

برق فردا از پشت‌بام‌ها می‌آید

خورشید می‌تواند یکی از مهم‌ترین پاسخ‌ها به بحران برق باشد، اما تبدیل این ظرفیت طبیعی به امنیت انرژی نیازمند تصمیم‌های دقیق و سرمایه‌گذاری پایدار است

کرده و توسعه ظرفیت‌های جدید را بر محور مشارکت بخش خصوصی دنبال می‌کند. در کنار پروژه‌های بزرگ مقیاس، برنامه‌های مردمی‌سازی تولید برق نیز در حال گسترش است. تجهیز ۱۲ هزار مدرسه دولتی به سامانه‌های خورشیدی ۵ کیلوواتی، یکی از طرح‌هایی است که می‌تواند علاوه بر افزایش تولید برق پاک، فرهنگ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در جامعه تقویت کند. تاکنون ۱۲۰۰ مدرسه در استان تهران به این سامانه‌ها مجهز شده‌اند و با آغاز ارسال تجهیزات از خرداد ۱۴۰۵، اجرای طرح در سایر استان‌ها نیز وارد مرحله عملیاتی شده است. این برنامه، گامی برای نزدیک‌تر کردن تولید انرژی به مصرف‌کنندگان و افزایش تاب‌آوری شبکه برق کشور به شمار می‌رود.

سرمایه؛ حلقه مفقوده

باوجود فراهم شدن بخش مهمی از الزامات فنی و اجرایی توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، تأمین منابع مالی همچنان به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین موانع پیش‌روی این صنعت مطرح است. گستردگی جغرافیایی ایران، ظرفیت بالای منابع انرژی پاک و استقبال سرمایه‌گذاران برای ورود به این حوزه، فرصت کم‌نظیری برای توسعه زیرساخت‌های برق ایجاد کرده است. اما تبدیل این ظرفیت بالقوه به پروژه‌های عملیاتی، نیازمند دسترسی پایدار به منابع مالی، تجهیزات و ارز است. بر اساس اعلام معاون سرمایه‌گذاری سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری برق ایران، بیش از هزار ساختمان در استان‌های مختلف کشور برای اجرای پروژه‌های تجدیدپذیر شناسایی و جانمایی شده و متقاضیان متعددی نیز مجوزهای لازم را دریافت کرده‌اند. بااین حال، کندی احتمالی در اجرای برنامه‌ها نه از ناحیه مطالعات کارشناسی یا محدودیت‌های فنی، بلکه بیشتر به چالش‌هایی همچون تأمین تجهیزات و محدودیت‌های ارزی بازمی‌گردد. در سال‌های گذشته، فرآیندهایی مانند صدور مجوز، واگذاری زمین و اتصال به شبکه از موانع جدی توسعه پروژه‌ها محسوب می‌شد. اما با واگذاری اختیارات بیشتر به استان‌ها، بخش قابل‌توجهی از این گره‌های اجرایی برطرف شده است. اکنون تمرکز اصلی باید بر ایجاد سازوکارهای نوین تأمین مالی و تسهیل ورود سرمایه به این بخش قرار گیرد تا ظرفیت‌های موجود به مرحله بهره‌برداری برسد.

امنیت انرژی در برابر تهدیدها

تحولات سال‌های اخیر نشان داده‌است که زیرساخت‌های حیاتی کشورها در منازعات نوین، به یکی از نخستین اهداف فشار و حمله تبدیل می‌شوند. بخش انرژی به دلیل نقش مستقیم در زندگی روزمره مردم و تداوم فعالیت‌های اقتصادی، جایگاهی راهبردی در این میان دارد. آسیب‌های واردشده به زیرساخت‌های انرژی کشور در جریان جنگ ۴۰ روزه، بار دیگر ضرورت افزایش تاب‌آوری شبکه برق و کاهش آسیب‌پذیری آن را برجسته کرد. در چنین شرایطی، توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها یک انتخاب اقتصادی، بلکه بخشی از راهبرد امنیت انرژی به شمار می‌رود. حرکت به سمت نیروگاه‌های کوچک‌مقیاس، پراکنده و متکی بر مشارکت مردم، می‌تواند ساختار شبکه برق را مقاوم‌تر کرده و امکان استمرار تأمین انرژی را در شرایط بحرانی افزایش دهد. هرچه تولید برق از انحصار واحدهای بزرگ فاصله گرفته و به سمت توزیع گسترده ظرفیت‌ها حرکت کند، توان شبکه برای مواجهه با تهدیدها و اختلال‌های احتمالی افزایش خواهد یافت.

