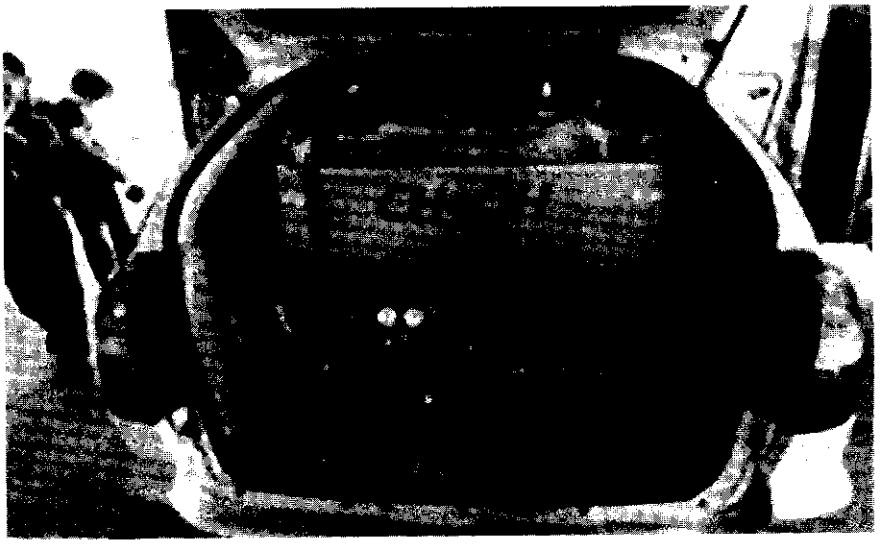


نهادینه شدن کاربرد پیل‌های سوختی؛ اهداف و موانع توسعه

عارف محمد زاده نوین

پالایشگاه نفت پارس - تهران

امروزه پیل‌های سوختی در تمامی عرصه‌های تولید انرژی الکتریکی اهمیت و جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده‌اند. اگر چه دانش فنی این مولدهای الکتروشیمیایی پیشینه‌ای در حدود ۱۵۰ سال دارد، پیل‌های سوختی تنها طی چند سال اخیر در سطح عمومی جامعه شناخته شده و به عنوان یک منبع تأمین کننده انرژی برای نسل‌های آینده مورد توجه جدی قرار گرفته‌اند. علاوه بر آن، پیل‌های سوختی به عنوان یک منبع انرژی "سازگار با محیط زیست" (منبع سبز) هم شهرت یافته‌اند، یعنی یک منبع پاک، فاقد سر و صدا و دارای بازدهی مناسب. آنها بدون داشتن قطعات مکانیکی متحرک، درست شبیه پیل‌های خشک عمل کرده و مادامی که سوخت تازه (معمولاً هیدروژن) به آنها رسانده می‌شود، به طور پیوسته انرژی الکتریکی تولید می‌کنند.

در حال حاضر، این مولدها در ظرفیت‌های ۱۰۰ وات تا دهها کیلو وات طراحی و ساخته شده‌اند که در ظرفیت‌های بالا (که معمولاً به صورت هیبرید است) بازدهی این مجموعه‌ها به ۷۵ درصد نیز می‌رسد.

