امر نشان‌دهنده آن است که بخش اصلی ناترازی انرژی در دوره مورد بررسی، در مقادیر محدود و قابل مدیریت متمرکز است. این محدوده، بخش اصلی ناترازی را تشکیل می‌دهد و جبران آن از طریق افزایش ظرفیت تولید میسر است. این افزایش ظرفیت لزوماً به‌معنای احداث نیروگاه جدید نیست، بلکه می‌تواند با مدیریت تولید نیروگاه‌ها و از مسیر بهبود ضریب بهره‌برداری آنها (حداقل تا حدود ۲ هزار مگاوات) انجام شود. شایان ذکر است که ضریب بهره‌برداری نیروگاه‌ها در طی چند سال اخیر کاهش یافته و نسبت به دهه ۱۳۹۰ پایین‌تر است.

در مقابل، کسری بیش از ۱۰ هزار مگاوات صرفاً در حدود ۱۸ درصد از ساعات و عمدتاً در دوره اوج‌بار رخ می‌دهد. مطابق تجارب بین‌المللی در بهره‌برداری از شبکه‌های برق [۲]، مدیریت این بخش از ناترازی عمدتاً از طریق سازوکارهای مدیریت سمت تقاضا انجام می‌پذیرد و لزوماً مستلزم توسعه ظرفیت‌های جدید تولیدی نیست. ازاین‌رو، اتکای صرف به افزایش ظرفیت تولید برای پوشش این بخش از ناترازی، با توجه به نیازمندی‌های سرمایه‌گذاری بالا و زمان‌بر بودن اجرا، از منظر اقتصادی و اجرایی بهینه تلقی نمی‌شود.

بر این اساس، راهبرد بهینه در مدیریت ناترازی انرژی در تابستان سال ۱۴۰۵، مبتنی‌بر ترکیب دو رویکرد مکمل شامل: ارتقای بهره‌برداری از ظرفیت نیروگاهی موجود در حد امکان و به‌کارگیری ابزارهای مدیریت سمت تقاضا ازجمله بهینه‌سازی مصرف، برنامه‌های پاسخ‌گویی بار، جابه‌جایی بار و قراردادهای تعدیل بار است. اجرای این رویکرد می‌تواند ضمن کاهش فشار بر توسعه ظرفیت‌های جدید، به بهبود قابلیت اطمینان تأمین برق در دوره اوج‌بار و ارتقای پایداری شبکه منجر شود.



شکل ۸. نمودار هیستوگرام پیش‌بینی میزان ناترازی انرژی برق در ماه‌های گرم سال (ابتدای خردادماه تا پایان شهریورماه)

مأخذ: همان.

۷. جمع‌بندی و ارائه پیشنهادها

در سال‌های اخیر، مسئله کمبود برق به یکی از چالش‌های راهبردی کشور تبدیل شده و معمولاً با عنوان «ناترازی برق» از آن یاد می‌شود. این ناترازی را می‌توان از دو منظر مکمل بررسی کرد: اول، ناترازی توان که بیانگر اختلاف لحظه‌ای میان تولید و مصرف برق است و نقش تعیین‌کننده‌ای در بروز خاموشی‌ها در ساعات اوج‌بار دارد و دوم، ناترازی انرژی که کسری تجمعی برق را در بازه‌های زمانی ساعتی، روزانه و فصلی اندازه‌گیری کرده و تصویر جامع‌تری از وضعیت تأمین و مصرف برق ارائه می‌دهد. در این گزارش، هر دو شاخص به‌صورت هم‌زمان مورد بررسی قرار گرفته‌اند تا ارزیابی دقیق‌تری از وضعیت شبکه برق کشور حاصل شود. در گام نخست، ناترازی توان به‌عنوان شاخص تحلیل شرایط لحظه‌ای شبکه بررسی شده است. در ادامه، ناترازی انرژی نیز به‌منظور تبیین کسری تجمعی برق در طول زمان محاسبه شده تا آثار ماندگار عدم توازن عرضه و تقاضا نیز در تحلیل لحاظ شود. این رویکرد، امکان ارزیابی هم‌زمان رفتار لحظه‌ای شبکه و پیامدهای تجمعی آن را فراهم می‌سازد.

