تحلیل فنی و اقتصادی یک سیستم هیدروژن در مقیاس نیمه‌صنعتی: از تولید تا کاربرد

چکیده

توزیع نابرابر منابع انرژی تجدیدپذیر و سطوح مختلف توسعه، مقدار زیادی برق بلااستفاده تولید می‌نماید. تولید هیدروژن از الکترولیز آب می‌تواند به‌طور موثر برق بلااستفاده را مصرف کند؛ از انرژی هیدروژن نیز به‌عنوان یک منبع انرژی در قرن بیست و یکم استقبال شده است. با این حال، بسیاری از بخش‌های صنعت، طرح کلی انرژی هیدروژن محلی را به یک موضوع پیچیده تبدیل نموده‌اند. بنابراین در این مقاله، با ترکیب مشخصه‌ها، وضعیت توسعه و داده‌های حاصل از پروژه‌های نیمه‌صنعتی، سه مسیر رایج صنعت انرژی هیدروژن با پتانسیل توسعه‌ی بالا برای مطالعه‌ی متمرکز انتخاب شده است. این سه مسیر، فناوری‌های اصلی تولید هیدروژن، ذخیره‌سازی و انتقال و سناریوهای کاربرد انرژی هیدروژن را پوشش می‌دهند. یک رویکرد مبتنی بر مدل‌سازی برای محاسبه‌ی مصرف انرژی و اقتصاد در هر مسیر اعمال می‌گردد؛ سپس تحلیل، با وضعیت فعلی توسعه ادغام می‌گردد تا مزایا و معایب، شرایط مناسب و پتانسیل توسعه‌ی هر مسیر به دست آید. در میان سه مسیر، مسیر PEMFC[1] با ٪46/6 بالاترین راندمان انرژی را دارد، اما مقرون به صرفه نیست. این مسیر، برای ساخت و ساز داخل و اطراف نیروگاه‌ها به منظور

[1]-proton exchange membranes fuel cell

بهبود مصرف انرژی مناسب است. نرخ مصرف انرژی در این مسیر انتقال هیدروژن، کم‌تر از 34/9% است. با این حال، این مسیر مقرون به صرفه‌تر است و با یک برآورد محافظه‌کارانه، هزینه سوخت‌گیری هیدروژن در حدود ۶۰ RMB/kg[2] است که برای شهرهای متوسط و بزرگ با توسعه‌ی کامل انرژی هیدروژن مناسب است. هزینه‌ی انتقال در خط لوله هیدروژن کم است، اما ساخت و اصلاح اولیه خط لوله پیچیده‌تر است. بر اساس نتایج پژوهش و شرایط محلی، دولت یا شرکت‌ها می‌توانند طراحی زنجیره‌ی صنعت انرژی هیدروژن را سریع‌تر و به‌صورت موثرتری خصوصی‌سازی نمایند.

نتیجه‌گیری

در این مقاله، مسیر انتخاب‌شده به عنوان سیستمی مستقل محسوب می‌گردد. نه تنها محاسبات انرژی و اقتصادی هر اتصال تحلیل می‌شود، بلکه تاثیر دستگاه‌های اتصال و تطبیق ظرفیت روی سیستم در طول انتقال مواد بالادستی و پایین‌دستی انرژی هیدروژن نیز در نظر گرفته می‌شود؛ این امر بیش‌تر با کاربرد صنعتی انرژی هیدروژن مطابقت دارد. نتایج اصلی شامل این موارد است.

در بین سه مسیر، مسیر تولید هم‌زمان PEMFC با 46/6% بالاترین میزان مصرف انرژی را دارد. راندمان استفاده از انرژی در منابع سه‌گانه‌ی سرمایش، گرمایش و برق 42/3% است. اگرچه این مقدار کاهش می‌یابد، واحد تبرید برمید لیتیوم جایگزین تهویه مطبوع مرسوم شده و انتشار کربن را کاهش می‌دهد. این مسیر، مقرون به صرفه

