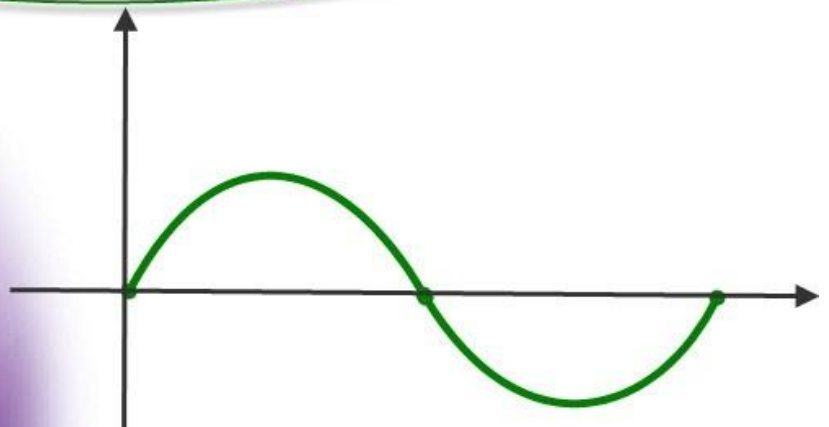


برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوع پروژه:

تکنولوژی اکسید جامد پیل های سوختی

Solid Oxide Fuel Cells Technology (SOFC)

برای خرید فایل word این پروژه [اینجا کلیک کنید](#).

(شماره پروژه = ۲۷۷)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل اول :

انرژی هیدروژن و پیل سوختی

HYDROGEN & FUEL CELL ENERGY



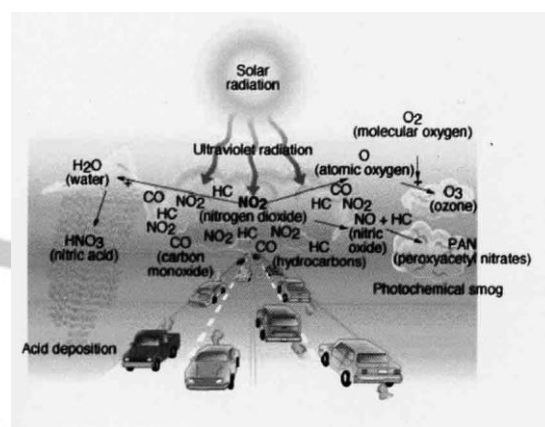
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

۱-۱: مقدمه

در دهه ۱۹۸۰ میلادی شواهد علمی نشان می داد که انتشار گازهای گلخانه ای ناشی از فعالیتهای انسانی خطراتی را برای آب و هوای جهان بوجود آورده است و به این ترتیب افکار عمومی ، لزوم ایجاد کنفرانسهای بین المللی دوره ای و تشکیل پیمان نامه ای برای حل این مساله را احساس کرد. در سال ۱۹۹۷ میلادی کنوانسیون تغییرات آب و هوایی با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه ای در اتمسفر تا سطحی که از تداخل خطرناک فعالیتهای بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری شود، پروتکل کیوتو را مطرح نمود و به موجب این پروتکل کشورهای صنعتی ملزم به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می شوند. هدف نهایی این کنوانسیون دستیابی به تثبیت غلظت گازهای گلخانه ای در اتمسفر تا سطحی است که از تداخل خطرناک فعالیتهای بشر با سیستم آب و هوایی جلوگیری نماید و چنین سطحی باید در یک چهارچوب زمانی کافی حاصل گردد تا اکوسیستمها بطور طبیعی خود را با تغییرات آب و هوا وفق دهند و اطمینان حاصل شود که امنیت غذایی تهدید نمی شود و توسعه اقتصادی بطور پایدار ایجاد می گردد؛ از این رو انرژیهای تجدیدپذیر روز به روز سهم بیشتری در سیستم تامین انرژی جهان را به عهده می گیرد. منابع انرژی تجدیدپذیر بصورت تناوبی در دسترس هستند و بخودی خود قابل حمل یا ذخیره سازی نیستند و به همین خاطر نمی توانند بصورت سوخت بخصوص در بخش حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرند. تاکنون متداول ترین سوخت استفاده در بخش حمل و نقل در بسیاری از کشورهای دنیا بنزین و گازوئیل بوده است. خودروهایی که سوخت بنزین یا گازوئیل مصرف می کنند موجب انتشار مواد مضر و آلاینده با ترکیبات شیمیایی پیچیده می شوند. با آنکه تمهیدات مختلفی جهت کاهش در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کشورهای پیشرفته بکار گرفته شده است، لیکن این برنامه ها در شهرهای بزرگ مسئله تولید مواد آلاینده را به حد کافی کاهش نداده است. وقتی سوخته های فسیلی با ترکیب هیدروکربورهای مختلف بطور ناقص می سوزد، منواکسیدکربن تولید می شود که ماده ای بسیار سمی است. برخی اتمهای کربن ترکیبات موجود در سوخت به صورت نسوخته و ذرات جامد کربن روی هم انباشته شده و به همراه هیدروکربورهای نسوخته بصورت دوده خارج می شود و در مجاورت نور خورشید با ترکیبات اکسیده های نیتروژن حاصل از احتراق ترکیب شده و تولید ازن می نماید.



سوخته های پاک دارای خواص فیزیکی و شیمیایی ذاتی هستند که آنها را پاک تر از بنزین با ساختار و ترکیبات فعلی در عمل احتراق می نماید. این سوخته های جایگزین حین احتراق، هیدروکربور نسوخته کمتری تولید کرده و مواد منتشره حاصل از احتراق آنها دارای فعالیت شیمیایی کمتری برای تشکیل مواد سمی دیگر می باشد؛ در ضمن استفاده از سوخته های جایگزین شدت افزایش و انباشته شدن دی اکسید کربن که سبب گرم شدن زمین می شود را نیز کاهش می دهد. معرفی سوخته های جایگزین و مطالعه در خصوص امکان استفاده و بهره برداری از سوخته های جایگزین، با توجه به ملاحظات فنی-اقتصادی و منابع گسترده موجود برخی از آنها در ایران، همچنین بدلیل روند رو به رشد مصرف سوخته های مایع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هیدروکربوری در کشور که هرساله موجب ضرر و زیان هنگفت به بودجه عمومی و محیط زیست کشور می شود از اهمیت قابل توجهی برخوردار شده است.

۱-۲: ویژگی های سوخت هیدروژنی

هیدروژن یکی از عناصری است که در سطح زمین به وفور یافت می شود. این عنصر در طبیعت بصورت خالص وجود ندارد و آنرا می توان توسط روشهای مختلف از سایر عناصر بدست آورد. هیدروژن عمده ترین گزینه مطرح بعنوان حامل جدید انرژی است. این ماده در مقایسه با سایر سوختها می تواند با راندمانی بالاتر و احتراق بسیار پاک به سایر اشکال انرژی تبدیل شود. امروزه استفاده از هیدروژن در صنایع مختلف بصورت یک نیاز می باشد. هیدروژن در صنایع شیمیایی، غذایی، کانی و فلزی کاربردهای زیادی دارد. با توسعه صنعتی جهان و تقاضای روزافزون انرژی، جهان با دو معضل مهم یعنی آلودگی زیاد محیط زیست و محدود بودن ذخایر سوختهای فسیلی مواجه شده است. با توجه به اینکه امروزه یکی از مشکلات بزرگ جهان، انتشار مواد آلاینده حاصل از سوختهای فسیلی می باشد، هیدروژن در این بخش نیز دارای مزایای نسبی می باشد؛ لذا با توجه به نکات مثبت زیست محیطی، اقتصادی و قوانین وضع شده، جهان امروز به سمت توسعه پایدار با استفاده از انرژی هیدروژنی سوق داده شده می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



از جمله ویژگی‌هایی که هیدروژن را از سایر گزینه‌های سوختی متمایز می‌نماید، می‌توان به فراوانی، مصرف تقریباً منحصر به فرد، انتشار بسیار ناچیز آلاینده‌ها، برگشت پذیر بودن چرخه تولید آن و کاهش اثرات گلخانه‌ای آن اشاره نمود. در حال حاضر کشورهای مختلف دنیا در حال سرمایه‌گذاری در این بخش می‌باشند. امروزه تولید انرژی یکی از بزرگترین چالش‌های عصر آینده خواهد بود، از این رو استفاده از هیدروژن برای تولید برق نیز امری ضروری به نظر می‌رسد و در این راستا کشورهای مختلفی برای تغییر سوخت انواع ژنراتورها و توربینها به سوخت هیدروژنی در حال فعالیت می‌باشند. استفاده از هیدروژن به همراه پیل‌های سوختی چشم‌انداز بسیار روشنی را در آینده ترسیم می‌نماید، سیستم انرژی هیدروژنی بدلیل استقلال از منابع اولیه انرژی، سیستمی دائمی، پایدار، فناپذیر، فراگیر و تجدیدپذیر می‌باشد و پیش‌بینی می‌شود که در آینده‌ای نه‌چندان دور تولید و مصرف هیدروژن به عنوان حامل انرژی به سراسر اقتصاد جهانی سرایت نموده و اقتصاد هیدروژن تثبیت شود، با این وجود نباید انتظار داشت که هیدروژن در بدو ورود از نظر قیمتی بتواند با سایر حامل‌های انرژی رقابت نماید، از دیگر سوی سهم و نقش سوخت‌های گازیدر آینده با حرکت به سوی تولید همزمان گرما و الکتریسیته در نیروگاه‌های کوچکتر در حال افزایش است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در آینده هیدروژن و پیل سوختی می تواند نقش محوری و کنترل آلاینده‌گی در آلودگی شهرها داشته باشند. موتورهای الکتریکی و پیل‌های سوختی جایگزین بسیار مناسبی برای موتورهای احتراقی می باشند. درحقیقت اگر هیدروژن از منابع فسیلی تامین شود خودروهای پیل سوختی می توانند انتشار مواد آلاینده را درجو بحد صفر برسانند. با این جایگزینی راندمان تا میزان قابل توجهی افزایش یافته و انتشار مواد آلاینده در شهرها کاهش می یابد و کاهش کل انتشار مواد آلاینده بستگی به این دارد که آیا هیدروژن از سوخت‌های فسیلی یا مواد زیست توده تولید می شود یا اینکه بوسیله انرژی بادی یا نیروی برق-آبی بدست می آید. هیدروژن به عنوان بهترین گزینه و اقتصادی ترین سوخت در درازمدت به منظور استفاده در خودروهای پیل سوختی از پتانسیل بسیار مناسبی برخوردار است. هیدروژن ساده ترین سوخت جهت استفاده در خودروهای پیل سوختی می باشد و موجب افزایش راندمان و سادگی خودروهای پیل سوختی می گردد. در صورت تولید هیدروژن از منابع گاز طبیعی، قیمت آن از بنزین و گازوئیل کمتر است. با توجه به منابع گاز طبیعی موجود در جهان و وجود زیرساخت‌های توزیع گاز طبیعی در اکثر کشورها و همچنین راندمان مناسب مبدل گاز طبیعی و کم بودن مضرات زیست محیطی و خطرات آن به لحاظ ایمنی ، استفاده از گاز طبیعی و تبدیل آن به هیدروژن مطرح گردیده است. احتراق مزیت اصلی استفاده از هیدروژن به عنوان سوخت آن است که پس از احتراق محصول تولید شده بخار آب و اکسید نیتروژن است.

۳-۱: فناوری های تولید هیدروژن

هیدروژن از منابع مختلفی همانند منابع انرژی اولیه (منابع پایان پذیر مانند نفت خام) ، منابع انرژی ثانویه (منابعی که با استفاده از منابع اولیه انرژی تولید می شوند مانند بنزین) و منابع تجدیدپذیر (منابعی که بدون دخالت انسان بطور متناوب تولید می شوند مانند باد، خورشید و آب) بدست می آید. دانشمندان از هیدروژن بعنوان سوخت نهایی یاد می کنند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در حال حاضر از هیدروژن تولیدی در صنعت به عنوان یک فرآورده شیمیایی استفاده می شود. فروش تجاری هیدروژن کمتر از ۱۰٪ میزان تولید آن در دنیا می باشد، بدین معنی که ۹۰٪ هیدروژن تولیدی در محل تولید به مصرف می رسد. امروزه هیدروژن را می توان از فرآیندهایی همچون الکترولیز آب، رفورمینگ گاز طبیعی و اکسیداسیون جزئی سوختهای فسیلی بدست آورد.



در حال حاضر بیش از ۹۰٪ از کل هیدروژن تولیدی در جهان از سوختهای فسیلی بدست می آید و بیشترین مصرف هیدروژن در صنایع نفت و پالایش می باشد. هیدروژن عمدتاً بعنوان یک خوراک جانبی، ماده شیمیایی حدواسط یا بعنوان یک ماده شیمیایی خاص مورد استفاده قرار می گیرد و در حال حاضر تنها سهم کوچکی از هیدروژن تولیدی بعنوان یک حامل انرژی مورد استفاده قرار می گیرد. برای بهینه سازی و ایجاد تنوع در روشهای تجاری تولید هیدروژن نیاز به تحقیق و توسعه بیشتر و ساخت نمونه است. روشهای پیشرفته ای جهت حداسازی مواد آلاینده لازم است تا قیمتهای هیدروژن تولیدی را کاهش داده و راندمان را افزایش دهند. روشهای مناسبتری هم برای تولید هیدروژن بصورت ایستگاهی و هم بصورت پراکنده نیاز است و باید تلاشهایی بر روی فرآیندهای تجاری موجود همچون رفورمینگ متان، الکترولایزرها و ... در توسعه روشهای پیشرفته همانند پیرولیز مواد زیست توده و جداسازی آب به روش ترموشیمیایی، فتوالکتروشیمیایی و روشهای بیولوژیکی متمرکز باشد. هیدروژن در پالایشگاههای بزرگ، در مناطق صنعتی، پارکهای انرژی و جایگاههای سوخت گیری جوامع مختلف تولید شده و به سهولت در مناطق روستایی و منازل مشتریان توزیع و پخش خواهد شد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۴: فناوری های عرضه و ذخیره هیدروژن

فناوری ذخیره سازی هیدروژن

در سراسر دنیا طراحی وسایل نقلیه ای که از هیدروژن به عنوان سوخت استفاده می کنند، مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است و دامنه این مطالعت در حال گسترش هستند. امروزه سیستمهای ذخیره سازی هیدروژن جهت مصارف حمل و نقل مشتمل بر ذخیره به اشکال ذیل می باشد:

۱. ذخیره سازی بصورت گاز فشرده در مخازن فولادی و کامپوزیتی

۲. ذخیره سازی بصورت مایع در مخازن فوق سرد

۳. ذخیره سازی در هیدریدهای فلزی

در امر ذخیره سازی هیدروژن حدود ۱۵٪ از انرژی کل فرآیند ذخیره سازی ، صرف فشرده سازی هیدروژن می شود و میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد آن نیز صرف فرآیند مایع سازی هیدروژن می گردد. سیستمهای فوق سرد که در آنها هیدروژن بصورت مایع ذخیره می شود، باید کاملاً ایزوله بوده و نباید کمترین تبادل گرمایی و حرارتی با محیط اطراف داشته باشند، زیرا دمای جوش هیدروژن بسیار پائین بوده و با دریافت مقادیر ناچیزی گرما به سرعت به جوش می آید. امروزه در اکثر نقاط جهان هیدروژن چه بصورت گاز و چه بصورت مایع ، توسط کشتی و کامیون جابجا می شود و راندمان انتقال و جابجایی هیدروژن به این روش بسیار کم است اما در آینده نزدیک با افزایش کاربردهای هیدروژن می توان از خطوط لوله نیز برای جابجایی هیدروژن استفاده کرد که راندمان آن نسبت به جابجایی با کامیون و کشتی بالاتر است. کاربرد هیدروژن جهت تولید اشکال مختلف انرژی کاملاً میسر است ولی یکی از مشکلات عمده ، نحوه ذخیره سازی مؤثر و ایمن آن است. وجود ویژگیهایی نظیر نفوذ سریع ، بیرنگ

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بودن شعله ، گرم شدن در اثر انبساط، خوداشتغالی در فضای آزاد پس از نشست و اثر تردی هیدروژن روی فولاد از جمله مشکلاتی است که امروزه در کاربرد روشهای گوناگون ذخیره سازی این ماده خودنمایی می کند. در حال حاضر روشهای متداول ذخیره سازی هیدروژن را می توان به سه گروه عمده تقسیم نمود:

۱- ذخیره سازی هیدروژن بصورت گاز :

یکی از ساده ترین روشهای ذخیره سازی هیدروژن ، ذخیره به حالت گازی است به نظر می رسد که هزینه اولیه این روش نسبت به سایر روشهای ذخیره سازی کمتر است. با توجه به جرم حجمی ناچیز هیدروژن گازی نسبت به سایر گازها، گاهی اوقات ناچاریم که برای ذخیره سازی مقادیر مناسب، به فشار بالا متوسل شویم. ذخیره سازی هیدروژن گازی تحت فشار جزء تکنولوژیهای قدیمی و متداول می باشد. هیدروژن گازی معمولاً در مخازن لوله ای تحت فشار بالا ذخیره می گردند.