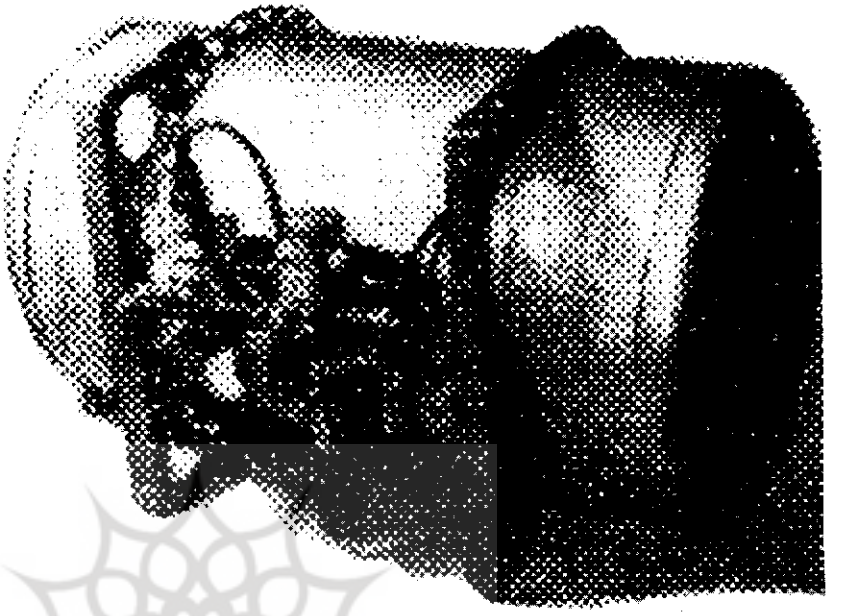
به هر حال، مانند هر تکنولوژی نو پای دیگر، سهم این مولدهای انرژی در تأمین انرژی مورد نیاز کنونی جهان بسیار ناچیز بوده. و در خوشبینانه‌ترین ارزیابی به ۲ درصد هم نمی‌رسد، اگر چه در جوامع صنعتی این سهم به سرعت در حال رشد و ترقی است. با این وجود امکان نهادینه شدن و کاربرد همگانی و همه منظوره پیل‌های سوختی هنوز به حد مورد انتظار در اهداف و برنامه‌ریزی‌های انرژی دولت‌ها نرسیده است و در عمل با موانع خاصی، اعم از فنی - اقتصادی، سیاسی و فرهنگی مواجه است. در این میان، دولت‌هایی که دارای منابع بالقوه فراوان و قابل بهره‌برداری از ذخایر انرژی فسیلی هستند، کمترین میزان انگیزه و گرایش به توسعه فن‌آوری و کاربرد عمومی پیل‌های سوختی (و سایر منابع انرژی تجدیدپذیر) را نشان داده و به گونه‌ای رشد فن‌آوری این منبع تأمین انرژی پاک را با محدودیت‌ها و مشکلات متعدد روبرو می‌سازند. در این مقاله، سعی شده است که امکان نهادینه شدن دانش فنی و توسعه کاربرد پیل‌های سوختی از جنبه‌های مختلف مورد بحث قرار گرفته و برخی از موانع توسعه آنها نیز از یک دیدگاه تحلیل گرایانه بررسی شود.

۱- مقدمه تاریخی

پیل سوختی برای نخستین بار در سال ۱۸۳۹ میلادی توسط سر ویلیام گروو (Sir William Grove) ابداع شد، ولی به عنوان یک دستاورد تحقیقاتی چندان مورد توجه قرار نگرفت زیرا ظرفیت تولید انرژی آن کم و هزینه ساخت آن بسیار زیاد بود. بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۱۹۶۰ نمونه‌های تحقیقاتی/آزمایشگاهی متعددی ازپیل‌های سوختی توسط شرکت‌های بزرگی مانند جنرال الکتریک (GE) با ظرفیت ۰/۰۲ تا ۱۵ وات ساخته شد. اما هنوز این ظرفیت برای کاربردهای فنی و صنعتی مورد نظر کافی و قابل قبول نبود، تا این که در سال ۱۹۶۵ یک پیل سوختی باظرفیت یک کیلو وات توسط شرکت جنرال الکتریک به منظور استفاده در ماهواره ژمینی ۵ (Gemini 5) ساخته شد و توجه دانشمندان را به خود جلب کرد. این پیل سوختی با ولتاژ ۲۵ ولت و شدت جریان خروجی ۴۰ آمپر (شکل ۱) توانست در طول ۷ پرتاب ماهواره ژمینی ۵، انرژی برابر با ۵۱۹ کیلووات ساعت را طی بیش از ۸۴۰ ساعت پرواز تأمین کند [1] . بدین ترتیب ثابت شد که پیل‌های سوختی می‌توانند برای بسیاری از مقاصد هوا- فضا مناسب بوده و انرژی مورد نیاز آنها را به صورت پیوسته، بدون نوسان و پایدار تأمین کنند. پس از آن، شرکت‌های متعددی در سراسر جهان روی توسعه دانش فنی و تکنولوژی ساخت پیل‌های و حتی سرمایه‌گذاری کردند. امروزه نیز تحقیقات و تلاش‌های گسترده‌ای در جهت ارتقای ظرفیت، کاهش هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری و توسعه ویژگی‌های کاربردی (همه منظوره) پیل‌های سوختی در جریان است و رقابت چشمگیری بین شرکت‌های بزرگ جهان در این زمینه وجود دارد.