تاب‌آوری شبکه برق

مالک شریعتی نیاسر، عضو کمیسیون انرژی مجلس شورای اسلامی، با اشاره به ضرورت تقویت زیرساخت‌های کشور در برابر تهدیدهای احتمالی، افزایش تاب‌آوری حوزه انرژی را یکی از محورهای مهم سیاست‌گذاری دانست. به گفته وی، مقابله با تهدیدها تنها در حوزه دفاعی و سیاسی خلاصه نمی‌شود، بلکه ارتقای ظرفیت‌های زیرساختی کشور، به‌ویژه در بخش انرژی، بخش مهم دیگری از این راهبرد را تشکیل می‌دهد. وی با تأکید بر نقش توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر در این مسیر، اظهار کرد که دولت، وزارت نیرو و سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) روند توسعه انرژی‌های پاک را با جدیت دنبال می‌کنند. به گفته او، پیشرفت‌های حاصل‌شده در حوزه تأمین مالی، سرمایه‌گذاری و اجرای پروژه‌ها نشان می‌دهد حرکت به سمت انرژی‌های نو شتاب گرفته است. توسعه تجدیدپذیرها با تکیه بر حمایت دولت، همراهی مجلس و حضور بخش خصوصی، می‌تواند ضمن تأمین پایدار برق، یکی از پایه‌های اصلی افزایش امنیت و تاب‌آوری زیرساخت‌های حیاتی کشور در سال‌های پیش رو باشد.



سید محمد منتظرالقائم

روزنامه نگار



کاهش ریسک سرمایه‌گذاری در انرژی

روند تحول صنعت انرژی نشان می‌دهد که آینده برق، تنها در افزایش ظرفیت تولید و ساخت نیروگاه‌های جدید خلاصه نمی‌شود، بلکه به بازآفرینی یک نظام اقتصادی، فناوریانه و مدیریتی نیاز دارد که بتواند میان تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، سرمایه‌گذاران و شبکه برق هماهنگی پایدار ایجاد کند. تجربه جهانی ثابت کرده‌است که توسعه کمی، بدون اصلاح سازوکارهای اقتصادی و کاهش ریسک سرمایه‌گذاری، نمی‌تواند ضامن پایداری صنعت برق باشد.

انرژی‌های تجدیدپذیر بدون تردید یکی از ستون‌های آینده صنعت برق هستند، اما گذار موفق به انرژی پاک، فراتر از احداث نیروگاه‌های خورشیدی و بادی است. مهم‌تر از توسعه فیزیکی زیرساخت‌ها، ایجاد محیطی امن، شفاف و قابل پیش‌بینی برای سرمایه‌گذاری است؛ محیطی که سرمایه‌گذاران داخلی بتوانند با اطمینان در آن حضور پیدا کنند.

تحقق اهداف توسعه تجدیدپذیرها نیازمند آن است که بازار برق بر پایه اصول اقتصادی، رقابت سالم و سازوکارهای شفاف حرکت کند. سرمایه‌گذاری زمانی در این بخش رونق می‌گیرد که علاوه بر امنیت حقوقی و اقتصادی، امکان کشف واقعی ارزش انرژی و پیش‌بینی پذیری درآمد‌ها فراهم باشد. در غیر این صورت، حتی برنامه‌های توسعه نیروگاهی نیز با محدودیت منابع مالی و کاهش انگیزه سرمایه‌گذاران روبه‌رو خواهند شد. مسئله اصلی صنعت برق آینده، صرفاً تولید بیشتر نیست؛ بلکه توانایی ایجاد هماهنگی هوشمند میان میلیون‌ها دارایی انرژی است. امروز چالش صنعت برق فقط به کمبود منابع بازمی‌گردد، بلکه به نبود ساختاری مرسوم است که بتواند اطلاعات پراکنده را جمع‌آوری، تحلیل و برای تصمیم‌گیری در کل اکوسیستم انرژی استفاده کند. بررسی تاریخ صنعت برق نشان می‌دهد که این حوزه مأموریتی متفاوت داشته است. نسل نخست مدیران صنعت برق، تمرکز خود را بر برق‌رسانی، توسعه شبکه و انتقال و توزیع و دسترسی به این خدمت گذاشتند. نسل دوم، با افزایش مصرف، مأموریت خود را توسعه ظرفیت تولید و پاسخگویی به رشد تقاضا تعریف کرد. اما امروز صنعت برق وارد مرحله‌ای تازه شده است. در نسل سوم مدیریت صنعت برق، با افزایش تعداد مصرف‌کنندگان، رشد نیروگاه‌های پراکنده و گسترش منابع تجدیدپذیر، مهم‌ترین ضرورت، ایجاد هماهنگی میان تولید، مصرف و شبکه است. این تحول بدون بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، اصلاح ساختارهای اقتصادی و حضور گسترده بخش خصوصی امکان‌پذیر نخواهد بود. اگر شبکه برق را به زیرساخت انتقال اطلاعات در اینترنت تشبیه کنیم، لایه هوشمند هماهنگی انرژی نقش‌ای شبیه موتور جست‌وجوی گوگل خواهد داشت؛ سامانه‌ای که داده‌های پراکنده را کنار هم قرار می‌دهد، آن‌ها را تحلیل می‌کند و بهترین تصمیم را برای اکوسیستم انرژی پیشنهاد می‌دهد. آینده صنعت برق به چنین لایه‌ای از هوشمندی نیاز دارد؛ زیرا شبکه، انرژی را منتقل می‌کند، بازار ارزش آن را کشف می‌کند و مدیریت شبکه پایداری را حفظ می‌کند.