مخازن ذخیره سازی هیدروژن در اتوبوسها

ظروف مذکور ، دیواره دو جداره دارند که لایه داخلی آنها طوری ساخته شده است که با فشار هیدروژن سازگار است و دیواره خارجی نیز از فولاد جوش داده شده با مقاومت بالا تهیه می شود. در کل ، طراحی مخزن به گونه ای است که در مقابل فشار تحمل زیادی دارد. زمانی که نیاز باشد تا حجم زیادی از هیدروژن با سرعت معین از مخزن خارج شود در آن صورت از مخازن یا ظروف تقسیم کننده استفاده می شود. زمانی که هیدروژن به مقدار زیاد تولید می شود، امکان ذخیره آن در سیستم خط لوله در فشارهای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بالا نیز وجود دارد. امکان ذخیره سازی هیدروژن در مخازن زیرزمینی نیز وجود دارد که پرهزینه ترین روش برای ذخیره هیدروژن هستند.



سیستم ذخیره سازی بصورت ایستگاهی در یک جایگاه سوخت گیری



سیستم ذخیره هیدروژن در وسایل نقلیه

۲- ذخیره سازی هیدروژن بصورت مایع :

ذخیره سازی هیدروژن به حالت مایع دارای بالاترین دانسیته ذخیره سازی است. با توجه به جرم حجمی بالای هیدروژن مایع نسبت به سایر مایعات، بناچار با مشکل حجم بالای این مخازن نسبت به سایر مایعات مواجه هستیم، در ضمن هیدروژن پس از هلیوم دارای پایین ترین نقطه جوش نرمال است. وجود دمای فوق العاده پایین در نگهداری هیدروژن مایع لزوم انتخاب جنس مناسب مخزن را در طراحی تحمیل می نماید. اخیراً ذخیره هیدروژن بعنوان یک مایع کرایوژنیک تنها روش درمقیاس بالا می باشد که در صنایع مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از مشکلات کاربرد هیدروژن مایع، مایع سازی آن است که در چند مرحله صورت می گیرد. هیدروژن نرمال در دمای اتاق شامل ۷۵٪ هیدروژن نوع ارتو و ۲۵٪ هیدروژن نوع پاراست، درحالی که مخلوط فوق در دمای ۲۰ درجه کلوین تقریباً از هیدروژن نوع پارا تشکیل شده است. بنابراین اگر هیدروژن در حالت نرمال سرد شود، مقدار زیادی از مایع در اثر گرمای حاصل از تبدیل هیدروژن نوع ارتو به پارا تبخیر می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



خودرو با مخزن ذخیره سازی هیدروژن

درکل انرژی لازم برای فرآیند مایع سازی برابر ۴۰٪ انرژی احتراق هیدروژن به تنهایی می باشد. درصد معینی از هیدروژن مایع درحین فرایند مایع سازی بصورت تبخیر از دست می رود. درحال حاضر تکنولوژی این فرایند درایران موجود نیست و چون میزان تولید هیدروژن مایع پایین است ، از نظر اقتصادی تولید چنین تجهیزاتی مقرون به صرفه نمی باشد.



جایگاه سوخت گیری هیدروژنی خودکار
در فرودگاه مونیخ آلمان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳- ذخیره سازی هیدروژن به کمک آلیاژهای فلزی مخصوص :

تشکیل هیدریدهای فلزی یکی از روشهای نسبتاً جدید و جالب جهت ذخیره سازی هیدروژن، استفاده از آلیاژهای مخصوص فلزی است که قادرند ضمن تشکیل هیدرید فلزی درواکنش با هیدروژن، میزان قابل توجهی هیدروژن در خود نگهداری نمایند. ایده آل ترین حالت برای ذخیره سازی هیدروژن این است که آنرا در مقادیر زیاد نزدیک به شرایط محیط و سیستمی سبک و کم حجم ذخیره نکنیم درحالی که نه هیدروژن مایع و نه هیدروژن بصورت فشرده (بصورت گاز) هیچکدام نمی توانند این شرایط را فراهم آورند.



مخازن ذخیره سازی هیدرید فلزی قابل حمل



مخازن ذخیره سازی از نوع هیدرید فلزی در مقیاس بزرگ

در این روش مقدار بیشتری هیدروژن در واحد حجم ذخیره می شود و انرژی در واحد حجم چنین سیستمی از حالت مایع بیشتر است اما وزن واحد حجم نیز تا میزان ۱۰ برابر بیشتر خواهد بود. با توجه به فشار پایین ذخیره سازی، این روش کاملاً با فشار سیستم الکترولیز همخوانی دارد و ایمن ترین روش ذخیره سازی است. مخازن ذخیره هیدرید معمولاً در ابعاد کوچک بکار برده می شود و بطور عمده در صنایع خودرو مورد استفاده دارند. هیدریدهای مورد استفاده می بایست قابلیت شارژ و دشارژ به دفعات را داشته باشند، اگرچه تعدادی عناصر فلزی مانند pd و v و Ti و Mg وجود دارند که برای ذخیره سازی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هیدریدی از آن استفاده می شود. استفاده از هیدریدهای شیمیایی و فلزی درتامین هیدروژن مورد نیاز زیر دریاییهای مجهز به سیستم های پیل سوختی بسیار مطلوب می باشد. مشکل اساسی در استفاده از این روش ، آماده سازی آلیاژ مربوطه خصوصیات فیزیکی-شیمیایی لازم است تا بتوانند در شرایط مناسب عمل جذب هیدروژن را انجام دهند و در شرایط مناسب ، حجم قابل توجهی از هیدروژن ذخیره شده را آزاد سازد.

فناوری انتقال و پخش هیدروژن

روشهایی که به منظور انتقال هیدروژن به اشکال گاز، مایع و جامد استفاده می شود، اثرات فنی-اقتصادی چشمگیری بر فرآیند تولید تا مصرف هیدروژن خواهد داشت. سه روش متداول که برای انتقال هیدروژن می توان استفاده نمود، عبارتند از:

۱- انتقال از طریق خط لوله

هیدروژن می تواند بصورت گاز یا مایع در لوله انتقال داده شود. هیدروژن مایع برای فواصل کوتاه در خطوط لوله عایق کاری شده با ژاکت خلاء برای انتقال از محل تولید به محل مصرف منتقل می گردد اما برای فواصل طولانی این لوله های عایق بندی شده برای هیدروژن مایع قابل استفاده نیست. مشکلی که در مورد هیدروژن وجود دارد، اثر واکنش پذیری هیدروژن با فلزات است که موجب ترک خوردگی فلزات می شود. چگالی انرژی هیدروژن فقط $\frac{1}{3}$ چگالی انرژی گاز طبیعی است ، لذا گاز هیدروژن باید به میزان سه برابر در یک خط لوله پمپ شود تا مقدار انرژی معادلی منتقل شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



خطوط لوله جهت انتقال هیدروژن

بنابراین در تبدیل به هیدروژن نصب پمپها و کمپرسورها الزامی می باشد، بعلاوه تمام تجهیزات باید بهبود داده شوند بطوری که با مشخصات منحصر به فرد هیدروژن سازگار شوند. انتقال هیدروژن از طریق خطوط لوله بطور موفقیت آمیزی در چند کشور منجمله فرانسه ، آمریکا ، کانادا انجام شده است.

۲- انتقال از طریق جاده و راه آهن :

هیدروژن می تواند بصورت یک گاز با فشار بالا در سیلندرهایی در محدوده فشار حدود ۱۵ تا ۴۰ مگا پاسکال توسط کامیون حمل شود. امروزه کامیونهای کوچک، هیدروژن مایع را در مقادیر متوسط از طریق جاده ها مستقیماً از محل تولید به محل مصرف حمل می کنند.



کامیون مخصوص حمل هیدروژن فشرده

۳- انتقال از طریق دریا :

در حال حاضر بیش از یکصد کشتی حامل مخازن گاز طبیعی مایع وجود دارد که حمل و نقل تمام گازهای طبیعی میان اروپا، شمال و جنوب آمریکا و کشورهای حاشیه اقیانوس آرام را انجام می دهند و بطور معمول در هر بار در حدود ۲۵۰۰۰۰ گالن را انتقال می دهند.

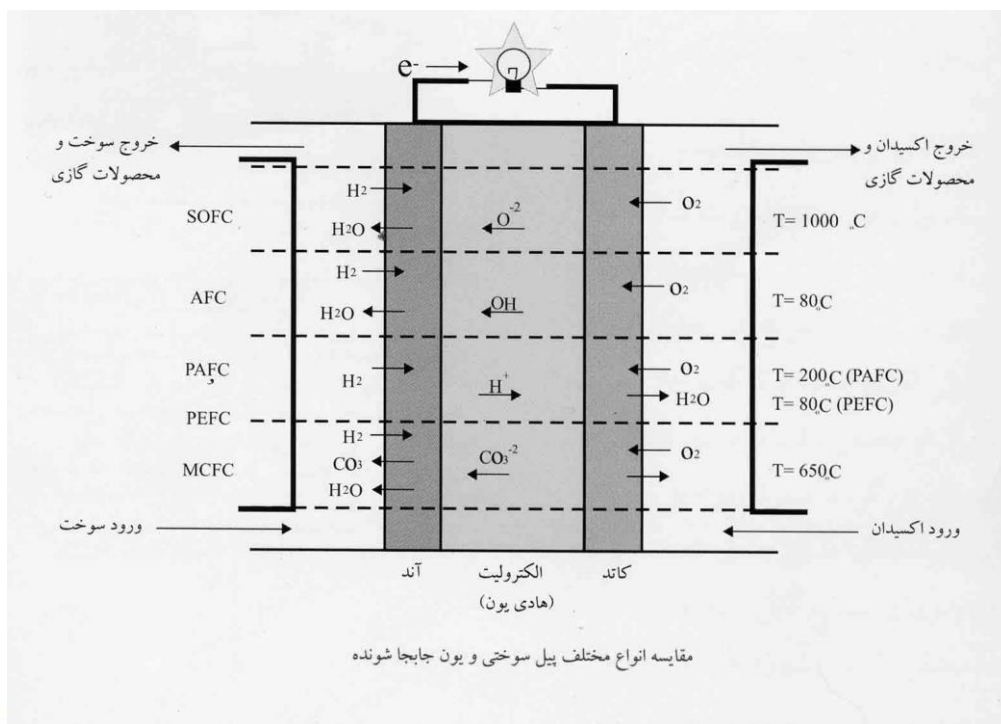
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



۱-۵: فناوری های مصرف هیدروژن- پیل های سوختی

در حال حاضر با توجه به بحران انرژی ، محدودیت سوختهای فسیلی و مشکلات ناشی از آلودگیهای سوختهای فسیلی، استفاده از منابع جدید انرژی بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است، در همین راستا دیدگاه نوینی برای استفاده از هیدروژن با توجه به خصوصیات منحصر به فرد آن ایجاد شده است. کاربرد هیدروژن به عنوان سوخت موجب کاهش آلاینده های زیست محیطی و حذف اکسیدهای گوگرد و اکسیدهای کربن ناشی از احتراق سوختهای فسیلی می گردد. عوامل فوق سبب شده است تا خودروهایی پیل سوختی مورد توجه قرار گیرند. این فناوری از جهت عدم تولید آلاینده هایی مانند اکسیدهای نیتروژن ، مونوکسید کربن و هیدروکربنهای نسوخته ، بی همتاست. پیلهای سوختی نوعی مبدل انرژی می باشند که انرژی شیمیایی را مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می نمایند. پیلهای سوختی همانند باتریها عمل می کنند اما برخلاف باتریها مادامی که به آنها سوخت رسانده شود، از کار نمی افتند و به شارژ مجدد احتیاجی ندارند. پیلهای سوختی پتانسیل شیمیایی هیدروژن را به انرژی الکتریکی تبدیل کرده و محصول جانبی آن، آب و حرارت می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

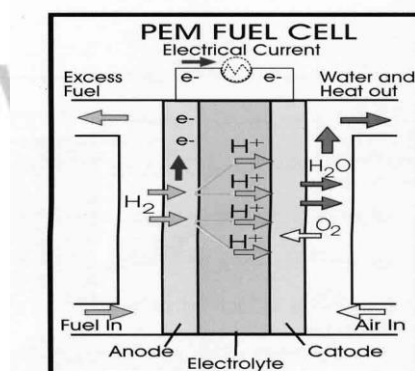
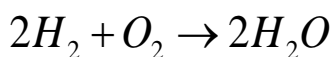
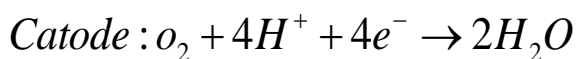
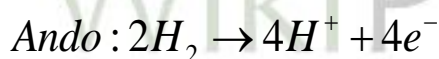


هیدروژن مورد نیاز پیل‌های سوختی را می توان از منابع مختلفی همانند منابع هیدروکربنی نظیر نفت خام ، گاز طبیعی ، زغال سنگ و ... و منابع تجدیدپذیر نظیر باد و خورشید بدست آورد. طبقه بندی رایج پیل‌های سوختی براساس نوع الکترولیت آنها بصورت ذیل می باشد :

- پیل سوختی پلیمری (PEMFC)
- پیل سوختی قلیایی (AFC)
- پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)
- پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)
- پیل سوختی اکسید جامد (SOFC)
- پیل سوختی متانولی (DMFC)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیل سوختی از دو الکترود و یک الکترولیت مابین آنها تشکیل شده است. اکسیژن بر روی کاتد و هیدروژن بر روی آنده حرکت نموده و تولید الکتریسیته، آب و گرما می نماید. بعنوان مثال در پیل سوختی نوع پلیمری با استفاده از یک کاتالیست، اتمهای هیدروژن به یونهای هیدروژن و الکترون شکسته می شوند. یونهای هیدروژن به سطح غشاء نفوذ کرده و به سمت کاتد می روند، اما الکترونهای جدا شده قادر به عبور از این غشاء نبوده و مجبور به طی یک مدار خارجی می باشند که این امر سبب تولید جریان برق می گردد. در کاتد الکترونها، یونهای هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب شده و مولکول آب تشکیل می گردد. واکنشهای انجام شده در آنده و کاتد پیل سوختی نوع پلیمری بشرح ذیل است :



پیلهای سوختی دامنه کاربرد وسیعی از موارد مصرف را از سفینه های فضایی تا تامین انرژی وسایل کوچک الکترونیکی شامل می شوند. امروزه تلاشها جهت حضور پیلهای سوختی در صنایع نیروگاهی، حمل و نقل و کاربردهای قابل حمل به مرحله تجاری شدن نزدیک شده است. راندمان و نشر آلاینده های زیست محیطی خودروهای پیل سوختی به مراتب از خودروهای رایج مناسب تر می باشد، همچنین

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیل‌های سوختی بعنوان نسل چهارم نیروگاه‌ها در آینده امکان توسعه سیستم‌های غیرمتمرکز تولید انرژی را فراهم می‌سازند. امکان استفاده از سوخت‌های فسیلی همانند متانول و یا گاز طبیعی در پیل‌های سوختی تا زمان دستیابی به زیرساخت‌های لازم جهت ارائه هیدروژن به پیل‌های سوختی از دیگر مزایای کاربردی این سیستم‌ها می‌باشد. امروزه همه تولیدکنندگان عمده خودرو بر روی تولید تجاری خودورهای پیل سوختی سرمایه گذاری نموده اند، همچنین پیل‌های سوختی می‌توانند بعنوان مولد انرژی اتوبوسها، قایقها، هواپیماها و حتی دوچرخه ها مطرح شوند. از پیل‌های سوختی در مقیاس کوچکتر، می‌توان در کاربردهای قابل حمل از جمله تلفن‌های همراه، کامپیوترهای قابل حمل و ... استفاده نمود.