در سال‌های اخیر، افزایش تقاضای برق با روندی سریع‌تر از رشد ظرفیت تولید، صنعت برق کشور را با چالش جدی مواجه کرده است، چالشی که در فصل گرم سال، خود را به‌صورت ناترازی میان حداکثر نیاز تقاضا و توان لحظه‌ای تولید نشان می‌دهد و این عدد در چند سال اخیر بین ۱۴ تا ۱۷ هزار مگاوات بوده است. در کنار این ناترازی برق که در فصل تابستان کشور را با چالش روبه‌رو می‌کند، در سال جاری خروج حدود ۴۸۰۰ مگاوات نیروگاه‌های خودتأمین بخش خصوصی که علاوه‌بر تأمین نیاز صنایع انرژی‌بر، مازاد تولید خود را به شبکه تزریق می‌کردند، منجر به تغییر موازنه تراز انرژی کشور شده است. ازسوی‌دیگر آسیب به بخش قابل‌توجهی از صنایع انرژی‌بر فولادی و پتروشیمی، در میزان تقاضا نیز تغییراتی ایجاد کرده است. بخشی از این صنایع آسیب‌دیده هم‌زمان با نیروگاه‌های خودتأمین از مدار خارج شده‌اند و دیگر تقاضایی برای مصرف نخواهند داشت، اما برایند نهایی این خسارات، فشار مضاعفی را بر شبکه سراسری تحمیل می‌کند. به‌طورکلی، با توقف فعالیت این واحدها، نه‌تنها ۸۰۰ مگاوات توان مازاد تزریقی به شبکه سراسری از دست رفته، بلکه ۱۰۰۰ مگاوات از تقاضای صنعتی که پیش از این به صورت داخلی تأمین می‌شد و در آمار شبکه نبود، اکنون به‌عنوان بار جدید به شبکه منتقل شده است. لذا حدود ۱۸۰۰ مگاوات به ناترازی سالیانه از محل خسارات ناشی از جنگ اضافه خواهد شد. بنابراین برآورد می‌شود در سناریو واقع‌بینانه، میزان توان عملی نیروگاه‌های حرارتی در پیک امسال حدود ۵۴/۷ هزار مگاوات باشد.

در خصوص انرژی‌های تجدیدپذیر نیز، در سال گذشته میزان ظرفیت تجدیدپذیر در کشور حدود ۱۶۰۰ مگاوات بوده که در سال جاری برآورد می‌شود این عدد به ۶ هزار مگاوات برسد که نشان از افزایش ۴/۴ هزار مگاواتی دارد. ازسوی‌دیگر در صورت تحقق، میزان توان حداکثر قابل بهره‌برداری از نیروگاه آبی نیز حدود ۲/۱ هزار مگاوات به‌دلیل بهبود شرایط بارندگی افزایش خواهد داشت. لذا در سناریو واقع‌بینانه، مجموعاً امکان تأمین ۱۳/۵ هزار مگاوات از این محل در پیک وجود خواهد داشت. به‌طورکلی براساس فرضیات و برآوردهای انجام شده، حداکثر نیاز تقاضا در اوج‌بار تابستان سال ۱۴۰۵ در سه سناریوی خوش‌بینانه، واقع‌بینانه و بدبینانه به‌ترتیب معادل ۸۰/۷ و ۸۲/۱ و ۸۵/۱ هزار مگاوات برآورد می‌شود. با توجه به اینکه حداکثر توان تولید هم‌زمان در سه سناریوی مذکور به‌ترتیب معادل ۷۰/۶، ۶۸/۴ و ۶۶/۳ هزار

مگاوات برآورد شده، میزان ناترازی برق در لحظه اوج مصرف سال ۱۴۰۵ به‌ترتیب بالغ بر ۱۰/۱ و ۱۳/۶ و ۱۸/۸هزار مگاوات پیش‌بینی می‌شود.

با توجه به اینکه ناترازی برق در تابستان سال ۱۴۰۴ معادل ۱۴/۷ هزار مگاوات بوده است، در سناریوی واقع‌بینانه برای سال ۱۴۰۵ برآورد می‌شود که ناترازی برق حدود ۱/۱ هزار مگاوات کاهش یابد. این کاهش، معادل کاهش رشد ۷/۴ درصدی نسبت به سال ۱۴۰۴ بوده است. باید توجه کرد روند افزایش ناترازی توان لحظه‌ای در سال‌های اخیر به‌واسطه اختلاف رشد مصرف و تولید با نرخ قابل‌توجهی رو به رشد بوده است، اما پیش‌بینی می‌شود در سناریو واقع‌بینانه این نرخ رشد کمتر شده باشد که همان‌طور که پیشتر ذکر شده، علت آن افزایش قابل‌توجه توان تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و همچنین بهبود حداکثر توان قابل بهره‌برداری از نیروگاه‌های برق‌آبی است. اگرچه میزان ناترازی در اوج مصرف روزانه اندکی کمتر از سال گذشته برآورد شده است، اما باید توجه داشت که به دلیل ماهیت تولید این نوع نیروگاه‌ها، در صورت عدم مدیریت بار، ممکن است کسری برق در شب نسبت به سال‌های قبل بیشتر گردد که لازم است در اسرع وقت برنامه‌های مدیریت بار در دستور کار قرار گیرد.