با فرا رسیدن هر تابستان، شبکه برق کشور در آزمونی دشوار قرار می‌گیرد؛ آزمونی که افزایش مصرف، محدودیت تولید و شکاف میان عرضه و تقاضا، بار دیگر ضرورت بازنگری در الگوی تأمین انرژی را به صدر تصمیم‌های سیاست‌گذاران بازمی‌گرداند. در این میان، توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه انرژی خورشیدی، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مسیرهای عبور از ناترازی برق مطرح شده است. ایران با برخورداری از ظرفیت‌های کم‌نظیر تابش خورشید و منابع بادی، امکان توسعه گسترده انرژی‌های پاک را دارد؛ با این حال، فاصله میان ظرفیت بالقوه و ظرفیت بالفعل همچنان چشمگیر است. اکنون از مجموع ۱۰۰ هزار مگاوات ظرفیت تولید برق کشور، تنها ۵۴۰۰ مگاوات به نیروگاه‌های خورشیدی اختصاص دارد؛ رقمی که قرار است تا پایان تابستان افزایش یابد. این در شرایطی است که پیش‌بینی‌ها از تشدید ناترازی برق در تابستان ۱۴۰۵ کایت دارد؛ شکافی که در سناریوی واقع‌بینانه می‌تواند به بیش از ۱۳ هزار مگاوات برسد.

پارادوکس خاموشی‌ها

با وجود آنکه آمارهای رسمی از کاهش نسبی ناترازی برق در سال ۱۴۰۴ نسبت به سال قبل حکایت دارد، تجربه زیسته مشتریان و صنایع نشان می‌دهد که خاموشی‌ها نه تنها کاهش نیافته، بلکه در مقاطعی با شدت بیشتری اعمال شده است؛ تناقضی که ضرورت بازنگری در شیوه محاسبه، برآورد تقاضا و مدیریت شبکه برق را برجسته می‌کند. در سال گذشته، همزمان با ثبت اوج مصرف، توان تولیدی نیروگاه‌های حرارتی با رشد ۴ درصدی به ۵۴ هزار و ۶۲۷ مگاوات رسید، اما نیروگاه‌های برق‌آبی و تجدیدپذیر به دلیل شرایط اقلیمی و محدودیت منابع، کاهش ۱۶ درصدی را تجربه کردند و ظرفیت تولید آنها به ۷۹۵۰ مگاوات رسید.

از سوی دیگر، تحولات امنیتی و آسیب‌های واردشده به زیرساخت‌های انرژی، معادلات شبکه برق را پیچیده‌تر کرد. خروج بخشی از نیروگاه‌های خودتأمین صنایع بزرگ، اگر چه به کاهش بخشی از مصرف منجر شد، اما همزمان توان تزریق شده به شبکه را کاهش داد و بار جدیدی بر دوش شبکه ملی گذاشت. برآوردها نشان می‌دهد کاهش ۸۰۰ مگاواتی توان مازاد و انتقال هزار مگاوات بار صنعتی به شبکه، در مجموع حدود ۱۸۰۰ مگاوات به تقاضای برق کشور افزود؛ عاملی که در کنار ناترازی ساختاری، فشار بر شبکه را افزایش داد.