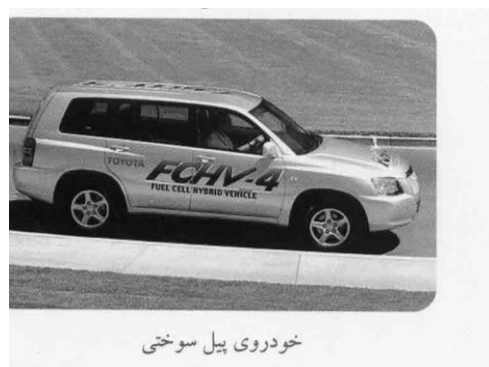
تکنولوژی پیل سوختی همانند هر تکنولوژی جدید دیگر در ابتدای تولید، قیمت محصولات آن زیاد است اما با تولید تجاری محصول در مقیاس وسیع و افزایش میزان تقاضا و توسعه فناوری، قیمت به میزان قابل توجهی کاهش خواهد یافت. پیل‌های سوختی بطور کلی دارای مزایای زیادی نسبت به نیروگاه‌های تولید

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برق معمولی هستند که این مزایا عبارتند از: بازده بالا، آلاینده‌های کم شیمیایی، صوتی و گرمایی، قابلیت انعطاف در موقعیت نصب، قابلیت اطمینان بالا، هزینه تعمیر و نگهداری پایین، تقسیم بار اجرایی مناسب، قابلیت تعدیل کردن، قابلیت انعطاف در سوخت مصرفی و امکان بازیافت حرارتی تولیدی می باشد.



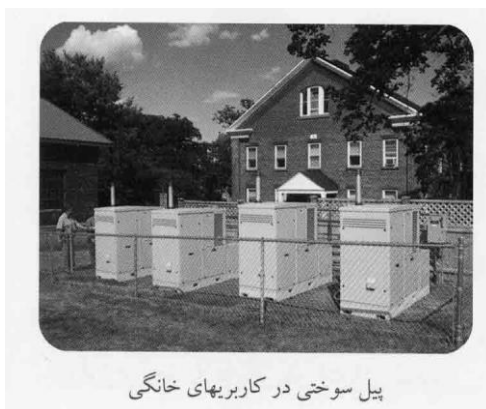
اتوبوس پیل سوختی



خودروی پیل سوختی

در ضمن پیل‌های سوختی دارای مزایای بالقوه ای نیز می باشند. از دیگر مزایای پیل‌های سوختی می توان به تولید دی اکسید کربن و اکسید نیتروژن کمتر بازای هر کیلو وات از برق تولیدی و عدم وجود قطعات متحرک زیاد اشاره نمود. پیل‌های سوختی می توانند از انواع گازها شامل گاز طبیعی، پروپان، گاز حاصل از دفن‌گاه‌های زباله، متانول و هیدروژن بعنوان سوخت استفاده کنند. برخی از این پیل‌های سوختی نظیر پیل‌های سوختی اکسید جامد و کربنات مذاب، گاز طبیعی را بصورت مستقیم مصرف می نمایند و در برخی از آنها نظیر پیل‌های سوختی پلیمری و اسید فسفریکی به کمک یک رفورمر، گاز طبیعی به هیدروژن تبدیل شده و مورد مصرف قرار می گیرد، همچنین در پیل سوختی متانولی، متانول مستقیماً جهت استفاده به پیل سوختی وارد می شود. در پیل‌های سوختی دمای بالا (**SOFC, MCFC**) بخار داغ خروجی می تواند یک توربین متصل به پیل سوختی را به حرکت درآورده و تولید انرژی اضافی نماید.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



پیل سوختی در کاربریهای خانگی



منبع تغذیه قایم. حما. ساخت شرکت Ballard

در این سیستمها با در نظر گرفتن بازیافت حرارتی، راندمان تا ۸۵٪ نیز بالغ می گردد. پیل های سوختی می توانند در بخشهای مختلف انرژی الکتریکی نیروگاهی حضور یابند. این حوزه ها عبارتند از هتلها، مدارس، بیمارستانها، ساختمانهای اداری و محلهای خرید، پیل های سوختی دمای بالا می توانند برای کاربردهای تولید گرما و برق مورد استفاده قرار می گیرند. پیل های سوختی در کاربردهای برق اضطراری، خانگی، تولید همزمان نیز مورد توجه قرار گرفته است. کشور ایران از یک سو با بالا بردن مصرف سالیانه سوخت و از دیگر سوی با عدم توسعه یافتگی مناسب فناوری در صنایع خودروی روبرو است و عدم توجه به مشکلات ناشی از آلودگیهای زیست محیطی نیز موجب مشکلات جدی زیست محیطی در کلان شهرها شده است.

توسعه فناوری پیل های سوختی می تواند یک راه حل مناسب جهت توسعه پایدار و بلندمدت باشد. با توجه به اهمیت این فناوری، مراکز تحقیقاتی و علمی مختلفی در کشور از جمله سازمان انرژیهای نو ایران پروژه هایی را در زمینه پیل های سوختی آغاز نموده اند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



فصل دوم :

اثرات تولید فرآوردهای محیطی پیل های سوختی

Impacts Of Environmental Product

Legislation

On Solid Oxide Fuel Cells (SOFC)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

پیشرفت کنونی تکنولوژی اکسید جامد پیل‌های سوختی (SOFC) با افزایش سریع قانون گذاری جهت کنترل اثرات محیطی محصولات در طول چرخه زندگی خود، همراه می باشد. شیوه مخاطره آمیزی برای کشف اثرات آتی این بخش از قانونگذاری بر روی این تکنولوژی، مورد استفاده قرار می گیرد. قانونی که استفاده از مواد خطرناک را کنترل می کند، از اهمیت زیادی برخوردار است. بر اساس قانون REACH (تحقیق) جدید اروپا، برخی از ترکیبات نیدکی که بیشتر در صنعت عمومی و بر اساس تولید ساختارهای آنودی مورد استفاده قرار می گیرند، ممکن است در زمره مواد مورد توجه در آینده (SVHC) قرار گیرند، که عامل به وجود آورنده خطر محدودیت های ناشی از استفاده مداوم آنها می باشند- این خطر می بایست عامل پیشرفت مواد آنودی متناوب باشد، یا صنعت SOFC را بر آن وامی دارد تا بحثی اجتماعی- اقتصادی را پدید آورد که معاف از محدودیتهای آینده باشد. روندهای قانونی که پایه گذار مقتضیات بازیابنده محصولات نهایی می باشند نیز به علت دربرداشتن تاثیر بالقوه نهایی بر روی این تکنولوژی در نظر گرفته می شود. استراتژی های بازیابنده برای محصولات SOFC را می بایست قبل از تجاری شدن مدنظر قرار داد. گمان می رود که عدم موفقیت، برای رسیدن به مقتضیات محیطی آینده ممکن است برای درک تکنولوژی SOFC مقصر باشد؛ تکنولوژی ای که تقاضای آن تا حد زیادی براساس مزایای محیطی تکنولوژیهای تولید برق فعلی می باشد. توجه به این مسائل در طرح محصولات تجاری می تواند این خطر را کاهش دهد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۱-۲: مقدمه

قرن گذشته شاهد افزایش سریع در مورد قانونگذاری مربوط به اثرات محیطی محصولات بوده است. در اروپا، سیاست تولید منسجم، ارائه دهنده فرصتهایی برای کاهش تاثیر بشر بر روی محیط از طریق هدفمندی مستقیم چرخه های زنده تولید می باشد. در مراحل اولیه چرخه زندگی محصول تولید کنندگان از طریق قانون مربوط به کاهش استفاده از موادی که دارای پتانسیلی برای تاثیر بر سلامت انسانها یا محیطی گسترده می باشند، در انتخاب مواد خود در تنگنا قرار گرفته اند. در طرف دیگر چرخه زندگی محصول، معنای مسئولیت پذیری تولید کننده تا مسئولیت تولید کننده را فراتر از کارخانه تا مدیریت اتلافهای برخاسته از محصولات نهایی را گسترده در تلاش است دربرگیرد.

برخلاف این پیشینه، گسترش تکنولوژی پیل سوختی ادامه می یابد. پیلهای سوختی از دیرباز به عنوان ابزار مناسب تولید الکتریسته شناخته شده اند. به هر حال، وجود کلی این تکنولوژی در یک بازار تجاری می بایست شناخته شود. در کل، گسترش تکنولوژی SOFC برای کاربرد در تولید نیروی ساکن توسط برخی از مسئولان جهانی در جهت تجاری شدن به پیش می رود. از آنجایی که مزایای محیطی این تکنولوژی در طول عمل با نگرانیهای تغییر شرایط فعلی همراه است، می بایست انتظار داشت که این مزایا باعث خواهد شد که مشتریان آینده به دقت آن را بررسی کرده و خواهان سود محیطی آنها از طریق جنبه های چرخه زندگی این تکنولوژی شوند. توانایی نشان دادن رضایت برای یک رقیب بازاری موفق

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

امری مهم است. در راستای تضمین این پذیرش، مقتضیات قانونی فعلی و آتی را می بایست در روند طراحی مدنظر قرار داد.

هدف اصلی این بررسی، یافتن آگاهی از برخی از مسائلی است که احتمالاً توسعه دهندگان SOFC با آنها روبرو خواهند شد و بنابراین موقعیتهایی را برای رویارویی با این مسائل در طول گسترش طرح و قبل از تجاری شدن آن، فراهم می آورد. بخش ۲ و ۳ از این پروژه اطلاعاتی را در مورد دو ناحیه موضوعی مهم در ورای این تحقیق ارائه می دهد؛ که آنها را تکنولوژی SOFC و قانونگذاری محیطی می نامند. در بخش دو، قسمت SOFC، سیستم SOFC و نیرو و سیستم کنترلها به عنوان سه تکنولوژی اصلی به کاربرده شده و در سیستم های تولید برق ساکن شرح داده می شوند. در بخش ۳ نیز پیشرفتهای خاصی در قانونگذاری محیطی شرح داده می شوند. در بخش ۴ شیوه پرخطر به کار گرفته شده برای ارزیابی اثرات قانونگذاری براساس این تکنولوژی ارائه داده شده است و این شیوه به کار گرفته می شود و این یافته ها در بخش ۵ مورد بحث قرار گرفته است.

۲-۲: پیل های سوختی اکسید جامد برای تولید نیروی الکتریسته ساکن

تکنولوژی SOFC ابزار متناوبی از تولید الکتریسیته را ارائه می دهد. الکترولیت های سرامیک به کار رفته در SOFC نیازمند دمای عمل کننده 600°C تا 950°C برای به حداکثر رساندن مزایا می باشند. این تکنولوژی به خوبی در موارد کار بردی تولید نیروی ساکن به کار برده شده است و ارائه دهنده موقعیتهایی برای اجرای درونی مقرون به صرفه براساس دامنه ای از سوخت های هیدروکربنی موجود، می باشد. به علاوه، دمای عمل کننده که منجر به تولید گرمای پرکیفیت می شود، این تکنولوژی را برای تولید نیرو و گرمای مشترک و متناسب با یک سیستم هیبریدی با تکنولوژی توربین گازی مناسب می سازد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تعریف زیربخش ها :

محصولات **SOFC** تحت پیشرفت برای کاربردهای تولید نیروی ساکن، سیستمهای پیچیده ای هستند که با چند نوع تکنولوژی انسجام یافته اند. به دلیل اینکه انواع تکنولوژی های متناوب تحت تاثیر قانونگذاری محیطی قرار گرفته اند، اجزاء اصلی درون یک طرح **SOFC** ساکن به سه زیربخش طبقه بالا تقسیم شده اند. این زیربخشها عبارتند از: قفسه **SOFC**، سیستم **SOFC** و سیستم کنترلرها و قدرت. این مورد در رابطه با مطالعات قبلی توضیح بیشتری می دهد؛ جایی که سیستم **SOFC** و سیستم کنترل و قدرت به عنوان «نقطه تعادل دستگاه» به هم می پیوندند. این تمایز با اهداف کار فعلی صورت گرفت تا ارتباط قانون مربوط به تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به خوبی مورد ارزیابی قرار گیرد. هر کدام از زیربخشها در زیر شرح داده شده اند.

۱-۲-۲ قفسه **SOFC** یا توده **SOFC** :

این قسمت مرکز هر **SOFC** می باشد و شامل مجموعه ای از پیلهای سوختی می باشد که گاز سرشار از هیدروژن درون آن تحت واکنش الکتروشیمیایی با اکسیژن قرار می گیرد تا نیروی الکتریکی به وجود آید. اگر چه طرحهای مختلفی از قفسه **SOFC** وجود دارد، اما خصوصیات کلی آنها مشابه است. یک پیل سوختی حاوی مجموعه ای چندلایه ای از مواد عملکردی است که بر روی یک پایه قرار گرفته اند. این پایه از یکی از مواد عملکردی است که بر روی یک پایه قرار گرفته اند. این پایه از یکی از مواد عملکردی، از یک ماده رسانا یا از سرامیک ساخته شده است. علاوه بر این ماده پایه، قفسه (توده) **SOFC** متشکل از سرامیکهای عملکردی یا دیگر اکسیدهای نادر فلزی می باشد. مروری کلی بر مواد پایه **SOFC** در جدول ۱ ارائه شده است.

۲-۲-۲ سیستم **SOFC** :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم **SOFC** شامل بخشهای پردازشگر سوخت و ساختار زیرین شبکه لوله کشی مورد نیاز برای تامین سوخت و هوا برای توده **SOFC** و همچنین تبادلات گرما و عایق بندی می شود. به علاوه، این زیربخش مسیرهای فشار مورد نیاز سیستم های تحت فشار و دستگاه توربین گازی بهینه شده در سیستم های هیبریدی را منسجم می سازد.

محیطهای عمل کننده از دمای اتاق تا دمای بالا که برای عملکرد خوب و توده **SOFC** لازم است، متغیر می باشد. اجزاء را در کل می توان به عنوان تکنولوژی معمولی به کار رفته در سیستم های دیگر تولید نیرو تلقی نمود. گروه مواد اصلی عبارتند از: سرامیکها (سیلیکا- آلومینای به کار رفته در مواد) و آلیاژهای فلزی (که از فولادهای استاندارد تا آلیاژهای دارای دمای بالا متغییرند).

مواد کلی SOFC		
اجزاء	ماده	آستانه اتلاف خطرناک
الکترولیت	Yttria- Stabilized Zirconia	N/A
آنود	نیکل	$w_t > 1\%$
کاتود	اکسید نیکل	$w_t < 0.1\%$
رابط	منگانیت لانتان بر پایه استرانتیوم	$w_t < 20\%$
	کرومات لانتانوم	N/A
ماده	آلیاژها/ فلزهای درونی شیشه/ شیشه- سرامیک	N/A
پایه	سرامیک	N/A

جدول ۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

براساس کاتالوگ اتلاف اروپایی. اگر مواد در ترکیباتی بزرگتر از حجم آستانه وجود داشته باشند، شدت اتلاف درونی خطرناک در نظر گرفته می شود.

تحت شرایط عملگرا، کانیکل موجود در آنود به شکل متالیک ظاهر خواهد شد. اکسید نیکل تنها در طول تولید اولیه آنود ظاهر خواهد شد تا زمانی که در محیط سوخت قرار گیرد. خاموشی کنترل شده سیستم های پایانی مانع از شکل گیری مجدد اکسید خواهد شد.

۲-۲-۳ سیستم قدرت و کنترلرها :

سیستم قدرت و کنترلرها حاوی تمامی بخشهای الکتریکی و الکترونیکی جهت تغییر دادن خروجی الکتریکی از باطری سوختی به صورت ورودی مناسبی برای اتصال شبکه محلی یا ملی می باشد. سیستم های کنترل و ایمنی نیز از جمله این زیربخشها می باشند. اجزاء را می توان به عنوان تکنولوژی الکتریکی و الکترونیکی و مواد در نظر گرفت.

