نشریه علمی، فرهنگی، اجتماعی تاغ

معمای انرژی های تجدیدپذیر

دکتر حسن خسروی
دانشیار گروه احیا مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران

محمد صادق رهبانی
دانشجوی کارشناسی مهندسی طبیعت دانشگاه تهران

مقدمه

اگر بخواهیم شانسی برای توقف روند روبه رشد تغییرات ویرانگر اقلیمی داشته باشیم، باید میزان انتشار آلاینده های کربنی را تا سال ۲۰۵۰ تقریباً به صفر برسانیم. این یعنی خداحافظی سریع با سوخت های آلاینده ی فسیلی. کمتر دانشمندی پیدا خواهید کرد که با این دیدگاه موافق نباشد، اما متاسفانه هنوز اجماعی درباره ی رویکرد لازم برای رسیدن به این هدف وجود ندارد. انرژی هسته‌ای بسیار گران تمام می‌شود و حرف وحدیث‌های بسیاری درباره ی آن وجود دارد. در عین حال هنوز نمی شود روی انرژی های تجدید پذیر برای تامین همه ی نیازهای انرژی دنیا حساب کنیم. اما چرا نمی توانیم؟

معمای انرژی‌های تجدیدپذیر

فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های نو در یک دهه اخیر جهش‌های قابل توجهی داشته است. اخیراً گفت و گویی داغ میان متخصصان انرژی های تجدیدپذیر با این موضوع درگرفت که آیا «اتکای کامل به انرژی‌های تجدیدپذیر» اکنون قابل اجراست یا نه و اگر اینطور است چطور می‌توانیم این کار را انجام دهیم؟ اما راه پیش‌رو و موانع احتمالی مسیر هر روز روشن تر می شوند. انقلاب انرژی‌های تجدیدپذیر به لطف افت شدید قیمت‌ها در سال‌های اخیر پا گرفته و با کاهش هزینه‌ی انرژی‌های پاک استفاده از آنها در حال فراگیر شدن است.

در سال ۲۰۱۷ بیش از ۹۸ گیگاوات ظرفیت تولید انرژی خورشیدی در جهان ایجاد شده که بیشتر از هر منبع انرژی دیگری بوده است. بیش از نیمی از این ظرفیت، یا ۵۳ گیگاوات آن، در چین ایجاد شده که مدت‌هاست به عنوان بزرگترین مصرف کننده‌ی سوخت آلاینده ی زغال سنگ در جهان شناخته می‌شود.

در کالیفرنیا، پنجمین اقتصاد بزرگ جهان، بیش

از یک سوم انرژی الکتریکی از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود و تا پیش از ۲۰۳۰ این سهم به بیش از ۵۰ درصد خواهد رسید. آلمان نیز قصد دارد تا پیش از سال ۲۰۵۰ حداقل ۸۰ درصد از نیاز انرژی خود را از منابع تجدیدپذیر تامین کند. حتی کشورهای تولیدکننده ی نفت و گاز هم در حال هدف گذاری های بلندپروازانه در این زمینه هستند؛ برای مثال امارات متحده قصد دارد تا قبل از سال ۲۰۵۰ سهم انرژی‌های پاک در کل مصرف را به ۴۴ درصد برساند.

همه ی این خبرها عالی هستند اما کافی نه. معکوس کردن فرایند تغییرات اقلیمی تنها با نوسازی شبکه ی انتقال قدرت اتفاق نخواهد افتاد. تبدیل انرژی مصرفی همه ی بخش‌های خدماتی که از سوخت های فسیلی استفاده می‌کنند، از حمل و نقل و گرمایش گرفته تا صنایع سنگین، به انرژی الکتریکی هم از اهمیت حیاتی برخوردار است.

در واقع حتی اگر برخی از بخش‌های خدماتی را هم که به سوخت‌های فسیلی متکی هستند، الکتریکی کنید، باز هم وضعیت ترسناک است. در حال حاضر یک چهارم انرژی مورد نیاز جهان از منابع تجدیدپذیر به دست می‌آید. متخصصان توزیع برق پیش‌بینی می‌کنند که در اروپا تا سال ۲۰۵۰ این مقدار ۴ برابر شود.

تغییر بزرگ

چنین تغییر بزرگی چالش‌های اقتصادی زیادی به وجود خواهد آورد. نصب تجهیزات استحصال انرژی های تجدیدپذیر به نسبت سوخت‌های فسیلی چندین برابر گران‌تر تمام می شود و با حذف شدن مشاغل صنعت نفت، بیکاری به وجود خواهدآمد. هزینه‌های عملیاتی و قیمت کلی فروشی پایین

باعث تضعیف تولید تجاری منابع انرژی انعطاف پذیر شده و به این معنی است که سازوکارهای خرید و فروش انرژی الکتریکی در مقیاس عمده باید دست‌خوش تغییر شوند. هرچند در نهایت انرژی های تجدیدپذیر با کاهش قابل ملاحظه ی مصرف سوخت های فسیلی و در عین حال پیشگیری از بروز فجایع زیست محیطی که باعث کندشدن رشد اقتصادی می‌شوند، صرفه ی خود را نشان خواهند داد.