پیل‌های سوختی می‌توانند به صورت مولدهای ساکن (Stationary)، که ظرفیت آنها بین ۱۰۰ وات (در حد مصرف یک لامپ رشته‌ای معمولی) تا چندین مگاوات (مصرف برق حدود ۱۰۰۰ خانوار) متغیر است، تولید و عرضه شوند. برق خروجی از پیل‌های سوختی، جریان مستقیم DC است و بنابراین برای اتصال به شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع برق و استفاده در مصرف‌کننده‌های امروزی لازم است که توسط اینورتر (Inverter) به برق جریان متناوب AC تبدیل شود. پیل‌های سوختی را

شکل ۱
پیل سوختی یک کیلوواتی بکار رفته در ساختمان ماهواره ژمینی ۵
سال ۱۹۶۵-۱۹۵۹ میلادی [1]

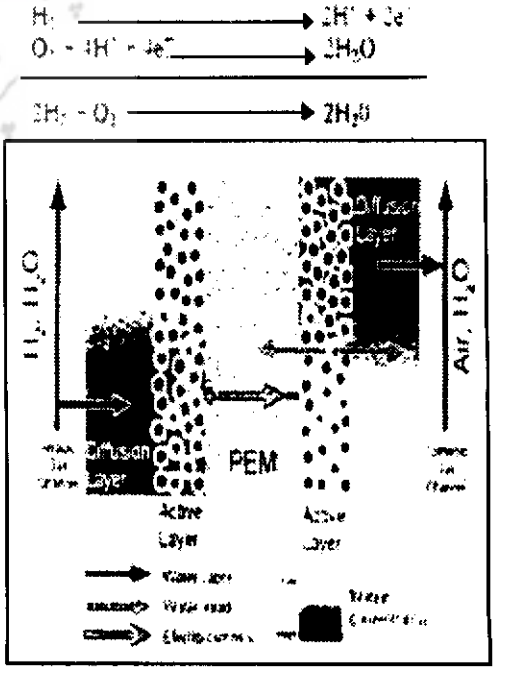


شکل ۲

ایستگاه رله تلویزیونی با منبع انرژی پیل سوختی، آلمان - ایالت بادن‌بادن سال ۱۹۶۵ میلادی [1].

می‌توان به صورت متصل به شبکه و یا غیرمتصل به شبکه مورد استفاده قرارداد. همچنین در کاربردهای صنعتی می‌توان برای افزایش بازدهی پیل‌های سوختی از مولدهای کوچک برای تولید همزمان الکتریسیته و گرما (Co-generation of Heat Power/CHP) بهره گرفت. از پیل‌های سوختی می‌توان برای تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز در مناطق دور از شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع برق، ایستگاه‌های ماهواره‌ای مخابراتی و... نیز به طور رضایت‌بخش استفاده کرد.

شکل ۳
اجزاء و مکانیزم عملکرد پیل سوختی



۲- مروری کوتاه بر انواع متداول پیل‌های سوختی [2].

پیل‌های سوختی را معمولاً بر اساس نوع ماده الکترولیت آنها طبقه‌بندی می‌کنند. الکترولیت ماده‌ای است که ما بین قطب‌های آند و کاتد قرارگرفته و نقش یک پل ارتباطی را برای تبادیل یون‌ها ایفا می‌کند.

۲-۱ پیل‌های سوختی قلیایی (Alkaline Fuel Cells/AFCs)

در این نوع پیل‌های سوختی از یک ماده قلیایی به عنوان الکترولیت استفاده شده است و در کاربردهای هوا- فضا مانند ماهواره آپولو و شاتل فضایی امریکا مورد استفاده قرار گرفته است.

۲-۲ پیل‌های سوختی با غشاء تبادل پروتونی Proton Exchange Membrane Fuel Cells/PEMFC)

در ساختمان این نوع پیل‌ها، از یک پلیمر جامد به عنوان ماده الکترولیت استفاده شده و لذا درجه حرارت کارکرد آن الزاماً پایین است. به همین سبب این نوع از پیل‌های سوختی برای کاربرد در خودروها و صنعت حمل و نقل مناسب هستند.

۲-۳ پیل‌های سوختی با الکترولیت اسید فسفریک (Phosphoric Acid Fuel Cells/PAFCs)

به طوری که از نام آن پیداست، در این نوع پیل‌ها از اسید فسفریک به عنوان الکترولیت استفاده شده و از نظر اقتصادی ارزان‌تر از سایر انواع پیل‌های سوختی است. به همین دلیل، این نوع پیل‌های سوختی تنها گروهی هستند که به طور تجاری (تولید انبوه) برای مقاصد تولید انرژی ساخته شده‌اند.

۴-۲ پیل‌های سوختی با الکترولیت کربنات مذاب
(Molten Carbonate Fuel Cells/MCFCs)

در این نوع از پیل‌های سوختی، الکترولیت کربنات در درجه حرارت کارکرد پیل، که تقریباً ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد است، ذوب شده و نقش خود را ایفا می‌کند. راندمان این نوع پیل‌های سوختی از همه انواع دیگر بیشتر است.