۲-۳ : خصوصیات محیطی تکنولوژی SOFC

سیستم های تولید برق ساکن بر مبنای تکنولوژی SOFC به صورت زیر طبقه بندی می شوند: بهینه سازی سوخت مناسب، کاهش انتشار دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه ای و حذف اساسی انتشارات آلوده کننده مانند اکسیدهای نیتروژی و سولفور. این خصوصیات مفید ناشی از طبیعت الکترومکانیکی وسایلی می باشد که هم اتلاف انرژی مرتبط با مراحل تغییر انرژی گرمایی و مکانیکی را شامل می شود و هم شروع سوخت نامطلوب معمولی در بسیاری از تکنولوژیهای تولید برق را در برمی گیرد.

این مزایا تا حد زیادی پذیرفته شده اند و تا گسترش محصولات مفید تجاری ادامه می یابند. بررسی های متعددی در مورد این تکنولوژی صورت گرفته است. ارزیابی های محیطی منتشر شده در مورد عمل سیستم های SOFC و مقایسات انجام شده در مورد تولید نیروی متغیر را نیز می توان مطالعه نمود.

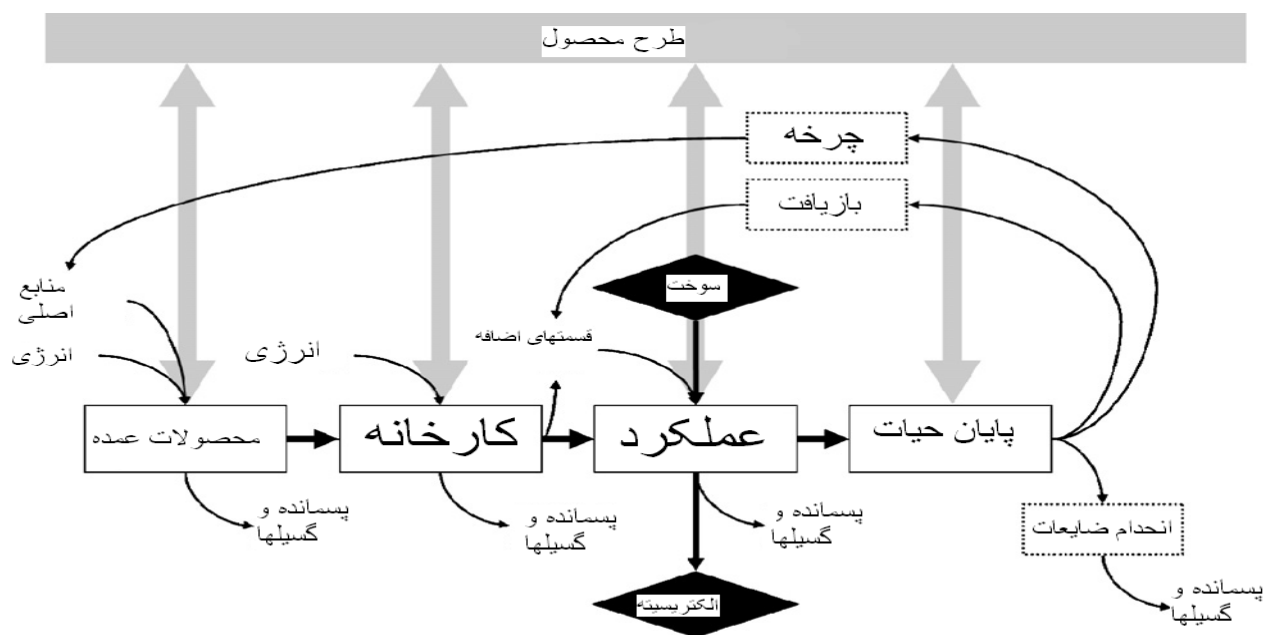
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پیشرفتهای قانون محیطی :

تذکر در مورد تغییر چشمگیر قانون محیطی در طول نیمه دوم قرن بیستم سخن می گوید. از نظر تاریخی، تاکید بر روی کنترل اثرات فرآیندهای بزرگ مقیاس و منابع اصلی آلودگی بود. اخیراً و در پاسخ به مصرف گرایی افزایش یافته، تاکید قانون به طرف اثرات محیطی نامشخص تر محصولات تغییر جهت داده است.

هرگونه موضوع به وجود آمده مربوط است به تاثیر بشر بر محیط در یک چرخه زندگی محصول، اثرات در هر مرحله به وجود می آیند؛ به عنوان مثال، کاهش ذخائر طبیعی در طول تولید مواد؛ تولید زوائد در طول فرآیند ساخت؛ مصرف انرژی یا سوخت در طول عمر و پیدایش مواد خطرناک پس از انهدام. در سال ۲۰۰۱، کمیسیون اروپا برگ سبزی را در مورد سیاست تولید منسجم منتشر ساخت که بیان می داشت اثرات محیطی مربوط به محصولات در طول چرخه زندگی محصول از بین می روند و نمی توان از طریق مقتضیات مربوط به فرآیندها آنها را مدنظر قرار داد. اگر چه **IPP** نیازی را برای یک شیوه چند شاخه جهت پرداختن به مسائل چرخه زندگی تشخیص می دهد، اما اقدامات الزامی در قالب قانون نیز بخشی از استراتژی اجرا در تشکیل می دهد. بخش اعظم این قانون در تحقیق اخیر برگرفته از ایده **IPP** می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



تصویر ۱

عوامل جغرافیایی :

بازار تولید نیرو و بازار آتی سیستم های SOFC تولید نیرو، چیزی جهانی است. تلاشها در جهت گسترش این تکنولوژی در اروپا، آمریکای شمالی و آسیا ادامه دارد. در زمان توسعه یک محصول با موقعیتهای خرید و فروش جهانی، بهتر است معیارهای قانونی لازم را در نواحی مختلف شناسایی کنیم. اگرچه یک استراتژی واضح وجود دارد که در آن یک محصول می بایست تنها به بازاری خاص فروخته شود، اما لازم است محصولاتی را پدید آورد که با نیاز جهانی بیشتر مطابقت داشته باشند. این شیوه می تواند خطر حذف محصولات را از بازارهای مربوطه کاهش دهد. تلاشها در جهت به کاربردن مقتضیات قانونی پیشرفته تر نیز حاکی از انجام بهترین اقدام است.

با پیروی از بررسی مختصری در مورد روندهای موجود در قانونگذاری محیطی تولید- محور جهانی، تصمیم گرفته شد تا طیف تحقیق فعلی را تنها در قانون اروپایی به کار برند. این تصمیم بر این پایه گرفته

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شد که به نظر می رسد اروپا رهبر جهانی توسعه این بند قانون، در مقایسه با آسیا و آمریکای شمالی، باشد.

ژاپن به عنوان موثرترین کشور قانونمند آسیا شناخته شد و دارای مفاهیم پیچیده ای مانند کاهش اتلاف و استفاده بالقوه از ذخائر می باشد. به هر حال، این مفاهیم در اسناد سیاسی مورد تاکید قرار گرفتند اما به طور دقیق به صورت مقتضیات ضروری در نیامدند.

هیچ مدرکی در دست نیست که قانون کنترل کننده اثرات چرخه زندگی محصولات در اروپا پیشرفت کرده باشد. به علاوه، قوانین اروپا مانند "محدودیت مواد خطرناک" باعث گسترش توسعه تنظیمات مشابه در چین و دیگر کشورهای اروپایی خواهد شد.

USA به عنوان پیشگام توسعه قانون در قاره آمریکا تلقی می شد. به هر حال، با توجه به قانون تولید محور، پیشرفتهای اندکی در سطح فدرال پدیدار شده است. در سطح ایالتی هیچ گواهی یافت نشد که نشان دهد این نوع از قانونگذاری پیشرفته تر از قانون گذاری در اروپا است.

پیشرفت ها در قانون محیط در اروپا :

۱. قانون مربوط به طرح و انتخاب مواد

۲. قانون مربوط به مدیریت نهایی محصولات

در اروپا، پیشرفتهای اخیر در قانونگذاری جنبه های زیادی از چرخه زندگی محصول را تحت کنترل قانونی درآورده است. انتظار می رود که جنبه های مختلف مرحله استفاده از سیستم های **SOFC** ساکن براساس قانون خاص کنترل کننده انتشارات، صدا و رابطه با زیر ساختارهای سوختی و الکتریکی موجود تنظیم شود. این جنبه های قانونی در تحقیق اخیر مشخص نشده است: گمان می رود که این جنبه ها آنقدر برای عملکرد تولید اساسی هستند که به عنوان مقتضیاتی پایه اهداف طرح در توسعه **SOFC** را تشکیل خواهند داد. همچنان انتظار می رود که هرگونه پیشرفت جدیدی در قانون به گونه ای خاص می تواند نصب و عمل تکنولوژی **SOFC** را هدف قرار دهد. تحقیق اخیر در مورد قانون مربوط به چرخه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زندگی گسترده تری است که ارتباط با آن ممکن نیست تا حد زیادی در بخش **SOFC** تشخیص داده شود. در این تحقیق، قانون در مورد انتخاب مواد هدفمند و طرح محصولات و مدیریت پایان زندگی یا اتلاف شناخته شده است. بندهای خاصی از قانون که مربوط به تحقیق اخیر است در زیر شرح داده شده اند. یک منبع و بی برای هر کدام فراهم آورده شده است که می توان برای اطلاعات بعدی و جدیدترین پیشرفتهای مورد استفاده قرار گیرد.

۱. قانون مربوط به طرح و انتخاب مواد :

دو پیشرفت قانونی اصلی به عنوان پیشرفتهای مربوط به بخش اولیه چرخه زندگی محصول در نظر گرفته شده اند، زیرا این پیشرفتهای انتخاب موادی را کنترل می کند که محصولات از آنها به عمل می آیند. این موارد عبارتند از: دستورالعمل **REACH** (غنی) که با ثبت، ارزیابی و تصویب مواد شیمیایی و محدودیت دستورالعمل مواد خطرناکی مرتبط است که به طرز خاص در تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی به کار می روند. علاوه بر طراحی زیستی انرژی، استفاده از دستورالعمل محصولات نیز به عنوان موردی مرتبط تر با طرح محصولات شناخته شد.

۱،۱ دستورالعمل غنی (REACH) :

این دستورالعمل در دسامبر سال ۲۰۰۶ تصویب شد و در ژوئن سال ۲۰۰۷ به روی کار آمد. مقتضیات اصلی اسن است که تمامی مواد شیمیایی ساخته شده در اروپا را می بایست براساس اداره مواد شیمیایی اروپا پشت نمود. مواد ثبت شده بر مبنای خطرات احتمالی برای سلامت انسان و محیط مورد ارزیابی قرار گرفته اند و در مورد موادی که خطرناکترند، استفاده مداوم از آن ماده ممکن است ممنوع یا محدود شود. اجرای دستورالعمل از ماه ژوئن سال ۲۰۰۷ تا ماه می سال ۲۰۱۸ صورت خواهد گرفت و ارجحیت با

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دستورالعمل مربوط به طبقه بندی های خطرناک موجود است. جزئیات دیگر در مورد تحقیق را می توان در وب سایت کمیسیون اروپا یافت.

۱,۲ محدودیت دستورالعمل مواد خطرناک :

محدودیت دستورالعمل مواد خطرناک (**ROHS**) در مورد مواد پرخطرتر می باشد و از ژولای سال ۲۰۰۶ استفاده آنها در مقوله های تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی ممنوع شده است. طیف دستورالعمل **ROHS** تا حد زیادی با دستورالعمل تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی زائد (**WEEE**) مرتبط است و این دو اقدام قانونی به همراه هم با هدف کاهش خطرات جریان خاص از طریق اقدامات پرواکتیو و راکتیو عمل می کنند.

۱,۳ طراحی زیستی با استفاده از دستورالعمل محصولات (**EUP**) :

در ژولای سال ۲۰۰۵ پایه ریزی شد و چارچوبی را برای اجرای اصول طرح- زیستی به روی کار می آورد؛ البته با توجه خاص به محصولاتی که رد طول عمل خود انرژی مصرف می کنند. این دستورالعمل مقتضیات لازم را پایه ریزی نمی کند، بلکه جنبه هایی را فراهم می آورد که ممکن است برای مشتریان و سهام داران دیگر لازم باشد. این دستورالعمل بر روی حجم بالای محصولات تاکید دارد.

۲. قانون مربوط به مدیریت نهایی محصولات

مدیریت نهایی محصولات به طرز خاص مدنظر قانون احاطه کننده اصل مدیریت تولیدکننده گسترش یافته (**EPR**) و همچنین قانون مدیریت اسراف قرار گرفته است. دستورالعمل تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی (**WEEE**) به عنوان مهم ترین بخش قانون در برگیرنده اصل **EPR** شناخته شد. زمینه متداول قانون مدیریت اسراف شامل تمامی جنبه ها از ذخیره سازی گرفته تا تغییر ائتلاف به صورت تسهیلاتی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دیگر، می شود. بررسی اخیر در مورد قانون مدیریت اتلاف می باشد؛ البته براساس ارتباط خاص آن با مرحله نهایی چرخه زندگی محصول **SOFC**

۲،۱ دستورالعمل تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی :

دستورالعمل **WEEE**، اهداف بازبایی را برای مقوله های خاص تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی صنعتی و داخل پایه ریزی می کند و این وظیفه را به تولید کنندگان تجهیزات محول می سازد تا موافقت خود را اعلام دارد.

اهداف پایه ریزی شده از طریق دستورالعمل متغیر بین ۵۰ تا ۸۰ درصد از وزن تجهیزات و با بازیافت ۷۰ تا ۸۰ درصدی، شامل مواد سوخته شده با هدف تولید انرژی نیز می شود. این مقتضیات از دسامبر سال ۲۰۰۶ تاکنون وجود داشته است.

۲،۲ قانون دیگر مسئولیت تولید کننده گسترده :

موارد اتلاف نهایی که بیانگر مفهوم **EPR** باشند عبارتند از: ماشینها، باتریها و بسته بندی. دستورالعمل وسایل نقلیه فرسوده همانند دستورالعمل **WEEE**، نیازی را برای ورود ۸۰ درصد از مواد یک مشاین فرسوده به چرخه حیات، پایه ریز می کند. دستورالعمل باتری ها و انباره ها بیانگر پاسخی مناسب برای انواع مختلف باتری ها می باشد. بسته بندی، جریان اتلافی دیگری است که براساس قانون مسئولیت پذیری تولید کننده مدنظر قرار گرفته است.

۲،۳ دستورالعمل دفن زباله :

دستورالعمل دفن زباله در ژولای سال ۱۹۹۹ به روی کار آمد و محدودیتها و کنترلهای مربوط به طرح اتلاف را برای دفن زباله از ژولای سال ۲۰۰۱ پایه ریزی کرده است. تاکید این قانون بر روی کاهش حجم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اتلاف مورد نظر و کاهش خطراتی مانند نتایج حاصله از محل دفن زباله می باشد. این نتایج می تواند شامل پخش مواد خطرناک در محیط شود.

۲،۴ دستورالعمل زوائد خطرناک :

دستورالعمل زوائد خطرناک با قانون حمایت کننده دیگر، بیانگر زوائدی است که به عنوان خوا خطرناک در نظر گرفته می شوند و شامل خواصی می شوند که احتمالاً به سلامت انسان و محیط ضرر می رسانند. این دستورالعمل، نیازهایی اضافی را براساس مدیریت چنین زوائدی، کنترل ذخیره، برچسب زدن، انتقال و بهبود پایه ریز می کند.

۲-۴ : یک شیوه خطرناک برای ارزیابی اثرات قانونی آتی

تکنولوژی **SOFC** هنوز به تکامل تجاری نرسیده است و بنابراین هنوز هدف قانون اص به همان شیوه ای نیست که انواع محصولات دیگر مانند وسایل نقلیه و کالاهای برقی هدف قرار می گیرند. به علاوه، بخش اعظم قانون مورد نظر در تحقیق فعلی شامل مفاهیمی نسبتاً جدید مانند مسئولیت تولیدکننده نهایی می شود. احتمالاً این مفاهیم جدید در بخشهای تولید به کار رفته اند و این در صورتی است که بندهای قانون فعلی شیوه ای موفق بوده باشند.

بنابراین، ارزیابی اثرات قانونگذاری را بر روی تکنولوژی **SOFC** می بایست به عنوان یک سناریو آتی در جایی تلقی کرد که دورنماهای قانونی و تکنولوژی فراتر از موقعیت کنونی قرار گرفته اند. به همین علت، یک شیوه پرخطر به عنوان مناسب ترین وسیله ارزیابی اثرات آینده شناخته شد.