در سال ۲۰۱۵ «مارک جاکوبسون» از دانشگاه استنفورد تصمیم گرفت که نقشه راهی را تهیه و منتشر کند که نشان میداد چطور میتوان تا سال ۲۰۵۰ نه تنها مصرف برق بلکه کل انرژی مورد نیاز ایالات متحده را تنها به کمک انرژی‌های بادی، خورشیدی و برق‌آبی تامین کرد. در این تحقیق، او و همکارانش به این نتیجه رسیدند که برای رسیدن به این هدف در ۳۵ سال آینده باید ظرفیت تولید انرژی تجدیدپذیر در آمریکا ۲۵ برابر شود. آنها سپس این نقشه راه تحسین شده را به ۱۳۹ کشور دیگر هم گسترش دادند که انتشار آلاینده های جهانی را تا ۹۹ درصد کاهش خواهد داد.

اما در واقع موضوع اصلی این بحث و همه برنامه های تأمین ۱۰۰ درصد انرژی از منابع تجدیدپذیر این نکته‌ی اساسی است: در دسترس‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر یعنی انرژی بادی و خورشیدی موسمی هستند. خورشید غروب می‌کند، باد از وزش می ایستد و هرسال فصل ها تغییر می کنند. منابع انرژی تجدیدپذیر ممکن است درست زمان اوج تقاضای محلی به طور ناخوشایندی تخلیه شوند.

البته می‌توانیم با دستکاری شبکه ی توزیع برق فعلی هم تا حدودی با این مشکل کنار بیاییم. اما بنابر نتایج مدلسازی شرکت تولید برق ایالت هاوایی، چالش تغییرات منابع تجدیدپذیر وقتی واقعاً خودنمایی می‌کند که سهم این انرژی ها از کل مصرف به بیشتر از ۷۰ تا ۸۰ درصد برسد. هاوایی تنها ایالت در آمریکاست که از سال ۲۰۱۸ تامین کل انرژی موردنیاز از منابع تجدیدپذیر را تا سال ۲۰۵۰ اجباری کرده است. به همین دلیل هم کلاک و برخی از همکارانش ترجیح می‌دهند روش‌های دیگر تولید انرژی مورد نیاز با آلایندگی کربنی پایین را هم از قلم نیندازند: رآکتورهای هسته‌ای و ژنراتورهای زغالی یا گازی که قادر به جذب کربن دی اکسید تولیدی خود هستند. اما ساخت و به کارگیری هردوی این گزینه‌ها بسیار هزینه‌بر است و به خصوص افکار عمومی دید خیلی مساعدی به انرژی هسته‌ای ندارد.

تامین ۱۰۰ درصد نیاز انرژی

بنابراین برای بسیاری از شرکت‌های فعال در حوزه تولید انرژی، تنها راه باقی‌مانده تلاش حداکثری برای رسیدن به هدف تأمین ۱۰۰درصد نیاز از انرژی‌های تجدیدپذیر است. همه قبول دارند که این، کاری بسیار چالش برانگیز است. پس چطور باید انجامش دهیم؟

یک راه برای مقابله با نوسانات روزانه ی منابع انرژی تجدیدپذیر، استفاده از روش‌های هوشمندانه برای تغییر تقاضای شبکه و مصرف انرژی اضافی بادی و خورشیدی در زمان فراوانی و کاهش مصرف در زمان تخلیه ی منابع است. مسلماً روش دیگری که باقی می ماند ذخیره‌سازی انرژی اضافی برای مصرف در زمان افزایش تقاضاست. ابر باتری هایی مانند تاسیسات باتری ثابت لیتیم-یون شرکت «تسلا» که در شهر جیمز تاون استرالیا نصب شده است، منطقی‌ترین گزینه هستند. این تاسیسات که ۱۰۰ مگاوات ظرفیت دارند، دست کم در حال حاضر قدرتمندترین باتری جهان است. این باتری میتواند انرژی مورد نیاز ۳۰ هزار خانه را، البته تنها برای یک ساعت، تامین کند. درست است که باتری تسلا به عنوان یک منبع اضطراری برای قسمت جنوبی استرالیا، ساخته شد.