۵-۲ پیل‌های سوختی با الکترولیت اکسیدهای جامد
(Solid Oxide Fuel Cells/SOFCs)

در این نوع از پیل‌های سوختی یک ماده سرامیکی (اکسید فلزی) به عنوان الکترولیت عمل می‌کند. از آنجایی که نقطه ذوب سرامیک‌ها نسبتاً بالا است، این پیل‌ها درجه حرارت کارکردی حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد (و بالاتر) دارند که برای برخی از مقاصد بسیار مناسب است. پس از پیل‌های سوختی با الکترولیت کربنات مذاب، این نوع پیل‌های سوختی بالاترین راندمان نسبی را بین انواع دیگر دارند. در هر دو نوع پیل‌های سوختی اخیر می‌توان از منواکسید کربن (CO) به عنوان سوخت استفاده کرد.

هر یک از انواع پیل‌های سوختی که تا به حال ساخته شده، دارای ویژگی‌هایی است که به خصوص آنها را برای استفاده در برخی کاربردها مناسب می‌سازد. به عنوان مثال، راندمان و درجه حرارت کارکرد بالاتر پیل‌های سوختی کربنات مذاب و اکسید جامد، آنها را برای استفاده در مولدهای ساکن (به طور مستقل و یا هیبرید با توربین‌های گازی) ایده‌آل ساخته است. تنوع پیل‌های سوختی نیز، همانند موتورهای احتراق داخلی، بسیار زیاد است. باوجود سرمایه‌گذاری که طی سال‌های اخیر برای تحقیقات و توسعه تکنولوژی ساخت پیل‌های سوختی انجام گرفته، رشد این فن‌آوری از سایر زمینه‌های تولید انرژی کمتر بوده است، زیرا پیل‌های سوختی به طور جدی در مقاصد نظامی و استراتژیک به کار گرفته نشده‌اند.

در شکل ۴ بازدهی نسبی انواع پیل‌های سوختی در مقایسه با هم نشان داده شده است.

۳- اهداف توسعه کاربرد پیل‌های سوختی

توسعه فن‌آوری و کاربرد پیل‌های سوختی از جنبه‌های مختلفی قابل بررسی است. برخی از این جنبه‌ها عبارتند از:

۱-۳ مزایای زیست محیطی

پیل‌های سوختی از نظر معیارهای زیست‌محیطی جزو مطلوب‌ترین منابع تولید انرژی به شمار می‌روند. این مزایا شامل میزان انتشار در حد صفر (یا نزدیک به صفر) آلاینده‌های NOx,SOx,CO و هیدروکربن‌ها و همچنین میزان آلودگی صوتی بسیار پایین آنها است. به همین دلیل می‌توان پیل‌های سوختی را در مجاورت مصرف‌کننده‌ها (خانگی، صنعتی، خودرو و...) مورد استفاده قرار داد و بدین ترتیب از تلفات مربوط به انتقال انرژی نیز جلوگیری کرد. این ویژگی در حقیقت پنجره‌ای به سوی امکان ساخت و عرضه سیستم‌های گسسته انرژی(Discrete Energy Systems) باز می‌کند.

۲-۳ تأمین انرژی برق مورد نیاز مناطق دور افتاده و دور از شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع نیرو

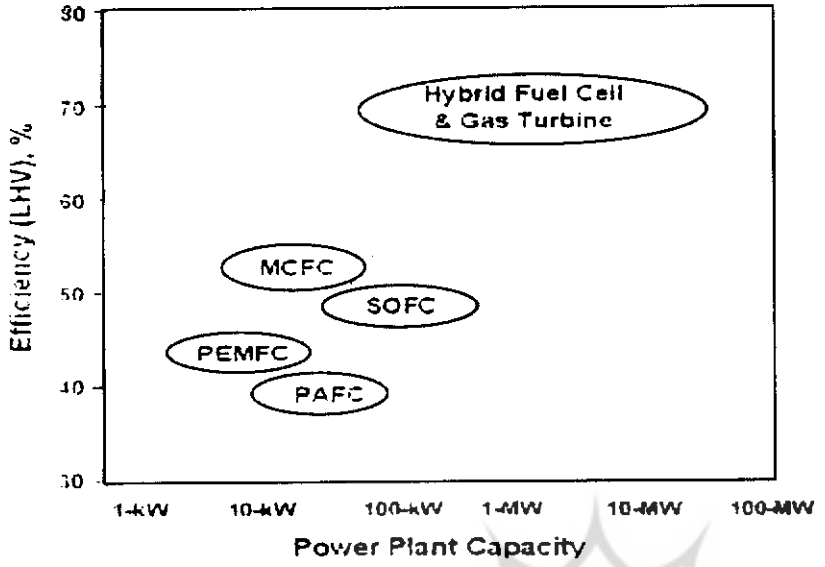
یکی دیگر از مزایای بهره‌برداری از پیل‌های سوختی در آن است که توسط این مولدهای انرژی الکتریکی می‌توان برق مورد نیاز مناطق دور افتاده، صعب‌العبور و بسیار دور از شبکه‌های سراسری انتقال و توزیع را به خوبی و به طور منطقه‌ای (Local Supply) تأمین کرد. بدین ترتیب، علاوه بر کاهش ظرفیت لازم نیروگاه‌های حرارتی (و نیز بهبود و کاهش میزان انتشار آلاینده‌های مربوطه)، کاهش طول خطوط انتقال نیرو و کاهش تلفات انتقال انرژی، قابلیت اطمینان منبع تولید انرژی الکتریکی را نیز برای مصرف‌کننده افزایش داد. در این خصوص وزارت نیروی ایالات متحده توانسته است پیل‌های سوختی خانگی با ظرفیت ۳۵ کیلو وات را با قیمت حدود ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ دلار به عموم شهروندان خود عرضه کند [2].