۱-۴-۲ تاثیر ارزیابی در چهارمرحله :

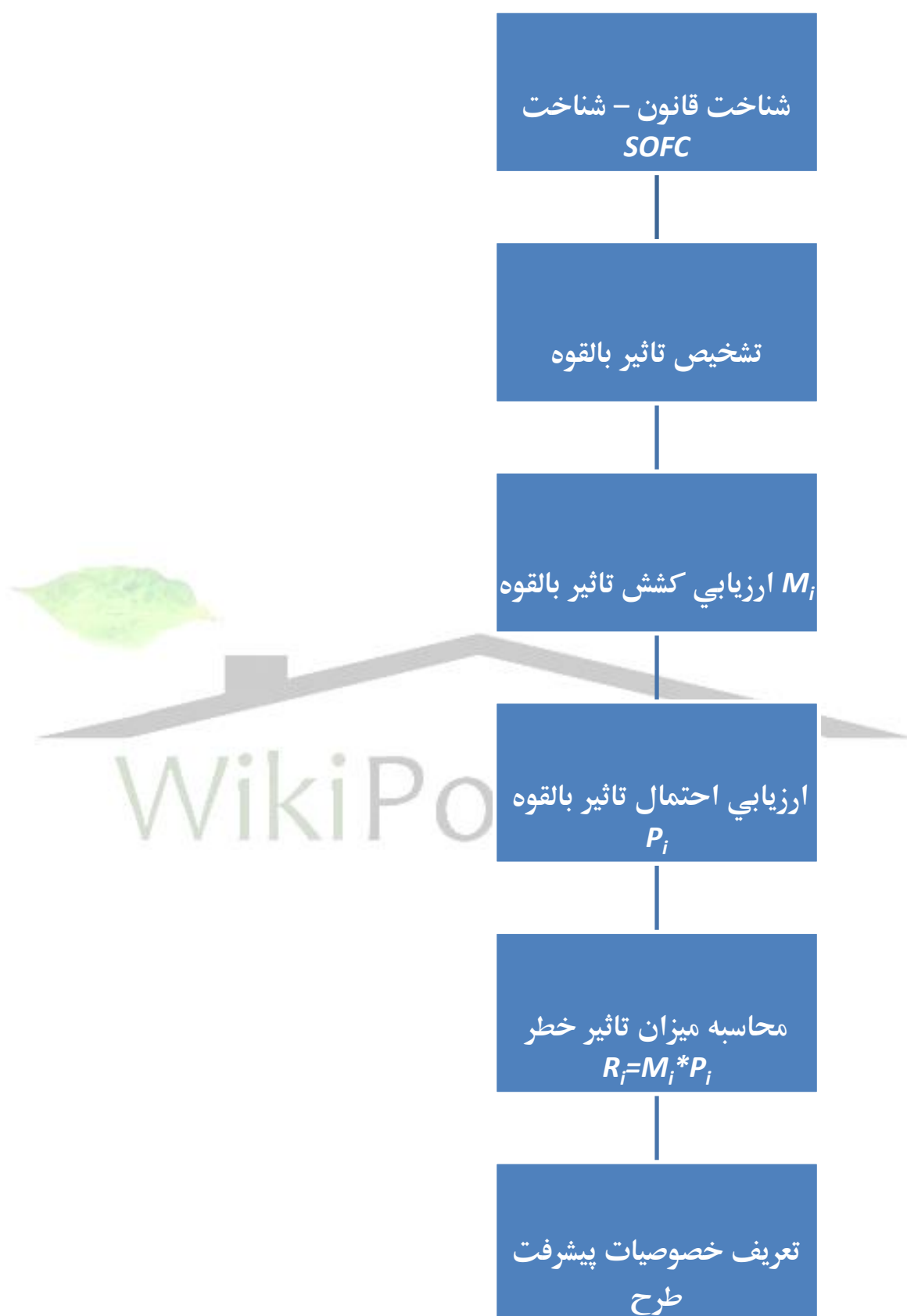
شیوه بر مبنای خطر که در تحقیق اخیر به کار گرفته شده است در تصویر ۲ نشان داده شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اولین گام مستلزم شناسایی اثرات بال قوه می باشد. چنین چیزی نیازمند شناخت محصول **SOFC** و بند قانون می باشد. احتمالاً اثرات با تعارض بین پارمترهای طرح **SOFC** اخیر و مقتضیات خاص قانون نشان داده می شوند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تصویر ۲- شیوه بر مبنای خطر که برای ارزیابی اثرات آینده قانون

بر روی تکنولوژی SOFC توسعه یافت

ورودی های مورد نیاز به این فرآیند عبارتند از شناخت محصول SOFC و شناخت قانون مربوطه. این روند منجر به نتیجه ای می شود که می توان آن را برای تعریف خصوصیات طرح مورد استفاده قرار داد.

نمره	میزان کشش (Mi)
۱	دارای حداقل تاثیر بر روی تکنولوژی SOFC خواهد بود. راه حلها معمولاً برای اجرا موجود می باشند و بدون تاثیری چشمگیر بر روی تکنولوژی می توان آنها را توسعه داد.
۲	بر روی تکنولوژی SOFC اثر خواهد گذاشت. ممکن است منجر به پیدایش مشکل برای انطباق تکنولوژی شود، اما راه حلی احتمالی می بایست با کمی تلاش حاصل شود.
۳	اثری شدید بر روی تکنولوژی SOFC دارد که مستلزم تلاشهای توسعه ای چشمگیری برای احتمال ناشناخته ای می باشد. ممکن است باعث پیدایش مشکل برای انتخاب تکنولوژی گسترده شود.

جدول ۲ تعریف سیستم نمره بندی میزان کشش تاثیر

دومین گام مستلزم ارزیابی میزان تاثیر (Mi) می باشد. در این مورد، میزان گستردگی مربوط به انطباق تکنولوژی است و جدول ۲ بیانگر تعاریفی برای هر نمره موجود است. در گام سوم، احتمال تاثیر موجود (pi) مورد ارزیابی قرار گرفته است. این مورد مربوط است به چگونگی پیشرفت تکنولوژی و قانون همراه با زمان. تعریف نمره که در این پارامتر بکار رفته است در جدول شماره ۳ ارائه شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در آخر، تاثیر ظاهری نمره (R_i) به عنوان نتیجه M_i و P_i محاسبه می شود. این پارمتر، نمره خطر در فرآیند ارزیابی خطر سنتی می باشد. تاثیر بالای نمره بیانگر این است که خطر چشمگیری متوجه موفقیت تکنولوژی $SOFC$ می باشد.

تمامی تأثیرات شناخته شده با استفاده از این شیوه را می بایست در طول پیشرفت طرح، قبل از تجاری شدن در نظر گرفت. کمیت بندی نمره ها برای هر تأثیر می بایست برای نواحی پر خطر در نظر گرفته شود.

نمره	احتمال (P_i)
۱	احتمال پائین - هدف کلی ماطوف تأثیر بالقوه آینده در بالاتر از ۲۵ سال است.
۲	احتمال متوسط - قانون فعلی یا در حال گسترش احتمالاً بین ۵ تا ۲۵ سال تأثیرگذار است.
۳	احتمال بالا - تأثیرات فعلی قانون در کمتر از ۵ سال انتظار می رود.

جدول ۳ تعریف سیستم نمره بندی برای محتمل بودن تأثیر

۲-۴-۲ کاربرد شیوه پرخطر برای ارزیابی اثرات آینده قانون :

محور براساس تکنولوژی $SOFC$ مورد استفاده قرار گرفت. شیوه ای منظم به کار گرفته شد که تأثیر هر بند از قانون را برخلاف هر زیربخش، که در بخش ۲-۱ تصویر ۳ شرح داده شده است، ارزیابی می کند و این برای بررسی ارزیابی ماتریکس است. نواحی سایه دار نشان می دهد که این قانون برای تأثیر گذاشتن بر زیربخش در نظر گرفته شد. کل قانونی که بر هر زیر بند تأثیر می گذارد، ب محصول $SOFC$ تأثیر می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گذارد. تنها انرژی استفاده کننده از دستورالعمل محصولات، به عنوان انرژی اثرگذار بر بخش محصول در نظر گرفته شد که تأثیرات خاص دیگری بر زیر بخشها نداشت.

نتایج حاصل از کاربرد شیوه ارزیابی بر مبنای خطر در جدول ۴-۷ ارائه شده است. این نتایج به طور جداگانه برای هر زیربخش از واحد ژنراتور نیروی ساکن براساس **SOFC** نشان داده شده اند؛ با نام توده **SOFC**، سیستم **SOFC** و قدرت و کنترل‌های **SOFC**؛ و برای بسته بندی سیستم **SOFC** کاملاً ساکن. این نتایج به عنوان نمره های خطر برای هر بند از قانون مربوطه ارائه داده شده اند. کشش تأثیر ارائه داده شده توسط قانون مورد ارزیابی قرار گرفته است و ارقامی را همانند جدول شماره ۲ فراهم می آورد. توصیفی خلاصه برای این نمره در جدول نتایج فراهم آورده شده است. به علاوه، احتمال هر تأثیر به وجود آمده، براساس مقیاس موجود در جدول شماره ۳ مورد ارزیابی قرار گرفته است. نمره های میزان کشش و احتمال برای محاسبه نمره خطر ظاهری مورد استفاده قرار می گیرد.

نتایج موجود در جدول ۴-۷ در قسمتهای ۱-۴-۲-۱ و ۴-۴-۲-۴ مورد مطالعه قرار می گیرند.

۱-۴-۲-۱ اثرات قانونگذاری محیطی بر توده **SOFC** :

جدول شماره ۴ بیانگر خلاصه ای از اثرات به دست آمده برای توده **SOFC** می باشد که برگرفته از قانون ریچ (غنی) و اسراف می باشد.

الف : دستورالعمل ریچ (**REACH**)

ریچ بند پیچیده و گسترده ای از قانون است که بسیاری از نواحی ساخت، تامین و استفاده از مواد شیمیایی را تحت اشعاع خود قرار می دهد. اولین ناحیه خطر که برای توده **SOFC** شناخته شد، محدودیت آتی در مورد استفاده از مواد خطرناک است. براساس دستورالعمل ریچ، استفاده مداوم از تمامی مواد، منوط است به تصویب سازمان مواد شیمیایی اروپا. موادی که عامل خطرات بسیاری برای سلامت

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

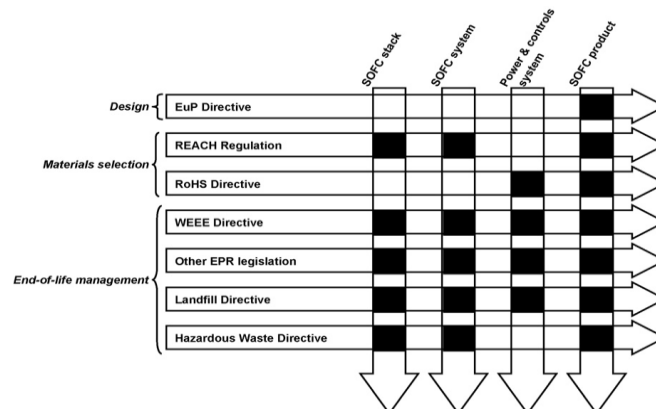
بشر یا محیط هستند را می بایست تحت کنترل قرار داد. این بدان معنا است که استفاده زیاد از این مواد ممکن است محدود باشد به کاربرهایی خاص و در بدترین مورد، کاربردهایی منع شده. اکسید نیکل که اصولاً در اصلاح ساختارهای آنودی به کار برده می شود، براساس دستورالعمل ریچ به عنوان ماده ای در نظر گرفته شده است که عامل نگرانی های زیادی (SVHC) است و در بدترین مورد استفاده از آن ممکن است ممنوع باشد.

این ناتوانی ها برای استفاده از اکسید نیکل می تواند دارای تأثیر بالقوه ای بر صنعت SOFC باشد. اگرچه بسیاری از مواد مناسب برای کاربرد در آنود SOFC تحت بررسی می باشند، اما هیچ ماده ای هنوز توسط صنعت پذیرفته نشده است. در حالی که مواد آنودی آینده ممکن است عملکردی بهینه را فراهم آورند، چارچوب زمانی برای وجود تجاری می تواند قابل ملاحظه باشد. اکسید نیکل دارای مزیت فراوان بودن است که در بسیاری از صنایع مورد استفاده قرار می گیرد. بنابراین زنجیره عرضه به خوبی پایه ریزی شده است.

احتمال وجود محدودیتهای مربوط به اکسید نیکل نامشخص است. ریچ در مراحل اولیه خود قرار دارد و به عنوان بند متغیری از قانون، اجرای آن بسیار سخت است. به هر حال، اثرات این قانون هنوز توسط صنعت به خوبی شناخته نشده است. ریچ بررسی هایی را در مورد موادی به عمل آورده است که اگرچه به نوبه خود خطرناکند، اما دارای مصارف کاربردی خوبی نیز می باشند. تحلیل اجتماعی - اقتصادی را می توان به عنوان وسیله ای برای به کارگیری تنظیم گرها جهت کنترل استفاده مداوم از یک ماده به کار برد. احتمال دارد که ارائه مزایای بالقوه تکنولوژی SOFC، توجیه استفاده مداوم از اکسید نیکل پایه ریزی شود.

دومین راه که ریچ ممکن است بر توده SOFC اثرگذار باشد، تأثیر گذاشتن بر زنجیره عرضه می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



تصویر ۳ صفحه ۶

ریج بار مدیریتی اضافی را بر روی زنجیره عرضه فراهم می آورد، به گونه ای که استفاده از تمامی مواد شیمیایی مهم و به وجود آمده، ضروری است. هزینه های مثبت می بایست با پرداخت کارمزد توسط سازنده تسویه شود. این خطر بیشتر در مورد موادی است که به طور گسترده در کاربردهای **SOFC** وجود دارد. پیش بینی می شود در صورتیکه این هزینه ها توسط **SME** تأمین شود، بار مالی ممکن است برای عرضه مداوم سرسام آور باشد. در **SME** و شرکتهای بزرگتر، نمونه های تولید می تواند میزان هزینه ثابت را به حداقل برساند. تکنولوژی **SOFC** یک بخش خرید و فروش برجسته نیست که دارای عرضه و تقاضای زیاد باشد؛ این مواد خاص **SOFC** ممکن است برای محرومیت مجموعه اوراق بهادار در نظر گرفته شود.

اگرچه کشش تأثیر تأمین مواد غیرمداوم بسیار بالا شناسایی شد، اما احتمال تعیین این موقعیت پائین است. تأمین کنندگان مواد خاص مایلند که دارای روابطی نزدیک با مشتریان خود باشند، زیرا رابطه متقابل برای هر دو طرف مهم است. در مواقعی که شرکت توسعه دهنده تکنولوژی **SOFC** دارای قدرت اقتصادی بیشتری نسبت به تأمین کننده مواد است، حمایت از نیازهای مالی تحلیل شده توسط ریج مهم

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

است. توسعه دهندگان **SOFC** کوچکتر کمتر می توانند از زنجیره عرضه حمایت کنند و به هر حال، فراهم آوردن عوامل اصلی در زمینه توسعه دهندگان **SOFC** می تواند از مزایای آنها محسوب شود. جنبه نهایی ریج که برای تأثیر بر پیشرفت تکنولوژی توده **SOFC** ضروری است، فشار مدیریتی افزایش یافته ای است که ماطوف هزینه مواد است. کاهش هزینه یکی از چالشهای برجسته توسعه دهندگان **SOFC** است و بنابراین افزایش غیرمنتظره ای در هزینه مواد خام باعث افزایش میزان چالش خواهد شد. به هر حال، معلوم شده است که افزایش هزینه مواد بی شک در مقایسه با مقتضیات کاهش هزینه چشمگیری می باشد. مطالعات وقفه هزینه برای توده های **SOFC** بیانگر رابطه بین هزینه های مواد و ساخت است و نشان دهنده توزیع نسبی هزینه می باشد که بستگی به جنبه های خاص طرح توده و مصارف تولید دارد.

ب : قانون اسراف

این قانون دومین موضوع شناخته شده مهم برای بخشهای توده **SOFC** می باشد. مدیریت بخشهای پایانی، چالشی است که اینک به میزان زیاد در صنعت **SOFC** وجود دارد. اگرچه اجزاء مورد نظر برای برای تحقیق و اهداف ایشرفت به مدت چند دهه است که تولید شده است، اما حجمهای مورد نظر اندکند و بیشتر اجزاء برای تحلیل آینده یا اهداف علمی دیگر باقی خواهند ماند. امروزه، طرح اجزاء توده به عنوان مسئله ای مهم برای توسعه دهندگان **SOFC** در نظر گرفته نشده است.