اما با وجود این، محدودیت های آن نشان می‌دهد که هرچند ممکن است باتری‌ها به مرحله‌ای رسیده باشند که بتوانند انرژی کافی برای سازگاری با نوسانات روزمره ی مصرف در شبکه را در خود نگه دارند، اما هزینه ی بالای ساخت، آن ها را تبدیل به یک راه حل بسیار گران قیمت برای مقابله با نوسانات ماهانه و فصلی مصرف می کند.

این نوسانات را باید مهمترین مانع در مسیر رسیدن به هدف تامین ۱۰۰ درصدی انرژی از منابع تجدیدپذیر دانست.

پمپ ها روشن

ما هنوز دستگاه هایی را که در کنار داشتن قیمت منطقی قادر به ذخیره ی انرژی های تجدیدپذیر برای چندین ماه مصرف باشند، در اختیار نداریم، اما در آینده به چنین چیزی نیاز خواهیم داشت. ولی برخی از شیوه‌های قدیمی هنوز هم می توانند کارساز باشند و گزینه های خلاقانه‌ی بسیار دیگری هم وجود دارد که می‌توانند توسعه پیدا کنند.

یکی از شیوه‌های مطمئن ذخیره‌ی انرژی که می‌تواند بسیار بیشتر مورد استفاده قرار بگیرد، انرژی برقآبی است. سدها مخازن عظیمی هستند که آب، برف و باران را در خود ذخیره می‌کنند و می‌توانند با افزایش نیاز در شبکه با گذراندن این آب از توربین های مولد، انرژی الکتریکی تولید کنند. برخی از نیروگاه‌های برقآبی (که به نیروگاه‌های تلمبه ای معروف هستند) می‌توانند از نیروی اضافی در زمان کاهش مصرف برای پمپ کردن مجدد آب به بالادست استفاده و مجدداً مخزن را پرکنند تا در صورت نیاز دوباره برای گرداندن توربین‌ها به کاررود.

اکثریت غالب ذخایر انرژی الکتریکی در جهان به این شکل است و هنوز هم جای کار بسیاری در این زمینه وجود دارد. بنابراین خیلی جای تعجب ندارد که این شیوه در برخی قسمت‌های جهان دوباره مورد توجه قرارگرفته است. چین در یک دهه‌ی گذشته ظرفیت نیروگاه‌های تلمبه ای خود را دو برابر کرده است و تصمیم دارد این ظرفیت را باز هم دو برابر کند. پیشرفت فناوری همچنین باعث شده بتوان از این روش در مناطقی که جغرافیای کوهستانی یا منابع کافی آب وجود ندارد هم، استفاده کرد. برای مثال استرالیا در حال بررسی طرح یک نیروگاه ساحلی عظیم است که قرار است با پمپ کردن آب دریای خلیج اسپنسر به مخزنی که در فلات مجاور در ارتفاع ۲۶۰ متری قرار دارد، انرژی ذخیره کند.

اما استفاده از توان برقآبی برای ذخیره‌ی انرژی موجب نگرانی‌های زیست محیطی دیگری هم می‌شود. بیشتر آبی که در توربین ها برای تولید انرژی به کار می‌رود باید زیست‌بوم رودخانه‌ها را هم حفظ کند، برای کشاورزی به کار رود و به مصرف شهروندان برسد.

همچنین باید برای ایجاد مخازن آبی مناطق وسیعی را زیر آب برد که معمولاً باعث جابجایی اجباری جمعیت می‌شود. مناسب‌ترین فناوری جایگزین، روش‌های جدید تبدیل انرژی الکتریکی اضافی به سوخت‌هایی مثل هیدروژن، متان یا حتی سوخت

دیزل مصنوعی باشد که برخلاف انرژی الکتریکی میتوانند به صورت عمده ذخیره شوند.

این فناوری که «توان به گاز» نام دارد با استفاده از انرژی الکتریکی آب را به هیدروژن و اکسیژن تجزیه میکند. هیدروژن حاصل را می‌توان به عنوان سوخت پاک برای خودروها، کامیون‌ها و دیگ های بخار صنعتی استفاده کرد. همچنین می‌توان مقدار محدودی هیدروژن فشرده را در شبکه های گاز و مخازن بزرگ آن ذخیره کرد تا هنگام افزایش مصرف مورد استفاده قرارگیرد.

حتی می‌توان با ترکیب این هیدروژن و کربن دی اکسید، گاز متان تولید کرد که می‌تواند به طور کلی جایگزین گاز طبیعی شود.