۳-۳ امکان ذخیره سازی انرژی

این ویژگی یکی از مهم‌ترین مزایای پیل‌های سوختی است. انرژی الکتریکی با همه امتیازاتی که دارد، امکان ذخیره‌سازی مناسبی نداشته و بنابراین از این جنبه دارای یک نقیصه ذاتی است. در حالی که در پیل‌های سوختی که اندکی بهسازی شده‌اند می‌توانند به سادگی آب و جریان الکتریسته را دریافت کرده و هیدروژن و اکسیژن تولید کنند. سپس می‌توان این گازها را جمع‌آوری و ذخیره کرد و در آینده برای تولید انرژی الکتریکی در سیکل مستقیم پیل سوختی مورد استفاده قرار داد.

چنین سیستمی را می‌توان به صورت ترکیبی با سلول‌های (پانل‌های) خورشیدی نیز بکار برد، به طوری که در طول روز انرژی را ذخیره کرده و شب هنگام انرژی الکتریکی تولید کند. همچنین

شکل ۴
بازدهی سیستم‌های مجهز به پیل‌های سوختی [2].



درنیروگاه‌ها نیز می‌توان از پیل‌های سوختی برای ذخیره‌کردن انرژی در ساعات خارج از پیک (اوج مصرف) استفاده‌کردودر ساعات اوج مصرف این انرژی ذخیره شده را باز پس گرفت و برای تأمین قسمتی از برق مورد نیاز مناطق مصرف کرد.