از طرف دیگر، اقدامات لازم برای مدیریت مربوط به اتلاف می بایست قبل از گسترش تکنولوژی **SOFC** در بازار تجارت انرژی، صورت گیرد. قانونگذاری به دو زمینه اصلی مربوط می شود : در مورد اول در طبقه بندی اتلاف خطرناک و در مورد دوم در کنترل چگونگی از بین بردن اسراف.

زوائد برخاسته از توده **SOFC** دارای پتانسیل عملی برای طبقه بندی خطرناک می باشد. طبقه بندی های زوائد، برخاسته از مواد خطرناکی است که در شدت اتلاف وجود دارد. پیشرفته ترین ماده آنودی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

برای SOFC ها نیکل است. فلز نیکل در غلظتهای بالای ۱wt٪ وجود دارند. آنودهای SOFC اصولاً برگرفته از اکسید نیکل است که قرار گرفتن آن در برابر گاز سوختی باعث کاهش فلز نیکل می شود. اکسید نیکل دارای پتانسیل بالقوه ای برای طبقه بندی به عنوان ماده ای خطرناک در غلظتهای ۰/۱ wt٪ یا بالاتر می باشد. طبقه بندی اتلاف برخاسته از SOFC تا حدّ زیادی بستگی به طرح توده SOFC دارد که بیانگر محتوای مواد آنودی و سابقه محیطی می باشد. مواد آنودی متغیر ممکن است دارای خواصی خطرناک باشند، اگرچه کار فعلی چندان بیانگر این متغیرها نبوده است. با توجه به مهمترین مواد توده SOFC (جدول ۱)، طبقه بندی های خطر بیانگر خطری مهم نیست که این جریان اتلاف را جریانی خطرناک نامیده اند.

قانون	تأثیر	گسترده گی (Mi)	احتمال (Pi)	خطر (Ri)
دستورالعمل ریج	شناخته شده (i) استفاده از مواد خطرناک ممنوع می باشد.	۲ اکسید نیکل پیشرفته ترین ماده آنودی است و براساس قانون ریج به عنوان SVHC طبقه بندی می شود. فعالیت در جهت گسترش مواد متغیر ادامه دارد، اما این تکنولوژی تا حدّ زیادی	۲ ریج معمولاً قدرتمند است اما دستورالعملی پسچیده می باشد. بنابراین جزئیات اجرا نامشخص است. مقیاس زمانی برای اجرا، ۱۵-۰ سال است، استفاده مداوم برخی	۴

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

	از SVHC ها ممکن است مطلوب باشد.		تحت تأثیر استفاده منع شده Nio قرار دارد.		
۳	اگر زنجیره عرضه در برآوردن عرضه مداوم ناتوان باشد، سرمایه گذاری توسعه دهندگان پیل سوختی می بایست قادر باشد که از نیازهای ریج حمایت کند.	۱	چندین مواد جالب برای SOFC (مخصوصاً مواد کاتودی) برای این تکنولوژی در نظر گرفته شده اند و در حجم پائینی توسط تأمین کنندگان SMF ساخته شده اند. عدم توانایی در ذخیره مواد مورد نیاز می تواند مانعی بر سر راه تولید با مقیاس تجاری باشد.	۳	تا این مواد کم حجم مداوم نمی باشد.
۲	هر گونه افزایش چشمگیر در هزینه مواد که برخاسته از قانون ریج باشد تا میزان کمی به هزینه مواد موجود و ساخت	۱	هزینه مانعی است بر سر راه تجاری شدن این تکنولوژی. هزینه های افزایش یافته مواد ممکن است در رسیدن به اهداف هزینه ناکام	۲	هزینه افزایش مواد تا یک سطح ممنوع

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

	آنها بستگی دارد.		بمانند.		
۲	با وجود این قانون، طبقه بندی بیشتر برخاسته از محتوای اکسید نیکل است، اما بستگی به طرح توده، ترکیب و اینکه آیا نیکل در آخر به صورت اکسید است یا نه، دارد. می بایست قانون آینده را در زمان تشدید یافتن پیش بینی کرد.	۲	طبقه بندی بخشهای پایانی به عنوان «زوائد خطرناک» به نوبه خود دارای تأثیری اندک می باشد. از بین بردن اتلاف خطرناک ممکن است باعث پیدایش هزینه های بالاتری شود، اما بی شک در مقایسه با هزینه های تکنولوژی بسیار چشمگیر می باشد.	۱	مجموعه های پایانی توده SOFC به صورت «زوائد خطرناک» طبقه بندی می شوند.
۳	نیاز تشدید می یابد، اگر انهدام امروزه صورت گیرد.	۳	نیازمند فرآیند پیشرفت برای علاج قبل از فرآیند تنظیم OR برای یک محلول نهایی می باشد.	۱	توده SOFC پایانی نیازمند درمان قبل تنظیم می باشد.
۴	هدف زباله صفر تا حد	۲	نیازمند فرآیند پیشرفت	۲	تنظیم توده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

زیادی پذیرفته شده است، اما این قانون به دنبال کاهش پیشرفته می باشد. همچنین شناخت بیشتری از مزایای تکنولوژی SOFC باعث غیرممکن شدن تنظیم می شود.	برای یک ماده متغیر نهایی می باشد که مستلزم فعالیتهای بازیافت است تا اجازه دهد مواد از زباله ها گرفته شوند.	SOFC برای زباله ممنوع می باشد.
--	--	--------------------------------

جدول ۴ اثرات قانون بر توده SOFC که با استفاده از شیوه بر مبنای خطر ارزیابی شده است.

تأثیر اتلاف توده SOFC که بصورت خطرناک طبقه بندی می شود بسیار اندک است. هزینه های دسترسی، درمان و تنظیم ممکن است باعث پیدایش هزینه اضافی در چرخه زندگی شود، اگرچه گمان می رود که در مقایسه با هزینه های مواد و تولید، این هزینه اندک است. محدودیتهای مربوط به پخش زوائد بی کشورها ممکن است مورد بررسی قرار گیرد که این باعث استفاده از قابلیت مدیریت اتلاف محلی می شود. شاید درک عمومی تکنولوژی پیل سوختی مهمتر باشد. می توان گفت که تولید اتلاف خطرناک می تواند برای تصور مزایای گسترش یافته توسط گسترش دهندگان SOFC ضروری باشد. از طرف دیگر، متدولوژیهایی مانند ارزیابی چرخه زندگی را باید برای ارزیابی اثرات اساسی تولید زوائد خطرناک در سیاق چرخه زندگی تکنولوژی کامل در نظر گرفت.

دومین زمینه قانون مدیریت که به صورت تأثیرات بالقوه بر توده SOFC شناسایی شد، قانون هدایت فعالیتهای زائد می باشد. بدون پیشرفت استراتژیهای مدیریت نسبتاً متناوب، انهدام زباله ممکن است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

موضوعی کلی در نظر گرفته شود. به هر حال، در چارچوب فعلی، برخی از علاجهای قبلی برای ائتلاف قبل از اهدام زباله صورت می گیرد.

خطر (Ri)	احتمال (Pi)	گسترده‌گی (Mi)	اثر شناخته شده (i)	قانون
۲	نیکل به صورت متالیک چندان خطرناک نمی‌باشد؛ اگرچه طبقه بندی مجدد یک احتمال است. کاربرهای بزرگتر آلیاژهای بر پایه نیکل دارای تأثیری چشمگیر و توانایی زیادی برای استفاده مداوم می‌باشند.	۱	آلیاژهای بر پایه نیکل برای برخی از ترکیبات با دمای بالا لازم است. برخی از مواد متناوب ممکن است وجود داشته باشند، اما آلیاژهای کرومیومی دارای مشکلاتی تکنیکی می‌باشند.	قانون ریچ استفاده از مواد خطرناک منع می‌شود.

جدول ۵ اثرات قانون بر سیستم SOFC که با استفاده از شیوه بر پایه خطر ارزیابی شده است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قانون	اثر شناخته شده (<i>i</i>)	گسترده گی (<i>Mi</i>)	احتمال (<i>Pi</i>)	خطر (<i>Ri</i>)
دستورالعمل ROHS	ترکیبات دارای ROHS دارای قابلیت عمل کاهش یافته ای هستند	۲ ناکامی ترکیبات ممکن است باعث مسائل مهمی برای سیستم تولید شود.	۱ برخلاف مهم بودن یک مسئله، تأمین کنندگان خوب می بایست بتوانند مشکلات کارایی را برطرف سازند.	۲
دستورالعمل WEEE	تولیدکنندگان پیل سوختی مسئول بازیافت بخشی از نیرو و ترکیبات کنترل می باشند.	۱ ساختار زیرین بازیافت برای حمایت از مقتضیات WEEE گسترش می یابد. مسئولیت پذیری به بخشی از OEM مربوط است.	۲ مهم نیست که اجزاء به کار رفته در سیستم SOFC برگرفته از WEEE می باشند. مقتضیات آینده ممکن است برخاسته از انطباق تکنولوژی در هموارد کاربردی غیراساسی باشد.	

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جدول ۶ اثرات قانون گذاری بر قدرت **SOFC** و کنترلها که با استفاده از شیوه بر مبنای خطر ارزیابی شده است.

بند ۶ قانون زباله بیان می دارد که : «تنها ائتلافی که معطوف بازیافت است زباله نامیده می شود.» در همین بند، تعریف «درمان» یعنی عملی که مربوط است به اهداف این دستورالعمل ... از طریق کاهش کیفیت زائده یا کاهش خطرات مربوط به سلامت بشری یا محیط. میزان درمان قبلی مورد نیاز به وضوح بیان نشده است و مشخص خواهد شد که سطوح اندک درمان برای چنین جریانات ائتلاف موجود قابل قبول است. بنابراین، گمان می رود که یک راه حل برای بخشهای توده **SOFC** را قبل از تولید حجم زیادی از این جریان ائتلاف، گسترش می دهند.

از جنبه ای دیگر، سیاست کلی بیانگر حرکتی در جهت صفر شدن زباله می باشد و تأثیر آن بر شیوه سلسله مراتبی مدیریت ائتلاف است که در آن کاهش و بازیافت به عنوان اعمال مهمی در نظر گرفته می شوند. بنابراین احتمال دارد که قانون مربوط به طباله در ۱۰ سال آینده به نحوی چشمگیر در نظر گرفته شود. عدم توانایی به کارگیری بخشهای توده **SOFC** در مورد زباله، مستلزم اختراع محلولهای مدیریتی متناوب خواهد بود. به علاوه، درک عمومی زباله به عنوان یک موضوع اصلی در تضاد با تصویر «سبز رنگ» موجود در پیلهای سوختی می باشد.

قانون دیگر در مورد تغییرات زباله، مانند بازیافت، به احتمال زیاد در بخش اولیه تولید به کار برده می شود. این موضوعات در بخش ۴-۲-۴-۱ شرح داده شده اند.

۲-۴-۲-۲ اثرات قانون محیطی بر سیستم **SOFC** :

در کل، اثرات قانون محیطی بر سیستم **SOFC** به طور مفصل بیان شده است. جدول ۵ حاوی خلاصه ای از خطرات شناخته شده و نمرات گرفته شده می باشد. سیستم **SOFC** دارای اجزاء اصلی مانند مبدلان گرما، لوله کاری و روکش می باشد که از مواد معمولی استفاده می کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بنابراین، گمان می رود که فرآیندهای مدیریتی ائتلاف را بتوان برای مدیریت ائتلافی در نظر گرفت که برخاسته از اجزاء سیستم **SOFC** به شیوه ای پیچیده می باشد. در مقایسه با توده **SOFC**، تأکید کمتری مآطوف **SOFC** برای پیشرفت شیوه های مدیریتی زوائد خواهد شد.

قانون ریج دارای تأثیر بالقوه ای در آینده بر روی سیستم **SOFC** خواهد بود که به شیوه ای مشابه شیوه توده **SOFC** می باشد. ناحیه اصلی موجود در شبکه فعلی در مورد استفاده از آلیاژهای وابسته به نیکل در دمای بالا می باشد. شرایط عمل برای سیستم های **SOFC** اینگونه است که این مواد دارای خواص مناسب محدود می شوند. ممکن است که براساس قانون ریج، طبقه بندی مجدد فلز نیکل به وجود آید. به هر حال، خطرات پائین مربوط به استفاده از نیکل به تصویر آلیاژ شده یا متالیک، نشان می دهد که استفاده از آلیاژهای فلز نیکل تا حد زیادی محدود خواهد شد. به علاوه، این مواد مورد استفاده بخشهای بزرگتر صنعت قرار می گیرند. انتظار می رود که این بخشها دارای تأثیری چشمگیر برای ادامه استفاده از نیکل به این صورت باشند.

۳-۲-۴ اثرات قانون محیطی بر قدرت **SOFC** و سیستم کنترل :

وسایل الکتریکی و الکترونیکی هدف پیشرفتهای اخیر در قانون محیطی بوده اند. دو دستورالعمل خاص در اروپا منتشر شده است که استفاده از مواد خطرناک را در این موارد کاربردی ممنوع می سازد و اهداف بازیافتی را برای تجهیزات در پایان عمر خود پیش بینی می کند. اثرات بالقوه آتی این دستورالعملها بر روی قدرت **SOFC** و سیستم ای کنترل در زیر بیان شده است. این بحث بر مبنای اثرات شناخته شده قرار دارد و در جدول شماره ۶ مورد ارزیابی قرار گرفته است.

الف : محدودیت دستورالعمل مواد خطرناک

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

سیستم های تولید **SOFC** بزرگ که برای تولید نیروی ساکن طراحی شده اند، در طیف دستورالعمل **ROHS** قرار نمی گیرند. بنابراین، به کارگیری این دستورالعمل مورد نیاز نمی باشد و حتی استفاده از ترکیبات پذیرنده الزامی نیست. به هر حال، احتمال می رود که نیاز برای پذیرش دامنه گسترده ای از انواع محصولات باعث خواهد شد که سازندگان اجزاء مشترک از مواد **ROHS** استفاده کنند.



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

قانون	اثر شناخته شده (i)	گسترده‌گی (Mi)	احتمال (Pi)	خطر (Ri)
دستورالعمل EUP	توسعه دهندگان باید شواهد زیستی را اجرا و فراهم آورند.	۱ عبداً بر تکنولوژی تأثیر نمی گذارد، اما ممکن است باعث افزایش هزینه و بدبینی عمومی شود.	۲ یک مسئله جدید نیست، زیرا سیستم SOFC خارج از طیف قرار دارد. احتمالاً یک نیاز مستقیم در طول زمان خواهد بود.	۲
قانون EPR	توسعه دهندگان پیل سوختی مسئول بازیافت بخشی از محصول کامل خواهند بود.	۲ نیازمند فعالیت گسترش می باشند، اما می بایست امکان پذیر باشد. ناکامی در به کارگیری دارای اثری منفی بر روی تصویر تکنولوژی خواهد بود.	۲ چیز جدیدی نیست، زیرا SOFC تحت پوشش طیفی از قانون موجود قرار ندارد. احتمالاً نیازی مستقیم در طول زمان خواهد بود.	۴

جدول ۷ اثرات قانون بر محصول کامل **SOFC** که با استفاده از شیوه بر مبنای خطر ارزیابی شده است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

بنابراین وجود اجزاء غیرتابع احتمالاً باعث کاهش بالقویت آن می شود. اگرچه این را می توان به عنوان یک مزیت در نظر گرفت، اما در سیستم **SOFC** توسعه دهندگان دارای دسترسی آماده ای به اجزاء دیگر می باشند و همچنین اثرات مشخصی از این تغییر در زنجیره عرضه به چشم خواهد خورد.

در راستای رسیدن به مقتضیات دستورالعمل **ROHS** و قانون به کارگیری ملی، مواد بالقوه ای مورد نیاز خواهد بود. چنین چیزی مستلزم جایگزینی مواد خاصی می باشد که به احتمال زیاد برای کاربردهای زیادی در نظر گرفته می شوند. اگرچه تأمین کنندگان به دنبال به کارگیری استانداردهایی کلی هستند، اما امکان دارد که پیشرفتهایی در عملکرد یا قابلیت قبول آنها پدیدار شود. هر مورد قابلیت قبول در سیستم های نیرو و کنترل یک سیستم تولید نیروی **SOFC**، دارای اثرات خاصی برای کارایی بهینه تغییراتی قانونی می باشد. گمان نمی رود که احتمال وجود مسائل چشمگیر بالا باشد.