در کنار ناترازی توان، ناترازی انرژی نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که بخش عمده ساعات تابستان دارای کسری در سطوح پایین تا متوسط است، به‌گونه‌ای که حدود ۶۰ درصد ساعات دارای ناترازی کمتر از ۶ هزار مگاوات و حدود ۸۲ درصد ساعات در محدوده کمتر از ۱۰ هزار مگاوات قرار دارند. این موضوع نشان می‌دهد که اگرچه ناترازی در ساعات اوج‌بار قابل‌توجه است، اما در بخش عمده‌ای از زمان، کسری تجمعی در سطوح پایین‌تری از آنچه شاخص ناترازی توان تصویر می‌کند، قرار دارد. این محدوده، بخش اصلی ناترازی را تشکیل می‌دهد و جبران آن از طریق افزایش ظرفیت تولید میسر است. این افزایش ظرفیت لزوماً به‌معنای احداث نیروگاه جدید نیست، بلکه می‌تواند با مدیریت تولید نیروگاه‌ها و از مسیر بهبود ضریب بهره‌برداری آنها (حداقل تا حدود ۲ هزار مگاوات) انجام شود. برای بخش اصلی ناترازی (حدود ۸۲ درصد ساعات)، رویکرد اصلی باید مبتنی‌بر ارتقای استفاده از ظرفیت‌های موجود باشد. در این چارچوب، اقداماتی نظیر بهبود ضریب بهره‌برداری نیروگاه‌های حرارتی، کاهش خروج اضطراری واحدها، بهینه‌سازی تعمیرات و بهره‌برداری و استفاده حداکثری از ظرفیت نیروگاه‌های برق‌آبی و تجدیدپذیر می‌تواند بخش قابل‌توجهی از کسری در این محدوده را بدون نیاز به سرمایه‌گذاری سنگین جدید جبران کند.

در مقابل، کسری بیش از ۱۰ هزار مگاوات تنها در حدود ۱۸ درصد ساعات و عمدتاً در دوره‌های اوج‌بار رخ می‌دهد. این بخش از ناترازی در تجربه بین‌المللی صنعت برق عمدتاً از طریق ابزارهای مدیریت سمت تقاضا کنترل می‌شود و الزاماً نیازمند توسعه ظرفیت تولید نیست. ازاین‌رو، اتکای صرف بر افزایش ظرفیت تولید برای پوشش این بخش از ناترازی، با توجه به هزینه‌های بالای سرمایه‌گذاری و زمان‌بر بودن اجرا، رویکردی بهینه محسوب نمی‌شود.

در جمع‌بندی، نتایج این تحلیل نشان می‌دهد که مسئله ناترازی برق در کشور دارای ماهیت دوگانه است، به‌گونه‌ای که در بُعد توان، مسئله در ساعات محدود، اما بحرانی اوج‌بار بروز می‌کند و در بُعد انرژی، بخش عمده کسری در سطوح پایینی توزیع شده است. بنابراین، راهکار مؤثر برای مدیریت شرایط موجود، ترکیبی از افزایش بهره‌برداری از ظرفیت‌های موجود و به‌کارگیری ابزارهای مدیریت تقاضا در کنار توسعه هدفمند ظرفیت‌های جدید خواهد بود.