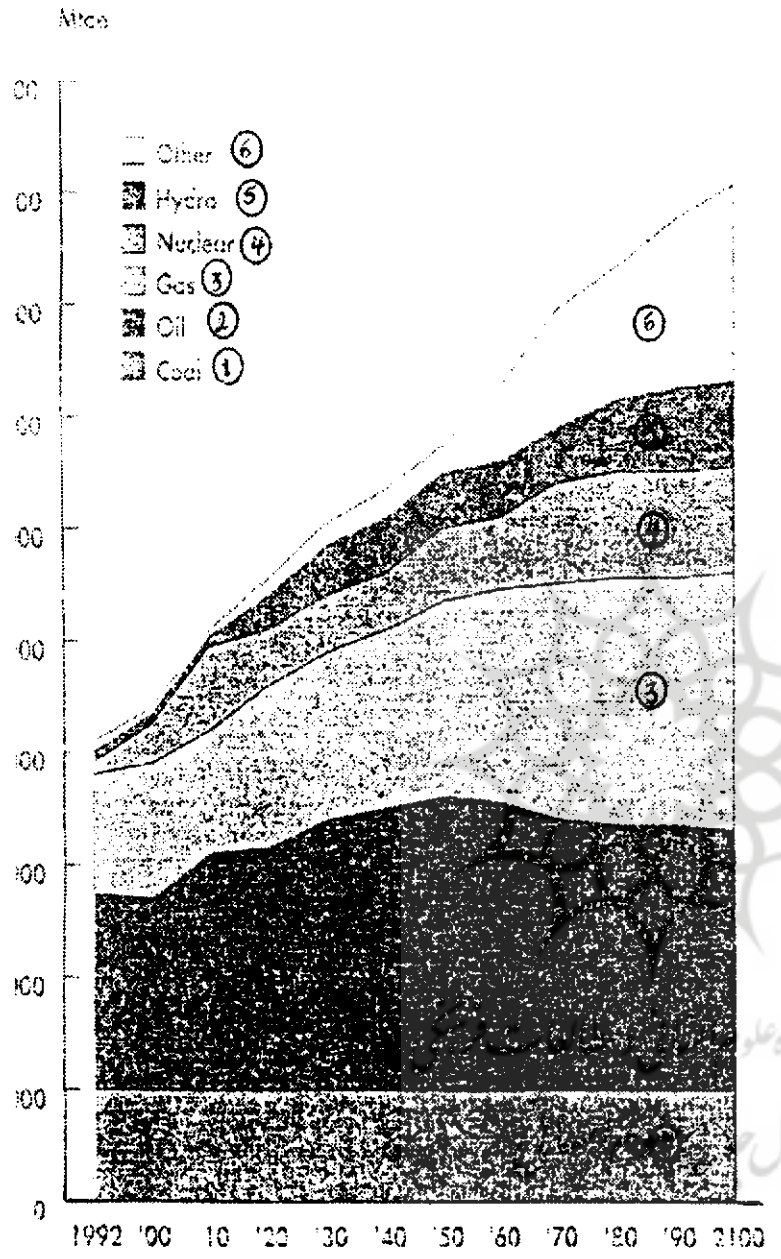
۴-۳ تنوع ظرفیت و قابلیت‌های کاربردی

علاوه بر امکان و ظرفیت تولید انرژی الکتریکی در مقیاس وسیع، از پیل‌های سوختی ظریف (مینیاتوری) می‌توان به جای باتری‌های فعلی، در وسایلی از قبیل کامپیوترهای همراه (Lap Top)، تلفن‌های سیار و بی‌سیم‌ها استفاده نمود. در اینجا پیل‌های سوختی ظریف، مشابه باتری‌های معمولی، جریان الکتریکی مستقیم (DC) تولید می‌کند که در این وسایل قابل مصرف است از واحدهای کوچک پیل‌های سوختی برای تأمین برق مورد نیاز ماهواره‌های مخابراتی به صورت جایگزین سلول‌های خورشیدی، و یا به حالت ترکیبی (هیبرید) با آن، استفاده کرد. پیل‌های سوختی بسیار ظریف (Micro-Machined) را می‌توان به منظور تأمین الکتریسیته مورد نیاز تراشه‌های الکترونیکی در کامپیوترها به‌کار برد. همچنین، پیل‌های سوختی می‌توانند به طور ایمن، انرژی الکتریکی مورد نیاز را برای وسایل بیولوژیکی مانند وسایل کمک شنوایی و سمعک‌ها تأمین کنند.

۵-۳ امکان جایگزین شدن با موتورهای احتراق داخلی در خودروها

آخرین آمارهای منتشره شده [3] نشان می‌دهد که بخش حمل و نقل در حدود ۳۹/۶ درصد از میزان کل مصرف فرآورده‌های نفتی کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین سهم صنعت حمل و نقل (در بین بخش‌های مختلف مصرف کننده انرژی) در انتشار آلاینده‌ها برای خودروهای با سوخت نفت گاز (گازوئیل) درحدود ۴۸درصد و برای خودروهای با سوخت بنزین‌بیش‌از۹۸/۶درصداست.بدین‌ترتیب،صنعت حمل‌ونقل‌به‌نوبه‌خودیکی‌ازفاجعه‌آمیزترین اثرات تخریبی را به محیط زیست وارد می‌کند که جبران عواقب آن ناممکن و یا بسیار هزینه‌بر است. از این رو، شرکت‌های بزرگ خودروسازی جهان، به طور یک رقابت آشکار سعی دارند که تا سال ۲۰۰۴ میلادی، خودروهای پیل سوختی رابه صورت انبوه به بازار عرضه کنند [4]. در این میان، دو شرکت دایملر - کرایسلر و شرکت جنرال موتورز بیشترین فعالیت‌ها را در این زمینه

شکل ۵
سناریو مصرف منابع انرژی اولیه جهان، تا سال ۲۱۰۰ میلادی [6].



انجام داده و تا کنون نمونه‌های متنوعی از خورروهای سواری و سنگین پیل سوختی را تولید کرده و به بازار عرضه داشته‌اند و در حال حاضر نیز تلاش‌های بسیار گسترده‌ای در جهت بهینه‌سازی و ارتقاء مشخصات فنی، ظرفیت و قدرت این خودروها در حال انجام است. در ایران نیز اولین نمونه خودرو پیل سوختی تا سال ۱۳۶۸ به بازار عرضه خواهد شد [5].