ب: دستورالعمل ائتلاف تجهیزات الکتریکی و الکترونیکی

دستورالعمل **WEEE** برای اهداف ائتلاف الکترونیکی و جایگزینی مسئولیت پذیری برای رویارویی با این اهداف اجرا می شود. افزایش در میزان اجزاء الکتریکی و الکترونیکی پس از تولید **WEEE** به روی کار آمده است و پیش بینی می شود که توسعه دهندگان **SOFC** بتوانند زیرساختار بازیافتی موجود را بهینه سازند. به هر حال، براساس قانون موجود، اجزاء موجود در سیستم های تولید نیروی ساکن در خارج از دستورالعمل **WEEE** قرار دارد. بنابراین، هر گونه لازمه ای برای رویارویی با اهداف بازیافتی برخاسته از پیشرفتهای موجود در این نوع قانون می باشد.

۴-۲-۴ اثرات آینده قانون محیطی بر تولیدات **SOFC** ساکن :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از آنجایی که اثرات قانون بر روی بخشهای فردی درون واحدهای **SOFC** ساکن وجود دارد، اثرات اضافی شناسایی شده اند که با تولید کامل بیشتر مربوط می شوند. این اثرات به طرز خاص با طراحی و مراحل نهایی چرخه زندگی محصول مرتبط است. جدول ۷ بیانگر اثراتی خاص همراه با نمرات مربوط به خطرات می باشد.

الف : انرژی مورد نیاز دستورالعمل محصولات

دستورالعمل **EUP** بیانگر شیوه ای جدید در قانون محیط است که چارچوبی را طرح ریزی می کند که از طریق آن ممکن است مقتضیاتی به کار گرفته و تنظیم شوند. طراحی زیستی به عنوان شیوه ای شناخته شده است که هدفش به حداقل رساندن اثرات محیطی محصولات از طریق تضمین چرخه زندگی کامل می باشد. این بدان معنا است که تلاشها برای به حداقل رساندن هزینه های تولید، همراه با انتخاب مواد و مدیریت اتلاف در نظر گرفته خواهند شد تا بتوان به راه حلی دست یافت که بهترین راه حل برای تکمیل چرخه زندگی محصول خواهد بود. این دستورالعمل به طرز خاص در مورد محصولاتی است که نیازمند الکتریسیته لازم برای عملکرد خود می باشند و بنابراین نیازمند کارایی الکتریکی همراه با این جنبه های چرخه زندگی خواهند بود.

دستورالعمل فعلی به سادگی بیانگر یک چارچوب است و چنین اقدامات خاصی برای شروع اجرا لازم نمی باشد. به علاوه، این طیف محدود است به محصولات پُر مشتری و شامل سیستم های تولید نیروی ساکن بزرگ نمی باشد. به هر حال، این دستورالعمل احتمالاً بیانگر پیشرفت قانون محیطی است که تأکید را از نقطه ای خاص در چرخه زندگی مآطوف ملاحظه ای کلی از اثر محصولات می نماید.

اقدامات طرح زیستی منسجم کننده در پیشرفت **SOFC**، بی شک دارای اثری مهم بر روی این تکنولوژی می باشد. به هر حال، توسعه دهندگان **SOFC** می بایست متوجه نیازهای آینده آن باشند تا چرخه زندگی را به کار اندازند و بنابراین می بایست ذخائری را برای این مسائل در نظر بگیرند. در نظر گرفتن

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

جنبه پیشرفت این تکنولوژی تشویق کننده است. ادامه این تلاشها می بایست بخشی از استراتژی کلی برای صنعت **SOFC** باشد.

ب : قانون مسئولیت تولیدکننده همیشهگی

مدیریت مسئولیت محیطی محصولات با رسیدن به انتهای چرخه زندگی خود به عنوان مسئله ای مهم در میان انواع محصولات ظاهر شده اند. ترکیبات الکتریکی و الکترونیکی قبلاً مورد بررسی قرار گرفته اند و قانونی مشابه در مورد باطری ها نیز به کار می رود. بخش نهایی شامل اهداف بازیافتی بالقوه ای برای دست یافتن براساس دستورالعمل وسایل نقلیه نهایی می باشد.

اگرچه تحت شرایط قانونی فعلی، هیچ قانونی مستقیماً در مورد سیستم های **SOFC** ساکن بزرگ وجود ندارد، این شیوه نشان می دهد که این نوع از قانون احتمالاً به نوبه خود گسترش خواهد یافت. با اهداف بازیافتی مربوط به ۸۵ درصد از محصولات، توسعه دهندگان **SOFC** می بایست سهولت رسیدن به این سطح از بازیافت در میان محصولات خود را فرا گیرند. اگرچه احتمال می رود که چندین سال از به دست آوردن اهداف کاربردی گذشته باشد، اما آسیب برای تصور این تکنولوژی ناشی از عدم اجرای آن در این زمینه است که احتمالاً چشمگیر می باشد.

۲-۵ : نتیجه گیری ها

اثرات آینده قانون تولید محیطی بر روی سیستم های تولید نیروی ساکن **SOFC**، از نظر بخشهای سیستم و توده آن و برای قدرت و سیستم کنترل شناسایی شده اند. به علاوه، اثرات مربوط به سیستم های تولید کامل شناسایی شده اند. یک سیستم نمره گذاری ساده برای شناسایی مسائل اولیه مربوط به نمرات تأثیر بالاتر مورد استفاده قرار گرفته است. اگرچه نمره های موجود در این پروژه حاوی یک درجه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

از ذهن گرایی است، اما هدف این تحقیق راهنمایی توسعه دهندگان **SOFC** به سمت برخی از خطرات بالقوه آینده می باشد که نیازمند اکتشافات خاص تری در مورد مسائل مربوط به این صنعت است. در کل، ملاحظات زیر به وجود آمده اند که بر مبنای اثرات شناخته شده با خطرات بالا پایه ریزی شده اند :

با توجه به انتخاب و تأمین مواد، دستورالعمل ریج دارای اثراتی بالقوه می باشد، مخصوصاً برای توده **SOFC**. توسعه دهندگان **SOFC** می بایست خود را با این قانون آشنا سازند تا بتوانند در طول سال به پیشرفتهایی دست یابند. در کل، محدودیتهای مربوط به مواد بالقوه (مخصوصاً اکسید نیکل) را می بایست در انتخاب مواد و فعالیتهای توسعه در نظر گرفت.

با توجه به مدیریت نهایی، افزایش تأکید بر روی کنترل قانونی خواهد بود. این قانون از پیشرفت تسهیلات جهت بازیافت اجزاء الکتریکی و الکترونیکی حمایت می کند. یک ساختار زیرین معقول برای بازیافت فلزات می بایست تسهیلاتی را برای مدیریت مؤثر اتلاف اجزاء سیستم فراهم آورد. بنابراین، توسعه دهندگان **SOFC** می بایست بر روی استراتژیهای خاص مدیریت نهایی **SOFC** تأکید داشته باشند تا بتوانند زباله را تغییر دهند و پیروی از نیازهای آینده این بخش را ادامه دهند تا بتوانند به محصول نهایی دست یابند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل سوم :

مدل مجتمع شده و کنترل توان یک

پیل سوختی PEM با یک PWM

DC/DC Converter

Integrated modeling and

control of a PEM fuel cell

power system with a PWM

DC/DC converter

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

چکیده

یک پیل سوختی سیستم قدرتی است که به عنوان یک منبع جریان بالا و منبع ولتاژ پایین تلقی می شود. برای بالا بردن ولتاژ خروجی پیل سوختی، یک **DC/DC converter** به کار گرفته می شود. از این رو این دو سیستم دینامیک های متفاوتی را نشان می دهند، آنها احتیاج دارند هماهنگ شوند تا بار را تغذیه کنند. این پروژه مدل های برای دو سیستم با کنترل های وابسته (یکسان) پیشنهاد می کند. شبیه سازی مجتمع شده بهینه سازی استراتژی کنترل توان را آسان می کند و تحلیل می کند تاثیرات مرتبط میان بار و دمای تجهیزات. به علاوه نتایج نشان می دهد که پیشنهادی می تواند دو منبع را با دینامیک ها و بازدهی را رد یک بار بهبود بخشد.

۳-۱: مقدمه

یک پیل سوختی سیستم قدرتی است که از یک سیستم پیل سوختی یک **DC/DC converter** با یک خازن و یک **Voltage – Impressed inverter** که کنترل می کند یک موتور محرک را، تشکیل شده است. یک پیل تکی ساخته شده است به وسیله لایه های مختلف توده که از صفحات دو قطبی، لایه های نفوذی گاز، کاتالیزور و غشاء (پوسته) تشکیل شده است. زمانی که اکسیژن و هیدروژن به صورت شیمیایی در کاتالیزور واکنش می دهند برق **DC** تولید می شود با گرما و آب به صورت تولیدات فرعی. (تصویر ۱) نشان می دهد که نمونه ای از یک پیل سوختی سیستم قدرت با یک **PWM DC/DC converter**، منبع ذخیره (انبار) و یک مبدل محرک برای کاربردهای سیار.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

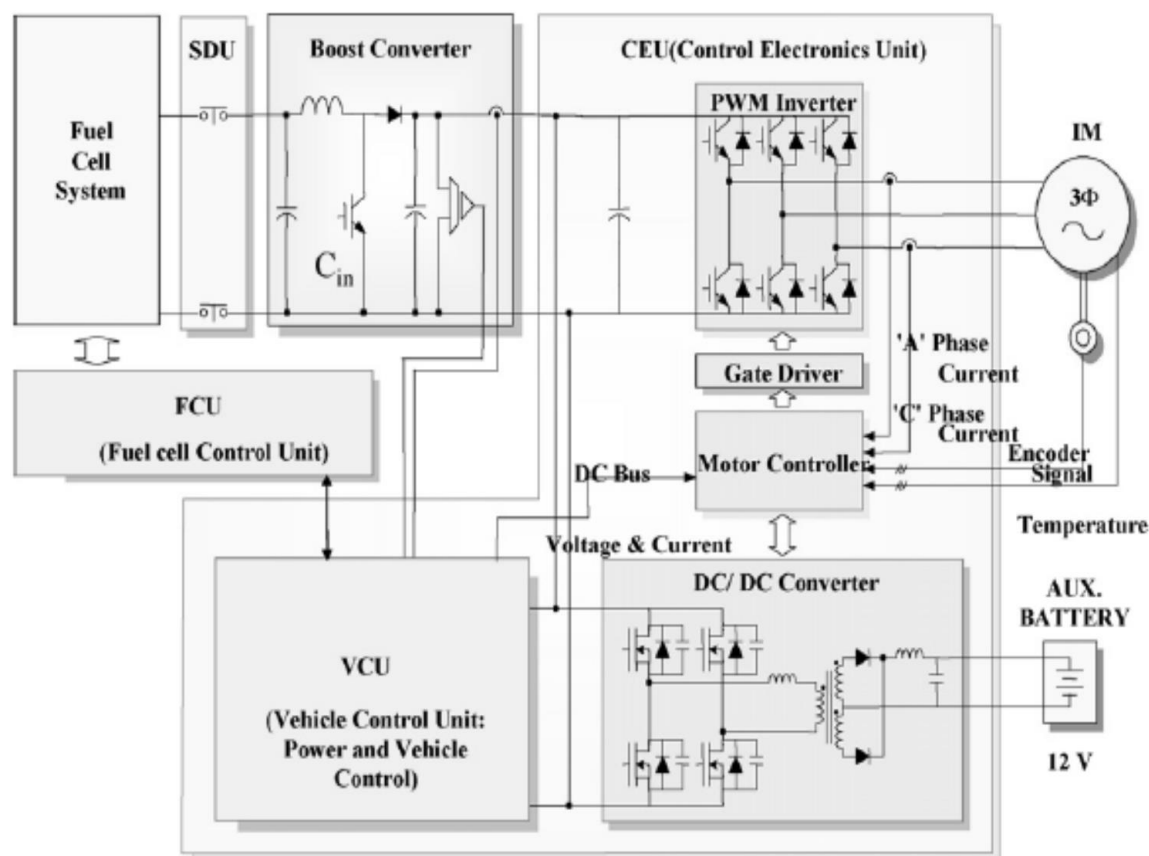


Fig. 1. Typical configuration of a PEM fuel cell powered system for automotive applications.

تصویر ۱ ساختار نمونه سیستم مجهز به پیل سوختی PEM برای استفاده در خودروسازی

ولتاژ مدار باز یک پیل تکی به صورت تئوری در حدود 1.23 v ، اما زمانی که یک بار به کار گرفته می شود مقداری از این ولتاژ بر روی بار افت پیدا می کند . افت ولتاژهای سریع خروجی توسط افزایش پتانسیل در الکترودها و غشاء ایجاد می شود . سپس بنابراین ، پیل سوختی نمونه خصوصیات یک منبع ولتاژ پایین و جریان بالا را نشان می دهد . اگر یک سیستم پیل سوختی یک موتور الکتریکی را از طریق یک *inverter* راه اندازی کند . ولتاژ خروجی پیل سوختی باید افزایش پله ای پیدا کند تا به سطح ولتاژ DC برسد که کمترین مقدار این ولتاژ خروجی مساوی با مقدار پیک ولتاژ خروجی *inverter* است . افزایش به صورت الکتریکی می تواند توسط یک مبدل *PWM DC/DC* انجام شود که در اصل ، انرژی را در یک سلف ، زمانی که سوئیچ روشن می شود ذخیره می کند و هنگامی که سوئیچ خاموش است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

انرژی سلف در یک خازن دشارژ می شود. وقتی که دوره تناوب سوئیچینگ به صورت صحیح کنترل می شود، ولتاژ پیل سوختی می تواند افزایش پیدا کند به سطح ولتاژ در خازن که می تواند در بارهای متغیر ثابت باشد [۱-۳]. بنابراین یک **DC/DC converter** یک قسمت ضروری سیستم قدرت برای تامین توان جاری شده از یک پیل سوختی به سمت ماشین الکتریکی برای ایجاد یک امنیت در کارایی و بازدهی بالاتر.

صفحه تعادل (**BOP**) قسمت کمکی (فرعی) است که سوخت ها و هوای خنک کننده را تغذیه می کند و همچنین فرآورده های فرعی را حذف می کند. **BOP** می تواند به چهار زیر سیستم تقسیم شود:

برای هیدروژن، تغذیه هوا، تغذیه آب و دفع حرارت. سیستم ارسال سوخت شامل یک تانکر برای ذخیره هیدروژن است، زمانی که اکسیژن توسط هوایی که از طریق کمپرسور یا **Blower** (دمنده) با مرطوب کننده برای حفظ رطوبت در پیل ارسال می شود. گرمای تولید شده توسط مدار خنک کننده که شامل رادیاتور، پمپ، چگالنده (**condenser**) و یک مخزن از بین می رود.