ازسوی‌دیگر به‌دلیل وقوع جنگ اخیر، باید توجه داشت که کاهش ظرفیت تولید گاز به ۶۰۰ میلیون مترمکعب در روز بر اثر آسیب به زیرساخت‌ها، پایداری انرژی در زمستان را با بحران جدی مواجه می‌کند. بااین‌حال، به‌دلیل افت تقاضای صنایع پتروشیمی و فولاد ناشی از جنگ، پیش‌بینی می‌شود تقاضای تابستانی به ۵۹۰ تا ۶۰۰ میلیون مترمکعب برسد که چالش سوخت نیروگاه‌ها را در کوتاه‌مدت تعدیل می‌کند، اما با احتمال استفاده از مازاد ظرفیت صنایع، تأمین گاز نیروگاه ممکن است با چالش روبه‌رو شود. لذا برای تضمین تأمین سوخت گاز نیروگاه در تابستان، تخصیص و مصرف بیشتر مازوت در نیروگاه‌ها و جایگزینی آن در صنایع سیمان جهت آزادسازی گاز مصرفی در تابستان، باید مدنظر قرار گیرد.

به‌طورکلی شرایط کنونی صنعت برق حاصل انباشت مشکلاتی است که در بلندمدت مورد توجه قرار نگرفته‌اند. مهم‌ترین عامل، اقتصاد ناکارآمد این صنعت است. شکاف میان قیمت‌های تکلیفی و هزینه‌های واقعی تولید، منجر به انباشت بدهی، ناتوانی وزارت نیرو در پرداخت هزینه تولید برق به تولیدکنندگان و درنهایت کاهش انگیزه سرمایه‌گذاری در احداث نیروگاه‌های جدید شده است. نرخ تعرفه پایین برق در سالیان گذشته علاوه‌بر اینکه موجب افزایش شیب تقاضای برق در اکثر بخش‌های مصرفی شده، توسعه صنایع انرژی‌بر با بهره‌وری پایین را نیز توجیه‌پذیر کرده است. ازسوی‌دیگر، شدت بالای مصرف انرژی در کشور، ضرورت اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی را برجسته می‌سازد، اما به‌دلیل وجود نظام یارانه‌ای در صنعت برق، نبود سازوکارهای مؤثر مالی و مشکلاتی که در اجرای ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید و سایر قوانین مانند ماده (۴۶) قانون برنامه هفتم پیشرفت وجود دارد، پروژه‌های بهینه‌سازی در بخش برق پیشرفت محسوسی نداشته‌اند.

یکی از چالش‌های اساسی در بخش تولید برق، فقدان تنوع در سبد تولید بوده است، به‌طوری‌که بیش از ۹۰ درصد برق کشور از نیروگاه‌های حرارتی تأمین می‌شود که وابسته به گاز طبیعی و سوخت مایع هستند. با توجه به ناترازی فزاینده در عرضه گاز، به‌ویژه در فصول سرد، حتی در صورت توسعه نیروگاه‌های جدید حرارتی، تأمین پایدار سوخت آنها با محدودیت‌هایی مواجه خواهد شد. ازاین‌رو، افزایش ظرفیت تولید باید با اولویت تبدیل نیروگاه‌های گازی به سیکل ترکیبی و توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و هسته‌ای دنبال شود که همان‌طور که ذکر شد اقدامات قابل‌توجهی در بخش تجدیدپذیر با اهتمام ویژه دولت صورت گرفته است.

اگرچه انجام اقدام‌های کوتاه‌مدت برای به حداقل رساندن خسارات ناترازی در تابستان سال ۱۴۰۵ لازم و ضروری است، اما بهبود شرایط موجود نیازمند توجه جدی به راهکارهای اصلاحی بلندمدت است. ازاین‌رو در ادامه، راهکار پیشنهادی برای مقابله با ناترازی برق با دو رویکرد کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه می‌شود.

الف) راهکارهای کوتاه‌مدت

- تخصیص و مصرف بیشتر سوخت مازوت در نیروگاه‌ها در تابستان به‌منظور اطمینان از تأمین سوخت تابستانی نیروگاه‌های حرارتی،
- جایگزینی مازوت در صنایع سیمان در تابستان جهت آزادسازی گاز مصرفی برای بخش نیروگاهی،
- تکمیل ذخایر سوخت مایع نیروگاه‌ها تا پایان مهرماه جهت آمادگی برای زمستان،

•تغییر اولویت اجرایی برنامه احداث ۷ هزار مگاوات نیروگاه تجدیدپذیر ساتبا از پروژه‌های بزرگ‌مقیاس به سمت طرح‌های کوچک‌مقیاسِ زودبازده با هدف تأمین برق پیش از پیک تابستان و ارتقای تاب‌آوری پدافندی شبکه مصرف،

•اولویت‌دهی به ذخیره‌سازی گاز در مخازن زیرزمینی در نیمه نخست سال به‌منظور تأمین بخشی از گاز زمستان،