ذخایر نامحدود

فناوری توان به گاز هنوز در ابتدای راه است و برخی متخصصان امیدی به موفقیت آن ندارند، چرا که الکترولیزورهای هیدروژن -یا دستگاه‌های تجزیه‌ی آب به گاز- بهره وری کمتر و قیمت بسیار بیشتری نسبت به باتری ها دارند. از طرف دیگر، دیگران بر این عقیده‌اند که چنین طرز فکری یعنی بی‌توجهی به سود و زیان ذخیره‌سازی درازمدت انرژی است.

قیمت باتری با چند برابر شدن ذخیره‌ی انرژی مورد نیاز به صورت تصاعدی رشد می‌کند. برای دو برابر کردن مقدار انرژی ذخیره شده باید ظرفیت باتری ها را دو برابر کنید، در حالی که در الکترولیزورها برای دو برابر کردن گاز تولیدی از الکتریسیته ی اضافی تنها کافی است دستگاه را دو برابر بیشتر روشن نگه دارید.

بالاخره زمانی میرسد که استفاده از الکترولیزورها

به صرفه‌تر باشد. مقدار ذخیره‌ی انرژی مورد نیاز برای رسیدن به هدف تأمین ۱۰۰ درصد انرژی از منابع تجدیدپذیر، استفاده از این روش را از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر می‌کند. با چنین روش هایی میتوان بر تغییرات کوتاه مدت ظرفیت تولید انرژی تجدیدپذیر در بازه‌های چندساعته یا چندروزه غلبه کرد و حتی تا حدی مسئله ی تغییر ظرفیت با تغییر فصل را هم پوشش داد.

اما باقی کار نیازمند روشی دیگر است: به جای ذخیره ی انرژی الکتریکی، باید آن را به شکل گسترده به اشتراک گذاشت. بالاخره همیشه باد در جایی در حال وزیدن است و اگر نباشد آفتاب هست. اگر بتوانید به اندازه ی کافی انرژی خورشیدی و بادی را از محلی به محل دیگر انتقال دهید، نیاز به ذخیره سازی کاهش پیدا خواهدکرد.

اما این کار نیازمند توسعه ی ابرشبکه‌های انتقال قدرت بین قاره ای است که قادر به انتقال انرژی با بازدهی بیشتری از شبکه‌های فعلی باشند.

پیاده سازی برنامه

چین هم با ساخت مجموعه های از خطوط انتقال قدرت برای تأمین انرژی شهرهای بزرگ ساحلی خود، این فناوری را پیاده کرده است. شرکت ملی توزیع برق چین در سال ۲۰۱۸ از اولین پروژه ی انتقال قدرت جریان مستقیم ۱۱۰۰ هزار ولت خود بهره‌برداری کرد: یک خط انتقال قدرت به طول ۳۳۲۴ کیلومتر با قابلیت انتقال ۱۲ گیگاوات که مزارع انرژی خورشیدی و بادی بیکار واقع در شمال شرق چین را دوباره عملیاتی خواهدکرد.

این فناوری انتقال نیروی (فوق ولتاژ بالا) همچنین قدم اول طرح چین برای ایجاد یک ابر شبکه

ی انتقال برق جهانی است که باعث خواهد شد انرژی های تجدیدپذیر پایدار، ارزان و فراوان شوند. تنها تصور کنید که انرژی خورشیدی تولیدی در صحرای بزرگ آفریقا در سراسر آسیا و اروپا در دسترس باشد تا به هدف چینی‌ها پی ببرید. این ایده به نظر بسیاری بدیهی میرسد. هر چند در مسیر ایجاد ابرشبکه‌های بین قاره‌ای انتقال قدرت چالش‌های ژئوپولتیکی و فرهنگی بسیاری وجود دارد. کشورها باید روی انرژی وارداتی حساب کنند و در شرایط فعلی و با تنش های فزاینده ی بین‌المللی این نگرانی کمی نیست.

مسئله ی دیگر مقاومت افکار عمومی است. یکی از دلایل اصلی شروع نشدن طرح ریزی یک ابرشبکه ی قاره‌ای به وسیله ی شرکت‌های توزیع برق اروپایی تاکنون، نگرانی از مخالفت احتمالی مردم مناطقی است که خطوط انتقال قدرت جریان مستقیم جدید از آنها عبور خواهد کرد.

با این‌حال بسیاری از دانشمندان درباره آینده خوش‌بین هستند. به اعتقاد آنها سوال اصلی این نیست که آیا ما به این هدف میرسیم یا نه، بلکه مسئله این است که آیا فرصت کافی برای اجرای آن را داریم؟ سریع جنبیدن یعنی نه گفتن به نیروگاه‌های فسیلی جدید، سرعت بخشیدن به ساخت تاسیسات انرژی تجدیدپذیر، حفظ روند نوآوری برای کاهش هزینه های ذخیره و انتقال انرژی و بازتعریف بازارهای انرژی.