فاصله کوتاه تا تعادل

بررسی الگوی ناترازی برق نشان می‌دهد بخش عمده شکاف میان تولید و مصرف، در محدوده‌ای قرار دارد که با برنامه‌ریزی دقیق و افزایش هدفمند ظرفیت قابل جبران است. نتایج یک مطالعه حاکی از آن است که حدود ۶۰ درصد ساعات تابستان، میزان ناترازی کمتر از ۶ هزار مگاوات بوده و نزدیک به ۸۲ درصد این دوره نیز در محدوده کمتر از ۱۰ هزار مگاوات قرار دارد؛ محدوده‌ای که سهم اصلی ناترازی شبکه را تشکیل می‌دهد. رفع این بخش از کسری برق، الزاماً به معنای ساخت نیروگاه‌های جدید نیست، بلکه ارتقای بهره‌وری نیروگاه‌های موجود، بهبود ضریب آمادگی واحدها و مدیریت هوشمند تولید نیز می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای ایفا کند. بر این اساس، برای جبران بخش اصلی ناترازی، حدود ۸ هزار مگاوات ظرفیت جدید نیروگاهی کافی خواهد بود. در مقابل، کسری‌های بالاتر از ۱۰ هزار مگاوات که تنها در حدود ۱۸ درصد ساعات تابستان رخ می‌دهد، در بسیاری از کشورها از مسیر مدیریت مصرف و اصلاح الگوی تقاضا کنترل می‌شود، نه صرفاً با توسعه پرهزینه ظرفیت تولید.

مرز بهره‌وری خورشیدی

انرژی خورشیدی بی‌تردید یکی از مهم‌ترین ظرفیت‌های ایران برای عبور از چالش‌های آینده انرژی است؛ کشوری که با برخورداری از روزهای آفتابی فراوان، می‌تواند از این مزیت طبیعی برای افزایش امنیت انرژی، کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی و متنوع‌سازی سبد تولید برق بهره‌گیرد. با این حال، مسیر توسعه تجدیدپذیرها تنها با افزایش تعداد پنل‌ها و احداث نیروگاه‌های بیشتر هموار نمی‌شود؛ چرا که اقتصاد انرژی تابعی از پیوند میان ظرفیت تولید، ویژگی‌های شبکه و الگوی مصرف است. ماهیت متناوب انرژی خورشیدی، یعنی وابستگی تولید برق به ساعات تابش، سبب می‌شود افزایش ظرفیت نصب‌شده پس از یک نقطه مشخص، بدون توسعه زیرساخت‌های مکمل، اثرگذاری مشابهی در کاهش ناترازی نداشته باشد. به همین دلیل، سیاست‌گذاری در این حوزه نیازمند عبور از نگاه صرفاً کمی و حرکت به سوی تعیین ظرفیت بهینه متناسب با نیاز شبکه است. بر اساس گزارش مرکز پژوهش‌های مجلس با عنوان «تعیین حد بهینه توسعه انرژی خورشیدی در ایران»، توسعه نیروگاه‌های خورشیدی تا سقف حدود ۲۰ هزار مگاوات بیشترین بازده را در کاهش ناترازی برق خواهد داشت. این میزان ظرفیت می‌تواند حدود ۷۵ درصد انرژی تأمین‌نشده نزدیک به ۶۱ درصد ساعات ناترازی شبکه را جبران کند.

سرمایه‌گذاری نو برای برق آینده

این رویکرد جدید است؛ پروژه‌هایی که میانگین پیشرفت فیزیکی آنها از ۶۵ درصد عبور کرده و بخشی از آنها به شبکه برق متصل شده‌اند. ارزش این صندوق حدود ۱۵ هزار میلیارد تومان برآورد می‌شود و هدف آن، تسهیل حضور مردم، صنایع و سرمایه‌گذاران حقوقی در توسعه انرژی‌های پاک است. بهره‌گیری از مشوق‌های قانونی و ایجاد جذابیت‌های اقتصادی برای سرمایه‌گذاران، می‌تواند مسیر ورود منابع جدید به صنعت برق و شتاب گرفتن اجرای پروژه‌های تجدیدپذیر را هموار کند.

توسعه زیرساخت‌های انرژی پاک، به ابزارهای تازه‌ای برای جذب سرمایه و مشارکت عمومی نیاز دارد؛ مسیری که با ورود سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی به پروژه‌های بزرگ مقیاس صنعت برق در حال شکل‌گیری است. در این میان، صندوق‌های پروژه به‌عنوان یکی از مدل‌های نوین تأمین مالی، امکان پیوند میان سرمایه‌های خرد، منابع صنعتی و طرح‌های ملی را فراهم می‌کند. صندوق پروژه نیروگاه‌های خورشیدی با تمرکز بر ۱۰۸ طن و ظرفیت مجموع ۵۰۰ مگاوات، یکی از نمونه‌های