۴- مشکلات و موانع توسعه

پیش‌بینی‌های اخیر آژانس بین‌المللی انرژی (IEA) بیانگر آنست که، طی سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ میلادی سوخت‌های فسیلی حدود ۹۰ درصد از سهم بازار انرژی‌های اولیه را به خود اختصاص خواهد داد [6].

در این میان نفت تا سال ۲۰۵۰ مهم‌ترین نقش را ایفا کرده و پس از آن نقش منابع گاز نسبت به نفت برتری خواهد داشت. ولی در بلند مدت، منابع انرژی تجدیدپذیر اثر شگرفی بر مصارف انرژی‌های اولیه جهان خواهد گذاشت و این تأثیرات با افزایش قیمت نفت به خوبی آشکار خواهد شد. تحقیقات انجام شده توسط

دانشگاه MIT بیانگر آن است که تا سال ۲۱۰۰ سهم سوخت‌های فسیلی در سبد مصرف انرژی‌های اولیه جهان، به واسطه اهداف کاهش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش یافته و به حدود ۶۷ درصد خواهد رسید (شکل ۵) [6].

بنابراین می‌توان برخی از موانع توسعه فن‌آوری و نهادینه شدن کاربرد پیل‌های سوختی را به صورت ذیل ذکر کرد:

۴-۱ بالابودن هزینه ساخت

بزرگترین مانع تجاری شدن پیل‌های سوختی، هزینه‌های سنگین ساخت آنها است. این موضوع از عوامل ذیل ناشی می‌شود:

- هنوز تولید پیل‌های سوختی، از نظر حجم اقتصادی تولید به حد و اهداف مورد نظر نرسیده است.
- نمونه‌های ساخته شده فعلی، ظرفیت (انرژی خروجی) بسیار کمتری از سایر منابع موجود و قابل دسترس دارند.
- نمونه‌های پیل‌های سوختی، عموماً در آزمایشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی ساخته شده و از نظر معیارهای بهینه‌سازی روش‌های تولید، هنوز بایستی تلاش‌های بسیار زیادی انجام گیرد.
- پیچیدگی ذاتی که سیستم‌های مجهز به پیل‌های سوختی دارند و سخت افزارهای خاصی که جهت بهره‌برداری از آنها لازم است، ساختار آنها را (در مقایسه با سادگی مکانیزم عمل خود پیل‌های سوختی) کمی پیچیده کرده است.
- در پیل‌های سوختی از مواد گران‌بها و به خصوص فلزات کمیاب وگران‌قیمت به‌عنوان کاتالیزور در واکنش شیمیایی استفاده می‌شود که خود نوعی محدودیت در توسعه آنها ایجاد کرده است.
- انعطاف‌پذیری محدود نسبت به سوخت عامل دیگری است که به عنوان یک مانع عمل می‌کند. پیل‌های سوختی، جهت رسیدن به بازدهی بالا و تولید بهینه انرژی، بایستی از سوخت هیدروژن خالص استفاده کنند، در حالی که برای تجاری شدن لازم است که بتوانند سوخت‌های هیدروکربنی متداول را به عنوان سوخت اکسیدشونده مصرف کنند.

۴-۲ ارزان بودن سوخت‌های فسیلی (به عنوان منابع انرژی اولیه)

پایین بودن قیمت نفت، که در اغلب کشورهای‌صادرکننده نفت از جهت ثبات سیاسی این کشورها مطرح است، خود عاملی است که به طور ظاهراً غیر مستقیم توسعه فن‌آوری و کاربرد منابع انرژی تجدیدپذیر، و از جمله پیل‌های سوختی، را با مشکلات و محدودیت‌های اقتصادی بسیار زیادی مواجه نموده است.

۴-۳ یارانه‌های مصرف انرژی

بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA)، در ایران نرخ متوسط یارانه اختصاص داده شده به فرآورده‌های نفتی ۸۳/۳ درصد، گاز طبیعی ۷۷/۸ درصد و برق ۴۸/۱ درصد است[7]. بدیهی است تا زمانی که مصرف‌کنندگان انرژی بهای واقعی (تمام شده) حامل‌های مختلف انرژی (و نیز آب و برق) را نپردازند، هرگز جایگاهی‌برای‌مطرح شدن وبه‌خصوص‌پذیرش و توسعه‌کاربرد‌پیل‌های‌سوختی‌وجودنخواهدداشت و این منبع از نقطه نظر اقتصادی توان رقابت با سایر منابع موجود و متداول فعلی را ندارد.