•اطلاع‌رسانی رسانه‌ای برای تشویق مشترکان خانگی به صرفه‌جویی ۵ تا ۱۰ درصدی (می‌تواند بار شبکه را تا حدود ۲ تا ۴ هزار مگاوات کاهش دهد)،

•اعطای گواهی صرفه‌جویی قابل فروش در بورس (مطابق ماده (۴۶) قانون برنامه هفتم) به مشترکانی که مصرف خود را نسبت به سال‌های گذشته کاهش دهند،

• واردات برق از کشورهای همسایه با استفاده از تفاوت‌های زمانی و آب‌وهوایی برای بهره‌گیری از برق مازاد آنها،

•تفاهم با صنایع و کشاورزی برای اجرای برنامه‌های مدیریت بار با اطلاع‌رسانی قبلی، اولویت‌بندی منطقی و حداقل‌سازی خسارات تولیدی،

•مدیریت مصرف ادارات از طریق تغییر ساعات کاری، خاموشی سیستم‌های سرمایشی در ساعات اوج‌بار.

ب) راهکارهای بلندمدت

•**بهبود اقتصاد صنعت برق:** بخش قابل‌توجهی از ناترازی صنعت برق به علت عدم توازن پایدار میان هزینه‌ها و درآمدها و فاصله قیمت‌های تکلیفی بوده است. مهم‌ترین عامل این ناترازی، عدم رشد متناسب تعرفه‌های برق با نرخ تورم در سالیان گذشته بوده که مانع از تأمین منابع لازم برای توسعه ظرفیت و نگهداری زیرساخت‌ها شده است. ازسوی‌دیگر اصلاح تعرفه‌گذاری به‌نحوی‌که مشوق صرفه‌جویی باشد، بدون تحمیل فشار مالی بر مشترکان، از الزامات برون‌رفت از چالش فعلی است. تداوم اجرای مواد (۳)، (۶) و (۷) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق، در کنار اصلاح رابطه مالی صنعت برق طبق ماده (۱۰) همان قانون و انتقال یارانه‌ها به انتهای زنجیره، از اقدامات کلیدی در این مسیر به شمار می‌رود. همچنین، راهکار بلندمدت اصلاح ساختار اقتصادی صنعت برق، کاهش مداخله دولت و گسترش معاملات در بازارهای رقابتی همچون بورس انرژی و قراردادهای دوجانبه است که در بند «ب» ماده (۴۳) قانون برنامه هفتم پیشرفت نیز مورد تأکید قرار گرفته است.

• **بهینه‌سازی مصرف از طریق شکل‌دهی به بازار گواهی‌های صرفه‌جویی:** افزایش تولید بدون مدیریت مصرف، راه‌حلی پایدار نیست و منجر به تداوم رشد سرانه مصرف و شدت انرژی در کشور می‌شود. اجرای سیاست‌های بهینه‌سازی مصرف، مطابق مواد (۱)، (۵)، (۱۰) و (۱۱) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق و ماده (۱۲) قانون رفع موانع تولید و ماده (۴۶) برنامه هفتم، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. ازجمله اقدامات مؤثر در این حوزه، تسریع در راه‌اندازی بازار بهینه‌سازی مصرف انرژی، صدور گواهی‌های صرفه‌جویی قابل معامله برای مجریان، و تخصیص منابع مالی به حساب بهینه‌سازی مصرف انرژی برای تضمین بازگشت سرمایه پروژه‌های بخش خصوصی و دولت نظیر طرح‌های تعویض تجهیزات سرمایشی است.

• **تکمیل واحد بخار نیروگاه‌های گازی:** در حال حاضر بیش از ۲۰ هزار مگاوات نیروگاه گازی با راندمان نسبتاً پایین در کشور وجود دارد که حدود ۷ هزار مگاوات از آنها قابلیت تبدیل شدن به نیروگاه سیکل ترکیبی را دارا هستند. با تبدیل این واحدها به سیکل ترکیبی، امکان افزایش تولید برق بدون نیاز به مصرف سوخت بیشتر فراهم می‌شود.

• **متنوع‌سازی سبد تولید برق:** بیش از ۹۰ درصد از تولید برق کشور در سال ۱۴۰۴، مربوط به نیروگاه‌های حرارتی با سوخت فسیلی بوده است. برای افزایش امنیت تأمین برق کشور و همچنین کمک به کاهش و جبران ناترازی گاز، در ایجاد ظرفیت‌های جدید نیروگاهی باید به توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، هسته‌ای و زغال‌سنگی توجه ویژه‌ای شود. یکی از ویژگی‌های توسعه انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، هم‌زمانی سقف تولید برق خورشیدی در روز با پیک تقاضاست که می‌توان تا حد قابل‌قبولی میزان حداکثر تقاضا را در ظهر تأمین کند.