[2] Renminbi

نیست به ویژه هزینه‌ی ذخیره‌سازی هر کیلوگرم هیدروژن به دلیل جذب و تخلیه کم دستگاه‌های ذخیره‌سازی هیدروژن جامد، بیش‌تر است. این امر برای ساخت و ساز در نیروگاه و مناطق اطراف آن مناسب است، که می‌تواند به بهبود بهره‌وری انرژی نیروگاه و کاهش انتشار کربن برای دستیابی به اهداف تعیین‌شده توسط دولت کمک کند. این نکته با مشخصه‌های برنامه‌ی انتقال تعیین می‌گردد که در آن راندمان انرژی تبدیل برق به قدرت بالا نیست. با این حال، این مسیر مقرون به صرفه‌تر است و هزینه‌ی سوخت‌گیری هیدروژن به صورت محافظه‌کارانه در حدود 60 RMB/kg تخمین زده می‌شود. هزینه‌ی عملیاتی یک ایستگاه سوخت‌گیری هیدروژن به تنهایی 24/65RMB/k است. وقتی ظرفیت سوخت‌گیری روزانه‌ی هیدروژن از 300 kg به 500 kg افزایش می‌یابد، هزینه‌ی عملیاتی به 15.05 RMB/kg کاهش می‌یابد، بنابراین فضای زیادی برای کاهش هزینه وجود دارد. در مراحل اولیه، این روش برای شهرهای متوسط و بزرگ مناسب است زیرا بازار کافی برای حمایت از توسعه‌ی انرژی هیدروژنی در این شهرها وجود دارد. بهره‌وری انرژی انتقال با خط لوله، با فاصله‌ی انتقال مرتبط است. هرچه فاصله بیش‌تر باشد، فشار مورد نیاز بیش‌تر می‌شود و کمپرسور، برق بیش‌تری مصرف می‌نماید. در این مسیر، هزینه‌ی انتقال اندک است، اما ساخت و ساز اولیه خط لوله و فناوری انتقال پیچیده بوده و هزینه‌ی ورودی بالا است. ایده‌ی اصلی طرح انرژی هیدروژن مناسب است، اما فناوری آن از نظر زمانی نسبتا عقب مانده است.

در مجموع، این سه مسیر مشکلاتی در زمینه‌ی توسعه مشترک نیز دارند. موارد زیر چندین عامل تعیین‌کننده هستند.

قیمت پایین برق در عصر حاضر بسیار ضروری است. هنگامی که قیمت برق به زیر 0.3 RMB/kWh برسد، فناوری تولید هیدروژن الکترولیتی در بازار می‌تواند رقابتی شود و از نیروی باد و نور خورشید به‌طور کامل استفاده نماید. هزینه‌ی مصرف برق در هر اتصال از مسیرها نیز کاهش می‌یابد.

افزایش مقیاس می‌تواند بسیاری از مشکلات را حل نماید. با افزایش مقیاس، هزینه‌ی استهلاک تجهیزاتی که به صورت یکنواخت توزیع‌شده، هزینه نیروی کار و هزینه هر واحد جرم هیدروژن، با افزایش پتانسیل تجاری‌سازی به میزان قابل توجهی کاهش می‌یابد. فناوری پیشرفته و کارایی در این زمینه، اساسی است. در دراز مدت، بدون یارانه‌های دولتی، مزیت کارآمد بودن خود فناوری به تنهایی می‌تواند به توسعه‌ی بلندمدت منجر شود. تکامل فناوری نیز پیش نیاز مهمی برای تجاری‌سازی و صنعتی شدن آن است. مقدار زیادی از پول سرمایه‌گذاری‌شده در تحقیق و توسعه می‌تواند تولید را افزایش داده و کاهش هزینه‌ها را تسهیل نماید.

کلیدواژه‌ها

طرح صنعت هیدروژن، توان اتلاف‌شده انرژی تجدیدپذیر، تحلیل مصرف انرژی، تحلیل اقتصادی.

Hydrogen industry layout, Renewable energy wasted power, Energy utilization analysis, Economic analysis.

مرجع

K. Liu, T. Wu, X. Cheng, M. Cao, X. Wang, J. Su, J. Zhang, “Technical and economic analysis of a pilot-scale hydrogen system: From production to application”, 2023, Energy Conversion and Management, Vol. 291, p.p. 117-218.

Doi: 10.1016/j.enconman.2023.117218