۴-۴ عدم اجرای قوانین و مقررات زیست محیطی

این عامل نیز به طور غیرمستقیم موجب کاهش گرایش به بهره‌برداری و توسعه فن‌آوری پیل‌های سوختی می‌شود. متأسفانه، در ایران تعداد سازمان‌ها و تشکل‌های ملی و محلی مرتبط با مسایل زیست محیطی بسیار محدود است و به علاوه، سازمان‌های موجود نیز از قدرت و نفوذ کافی (به خصوص در برابر سازمان‌های دولتی) برخوردار نیستند.

۴-۵ الگوی نادرست مصرف انرژی

با نگاهی به شاخص‌های شدت انرژی کشورهای مختلف جهان و مقایسه آنها با ایران، به‌سادگی می‌توان به‌نادرست بودن الگوی مصرف انرژی درایران و لزوم اصلاح و بازنگری در آن پی برد [8]. هرکیلووات‌برق‌اضافی‌که‌در ساعات پیک ازشبکه‌برق‌کشورمصرف می‌شود، تقریباً به میزان ۱۲۰۰ دلار نیروگاه‌ها را دچار استهلاک می‌کند. با منطقی‌شدن‌میزان‌مصرف‌انرژی‌دربخش‌های مولد (ولذا ارتباط تولید ناخالص داخلی) می‌توان امید داشت که برخی از بخش‌های مصرف‌کننده انرژی نسبت به بهره‌گیری از پیل‌های سوختی برای تأمین انرژی مورد نیاز خود گرایش پیدا کنند.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

فرآیندهای تولید و انتقال و مصرف انرژی، همه بخش‌های اقتصاد کلان جامعه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هر قدر گرایش جهانی به سوی صنعتی شدن افزایش می‌یابد، نیاز بشر به منابع انرژی کارآمدتر و پایدارتر بیشتر می‌شود. بدون بهره‌گیری از دستاوردهای تکنولوژی، اجرای برنامه‌های افزایش ظرفیت بهره‌برداری از منابع انرژی‌به‌طورفاجعه‌آمیزی‌روی‌پایداری وحیات‌کره زمین‌تأثیرخواهدگذاشت.ازاین رو به نظر می‌رسد که توسعه کاربرد و تکنولوژی پیل‌های سوختی، یکی از مهمترین دستاوردهای دهه آینده باشد. برای‌دستیابی‌به‌این‌هدف،لازم است که هزینه‌های ساخت و بهره‌برداری از پیل‌های سوختی، توسط بهینه‌سازی جنبه‌های کاربردی آن، استفاده از مواد و قطعات ارزان‌تر در ساختمان داخلی آنها، ایجاد قابلیت مصرف گازها و هیدروکربن‌های متداول و ارزان‌تر به جای هیدروژن و به خصوص استفاده از آنها به صورت هیبرید با سایر مولدهای انرژی، به حد منطقی و قابل قبول برسد و بتواند توجه سازندگان و سرمایه‌گذاران را برای تولید انبوه انواع مختلف این مولدهای انرژی پاک به خود جلب کند. دراین میان سیاست‌های تشویقی و حمایتی (مستقیم یا غیرمستقیم) دولت‌ها، همکاری نزدیک دانشگاه‌ها و مراکز عالی تحقیقاتی با صنایع، وضع و اجرای سریع و صریح قوانین و مقررات زیست محیطی، ارتقاء سطح آگاهی‌ودانش‌عمومی‌جامعه‌وحساس‌سازی جامعه نسبت به مسایل انرژی و محیط زیست از جمله عواملی هستند که می‌توانند این گرایش ناگزیر جهانی را سرعت بخشند.

بهبود مسایل انرژی و محیط زیست نیز مانند بسیاری از معضلات جوامع، نیازمند به ایجاد یک عزم ملی است تا بتوان بر این مشکلات فائق شد. ■

منابع و مأخذ

1- Encyclopedic Dictionary Of Physics, J. Thewlis, Pergamon Press,1969.

2- Fuel Cell Technology Comes Of Age. The National Fuel Cell Research Center, University Of California, June 2001.

۳- ترازنامه انرژی، سال ۱۳۷۷، معاونت امور انرژی - وزارت نیرو.

۴- مقاله پیل سوختی، تألیف دکتر همایون معدل، مجله مهندسی مکانیک، سال نهم شماره ۱۷.

۵- مقاله خودرو پیل سوختی ملی، دکتر اسماعیل ساعی‌ور، سومین همایش ملی انرژی، اردیبهشت ۱۳۸۰.

6- Private Power Executive, March/April 1999.

۷- پیام انرژی، شماره ۵۲، اردیبهشت ۷۹.

۸- مقاله انرژی در هزاره سوم، لزوم یک بازنگری در تعاریف الگوها و یکاها، عارف محمد زاده نوین، سومین همایش ملی انرژی، اردیبهشت ۱۳۸۰.