• **توسعه نیروگاه‌های خودتأمین:** ایجاد نیروگاه‌های خودتأمین توسط صنایع علاوه‌بر کاهش خسارات مالی صنایع ناشی از برنامه‌های مدیریت بار، باعث کاهش بار تحمیلی ازسوی صنایع به شبکه برق و به‌تبع آن کاهش ناترازی در اوج مصرف خواهد شد. گفتنی است، در این زمینه تکالیفی در ماده (۱۶) قانون جهش تولید دانش‌بنیان و همچنین ماده (۴) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق وضع شده که مستلزم پیگیری دولت و نظارت مجلس است.

• **هوشمندسازی شبکه توزیع:** بهره‌برداری از تجهیزات هوشمند (ازجمله شمارشگرهای هوشمند جهت رؤیت‌پذیری و نظارت‌پذیری برخط) در شبکه توزیع برق ضمن بهبود مدیریت شبکه برق، باعث افزایش کارایی طرح‌های مدیریت بار در زمان‌های اوج مصرف خواهد شد. با توجه به پیوستگی شبکه توزیع، در حال حاضر مدیریت بار از طریق خاموشی منطقه‌ای انجام می‌شود، درحالی‌که در صورت هوشمندسازی شبکه و به‌خصوص شمارشگرهای برق، امکان اعمال طرح‌های مدیریت بار صرفاً برای مشترکان پرمصرف و بد مصرف فراهم شده و به کاهش نارضایتی‌های عمومی و رعایت عدالت در رفتار با مشترکان منجر خواهد شد. در این راستا تکلیف قانونی مرتبطی در ماده (۱۸) قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق وجود دارد.

• **ایجاد بازار برق یکپارچه منطقه‌ای:** هم‌اکنون ترتیبات تجارت برق ایران با کشورهای همسایه مبتنی‌بر قراردادهای دوجانبه است. در قراردادهای دوجانبه، اغلب معاملات برق در دوره‌های بلندمدت است و ازآنجاکه برای مدیریت و کنترل تقاضای برق در دوره‌های زمانی کوتاه‌تر نظیر ساعتی، روزانه یا هفتگی به قراردادهای منعطف‌تر نیاز است، لذا پیشنهاد می‌شود در تجارت منطقه‌ای برق به سمت بازارهای یکپارچه حرکت شود تا پاسخ به تقاضا در ساعات اوج مصرف از طریق واردات برق با انعطاف بالاتری برآورده شود.

منابع و مآخذ

[۱] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، بررسی وضعیت تأمین برق در تابستان سال ۱۴۰۴، شماره مسلسل ۱۹۸۳۵، ۱۴۰۴.
[۲] مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، واکاوی مفهوم ناترازی برق در کشور، شماره مسلسل ۲۰۹۴۳، ۱۴۰۴.
[۳] وزارت نیرو، گزارش ماهیانه آمار صنعت آب و برق، فروردین‌ماه ۱۴۰۰ تا آذرماه ۱۴۰۴.
[۴] شرکت مادر تخصصی توانیر، آمار تفصیلی صنعت برق ایران ویژه مدیریت راهبردی، سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۴۰۳.
[۵] سازمان هواشناسی کشور، پیش‌بینی فصلی بارش و دمای هوای کشور، اردیبهشت‌ماه ۱۴۰۵.

گزیده سیاستی

کسری برق در اوج تقاضای ۱۴۰۵ به ۱۳/۶ هزارمگاوات خواهد رسید که ۱/۱ هزارمگاوات کمتر از سال قبل است. توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر مهم‌ترین علت این کاهش است، اما احتمال افزایش کسری در ساعات شب وجود دارد.

مرکز پژوهش های مجلس شورای اسلامی

تهران، خیابان پاسداران، روبروی پارک نیاوران(ضلع جنوبی، پلاک ۸۰۲)

تلفن: ۷۵۱۸۳۰۰۰ صندوق پستی: ۱۵۸۷۵-۵۸۵۵ پست الکترونیک: mrc@majles.ir

وب‌سایت: rc.majles.ir