اگر فرض شود که واکنش دهنده ها به طور کامل مرطوب می شوند و میزان جریان هیدروژن تغذیه شده متناسب است با میزان جریان هوا، توان این بسته می تواند کنترل شود توسط یک نسبت جریان هوا که توسط یک دمنده هوای راه اندازی شده شده الکتریکی تامین می شود. گرمای تولید شده به وسیله **stack** (بسته) توسط یک خنک کننده در چرخش به رادیاتور داده می شود. بنابراین، این مدل برای پیل سوختی تقویت شده می تواند کاهش پیدا کند به یک بسته (استاک) شامل دمنده هوا و مدار خنک کننده و یک **DC/DC Converter**.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Nomenclature

A	area (m^2)
C	mass concentration ($kg\ m^{-3}$)
C	capacitor (F)
C_p	specific heat ($J\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
F	Faraday number
F_r	fontal area (m^2)
h	heat transfer coefficient ($W\ m^{-2}\ ^\circ C^{-1}$)
i	current density or current ($A\ cm^{-2}$ or A)
m	mass (kg)
M	molar mass ($kg\ mol^{-1}$)
n	number of cells
N	mole flux ($mol\ s^{-1}\ m^{-3}$)
N_{pl}	number of poles
P	power (W)
Q	heat transfer (J)
R_{elec}	electrical resistance (Ω)
s	entropy ($J\ mol^{-1}\ K^{-1}$)
s	balancing factor
t	thickness (m)
v, V	voltages (V)
W	mass flux ($kg\ s^{-1}\ m^{-2}$)

Superscripts, subscripts

an	anode
bl	blower
ca	cathode
cv	control volume
g	gas
i	index
membr	membrane layer
s	stator

Greek letters

ε	porosity
τ	tortuosity
η	efficiency
ϕ	flux linkage ($V\ s\ rad^{-1}$)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۲: استاک پیل سوختی PEM

اکثر مدل های پیل سوختی ، که رفتارهای فیزیکی یک پیل سوختی PEM را توصیف می کند هم به وسیله معادلات تجربی مطابقت داده شده با منحنی مشخصه قطبیت و یا هم به وسیله محاسبه دینامیک های سیال (CFD) برای به دست آوردن مقدار جرم و بار انتقال یافته . این روش اول می تواند استفاده شود برای توصیف رفتار حالت ماندگار ، اما نبود دینامیک های کامل ، که تکمیل می گردد توسط دو لایه خازنی انعکاس پیدا می کند [۶]. اگرچه ، این مدل ها فراهم نمی کنند دینامیک های کار غالب را در طول مسیرهای جریان . به عنوان مثال میزان منفذهای موجود در لایه انتشار گار (GDL) موجب می شود که قسمتی از فشار که باعث افزایش کاتالیز از طریق معادلات Butler – volmer می شود افت پیدا کند .

از طرف دیگر ، مدل های بر پایه (CFD) به طور گسترده و وسیعی برای تحلیل فیزیکی پدیده ها در یک پیل تنها ، اما محدودیت در ارائه ویژگی دینامیکی که با مولفه های BOP ترکیب شده که می تواند مورد استفاده قرار گیرد برای تحلیل یک سیستم قدرت .

بدین ترتیب یک مدل گذرای جدید مورد نیاز است . مدل ارائه شده در این پروژه بر اساس معادلات تجربی قرار گرفته و سه اثر عمده را پوشش می دهد : تعادل آب در غشاء ، دینامیک گاز در GDL ها و دمای توزیع در یک پیل که به صورت مختصر در قسمت های پایین آورده شده است .

بهبود دادن مدل برای Stack :

یک پیل توسط مدل های مجزا برای لایه ها ساخته می شود ، جایی که اضافه پتانسیل اهمی در درون غشاء ، اضافه پتانسیل فعالیتی در کاتالیزور بر روی قسمت کاتد و افزایش اضافه پتانسیل ملاحظه می

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گردد که شامل رابطه ولتاژ - جریان استاتیکی در درون سلول می شود. ولتاژ افت کرده در یک سلول وابسته است به فشار جزئی واکنشگر، دما و میزان آب غشاء.

$$v_{\text{cell}} = E(p, T) - v_{\text{act}}(p, T, i) - v_{\text{ohm}}(i, \lambda_{\text{membr}}, T) - v_{\text{conc}}(p, T, i) \quad (1)$$

$$v_{\text{stack}} = n \times v_{\text{cell}}$$

دینامیک سیستم پیل سوختی به وسیله تغییرات جریان های جرمی هوا و آب در داخل پیل سوختی و سیستم تولید هوا نتایج نشان می دهد که یک مشخصه $V-I$ نمونه پیل به تنهایی با یک رفتار گذرای اصلی که بیان می کند انتقال جرم را در سیستم انتقال هوا [۵-۸] رفتار دینامیکی توسط ۳ عامل می تواند بهبود یابد:

(۱) دینامیک آب در پوسته

(۲) افت فشار جزئی در لایه های پخش کننده گازی (GDL)

(۳) تغییرات دمایی

میزان حجم آب موجود در پوسته مشخص کننده میزان هدایت پروتون می باشد دینامیک این میزان آب با دو اثر نیروی درای تراوش الکتریکی که به خاطر اختلاف الکترومکانیکی در آند و کاتد به وجود می آید توصیف می شود. و انتشار ایجاد شده توسط گرادیان تجمع آب (شیب تغییرات - میزان تغییرات مجمع آب) در مرز دوتا.

در نظر گرفتن میزان شار جرمی هوا در مرزهای لایه های غشاء منجر به توسعه رابطه زیر می گردد [۱۱]- [۹].

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

دو اثر نیروی محرکه الکترواستاتیک توسط پتانسیل الکتروشیمیایی متفاوت در آند و کاتد و انتشار ایجاد شده توسط گرادیان غلظت آب در دو محدوده لایه قشری با توجه به جریان های تراکمی آب در محدوده های زیر رابطه زیر را گسترش می دهند .

$$\lambda_{\text{membr}} = \frac{C_{\text{H}_2\text{O, mass}}/M_{\text{H}_2\text{O}}}{(\rho_{\text{dry, membr}}/M_{\text{membr}}) - bC_{\text{H}_2\text{O, mass}}/M_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (2)$$

$$\dot{m}_{\text{water, membr}} = \frac{d(C_{\text{H}_2\text{O, mass}}A_{\text{cell}}t_{\text{membr}})}{dt} = W_{\text{ele, membr, an}} - W_{\text{ele, membr, ca}} + W_{\text{diff, membr, an}} + W_{\text{diff, membr, ca}}$$

به عبارت دیگر ، واکنش دهنده وارد شونده به پیل از طریق **GDL** قبل از رسیدن به لایه کاتالیزوری که اشکارا بر پویایی های کلی واکنش گرها اثر می گذارد منتشر می شود . این اثر انتشاری با استفاده از پیوستگی متراکم (۳) و معادله **Stefan - Maxwell** نشان داده می شود

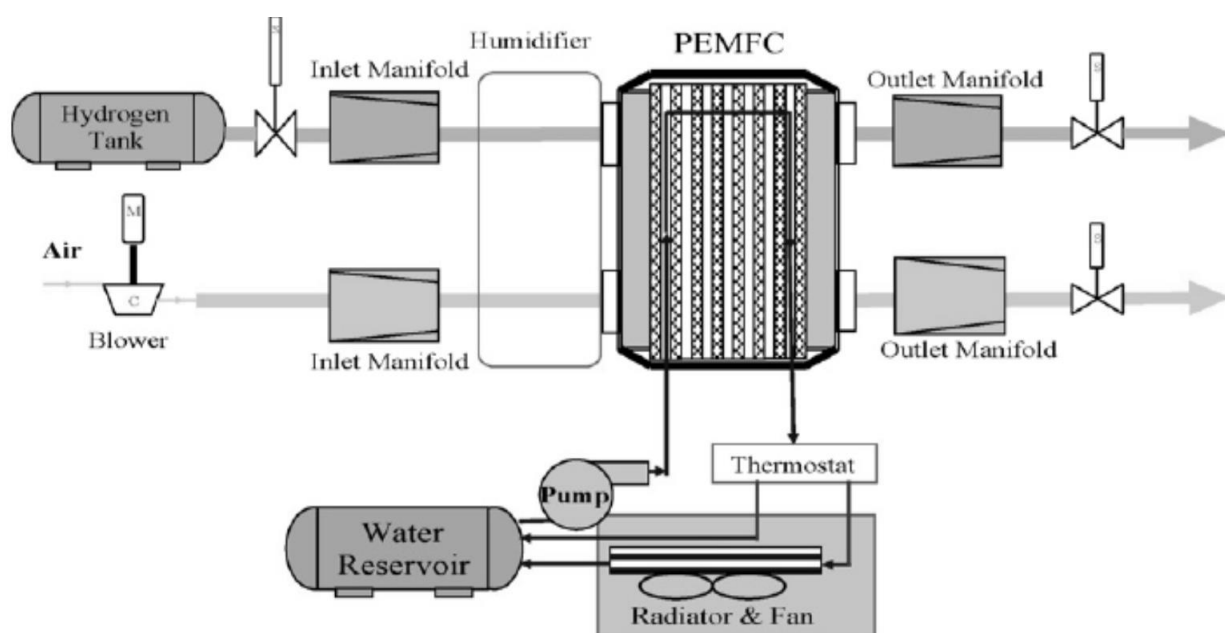
$$\frac{\varepsilon_g}{RT} \frac{\partial p_i}{\partial t} + \frac{\partial N_i}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

$$\frac{\varepsilon_g}{\tau^2} \frac{\partial p_i}{\partial y} = \sum_{k=1}^3 \frac{RT}{p_{\text{ca}} D_{ik}} (p_i N_k - p_k N_i) \quad (4)$$

بنابراین $K \in (1,3)$ هستند در صورتی که **P1** فشار نسبی اکسیژن به ترتیب فشار $p_3 , p_2 =$ **psat(T)** . نسبی بخار آب و نیتروژن هستند . ضریب انتشار **pcaDik , Dik,orin , Dik,orin(T)** شامل فشارهای کاتدی **pca** در حالی که فشارهای نسبی این گونه ها را جمع می بندد می شوند . پارامتر τ ثابتی است که منحنی **GDL** را ترسیم می کند . اگر بیل با لایه های سه بعدی سرهم شود در

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

صورتی که ویژگی های فیزیکی ایزوتروپیک و ثابت هستند سپس بر اساس معادله بقا یا پایستگی انرژی ، تغییرات کلی انرژی یک حجم کنترلی برابر مجموع انرژی که در محدوده ها و منابع انرژی برابر هستند .



تصویر ۲ نمودار کلی سیستم پیل سوختی PEM

در حقیقت ، تبادلات انرژی در محدوده ها توسط سه عامل روی می دهد :

- (a) جریان کلی برای هر حجم
- (b) گرمای هادی از طریق سلول منتقل می شود .
- (c) انتقال گرمایی هم رفت میان صفحات دو قطبی توسط خنک کننده و واکنش گر روی می دهد .

بنابراین رفتار پویایی حرارتی توسط معادله بقای انرژی در زیر می تواند تعریف شود :

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\begin{aligned} & \sum_i C_{p_i} \rho_{i, \text{mass}} A_{\text{cell}} t_{\text{cv}} \frac{dT_{\text{cv}}}{dt} \\ & = \underbrace{\sum W_{\text{in}} A_{\text{cell}} C_{p_j} (T_{\text{in}} - T_{\text{cv}})}_{\text{mass flow in}} + \underbrace{\dot{Q}_{\text{conv}} A_{\text{cell}}}_{\text{convection heat transfer}} \\ & + \underbrace{\dot{Q}_{\text{cond}} A_{\text{cell}}}_{\text{convection heat transfer}} + \underbrace{\dot{Q}_{\text{sou}}}_{\text{sources}} \end{aligned} \quad (5)$$

به عبارت دیگر، منبع انرژی درونی متشکل از اتلاف آنترپی و انرژی مورد نیاز برای پروتون برای برطرف کردن مانع با پتانسیل بیشتر در دو لایه کاتالیزوری می شود.

به علاوه منابع دیگر اتلاف اهمی هستند که از طریق انتقال الکترون ها و پروتون در پیل به وجود می آیند [۱۲]:

$$Q = iA \left(-\frac{T\Delta_s}{4F} + \eta + iA R \right)$$

تمامی مدل ها از طریق قطعات ارائه شده در **MATLAB/ Simulink** رمزگذاری شدند.

پارامتر و شبیه سازی ها:

پارامترهای و داده های منبع مدل های انتخاب شده همانطور که ادامه دارد (جدول ۱) تا حدی تجربی هستند [۴ و ۶ و ۱۲ و ۱۸]. علاوه بر این حداکثر ولتاژ و جریانی که برای این مطالعه به کار رفت به ترتیب **0.95 v** و **0.95 Acm-2** است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

Fuel cell				
n		381		
A_{FC} (cm ²)		280		
Proton conducting model				
b_{11}		0.5139		[7]
b_{12}		0.326		[7]
b_2		350		[7]
n_d		$f(C_{water})$		[7]
D_w		$f(T, C_{water})$		[7]
Gas transport model				
D_{eff} (m ² s ⁻¹)		$f(P, T)$		[5]
p_{sat}		$f(T)$		[5]
Electrochemical reaction model				
p_0 (bar)		1.0		
T_{ref} (K)		353.15		
E_{ref} (V)		1.229		[19]
$A_{cell,eff}/A_{cell}$		$f(I, T, P_{O_2})$		[19]
Thermal model				
H_{gas}		$f(P, T)$		[13]
$C_{p,gas}$		$f(P, T)$		[13]
ρ_{gas}		$f(P, T)$		[13]
F_{area} (m ²)		1		
M_{res} (kg)		5		
hA (J K ⁻¹)		16.66		
	Thickness (m)	Density (W mK ⁻¹)	Heat conductivity (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Specific heat (kg m ⁻³)
Geometrical data for layers [13]				
Coolant channel	0.002	1400	30	935
Plate	0.001	1400	52	935
Gas channel	0.001	1400	52	935
GDL	0.0004	2000	65	840
Catalyst layer	0.000065	387	0.2	770
Membrane layer	0.0001275	1967	0.21	1100

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شبه سازی چند مرحله ای برای بررسی رفتارهای استاتیک و دینامیک یک پیل مجزا هدایت شده است. رفتار استاتیک با محاسبه قطبیت نمونه ای در دماهای مختلف در تصویر ۳ و انتشار در یک جریان ثابت تجزیه و تحلیل می شود. تنها ویژگی $I-V$ در دماهای مختلف ۳۳۳ تا ۳۵۳ کلوین با یک گام ۱۰ کالری به کار گرفته می شود. به خصوص، تاثیرات در دسته ای از جریان های زیاد پیل در جایی که آب بیشتری هدایت می کند بالا است. این نتیجه از طریق تجزیه و تحلیل CFD قابل مقایسه است.

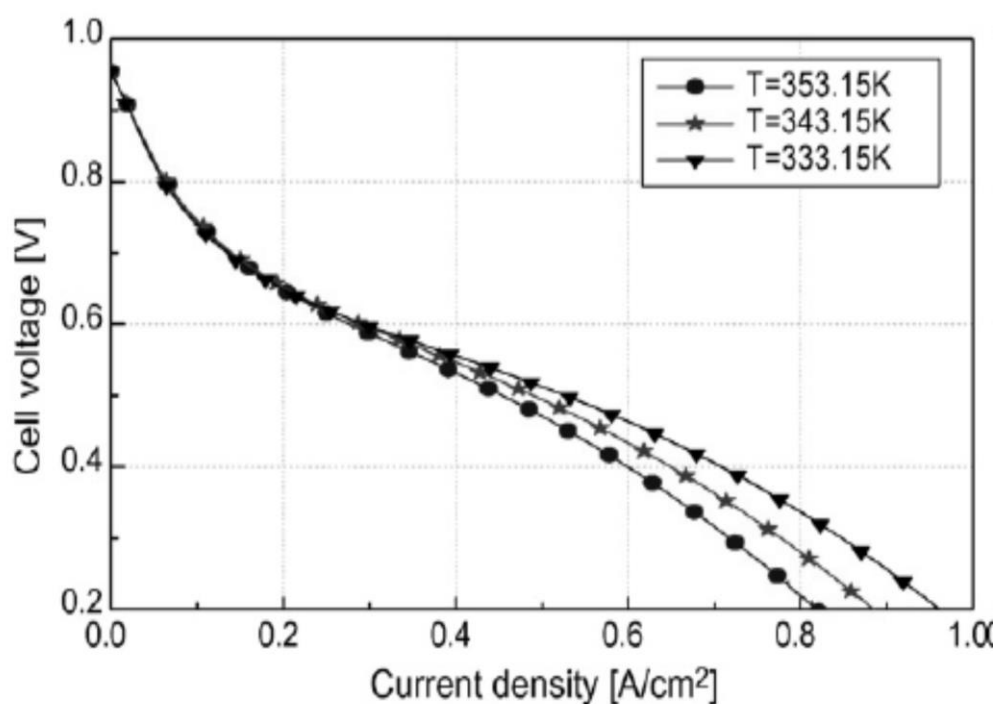


Fig. 3. $I-V$ curve for different cell working temperature cell: $p = 1.0$ bar.

تصویر ۳ منحنی آمپر - ولتاژ است برای پیل متفاوتی که در پیل دمایی در حال فعالیت است.

دما به صورت دینامیکی تغییر می کند و در نتیجه :

$Cell\ Voltage =$ ولتاژ پیل

$Current\ density =$ چگالی جریان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

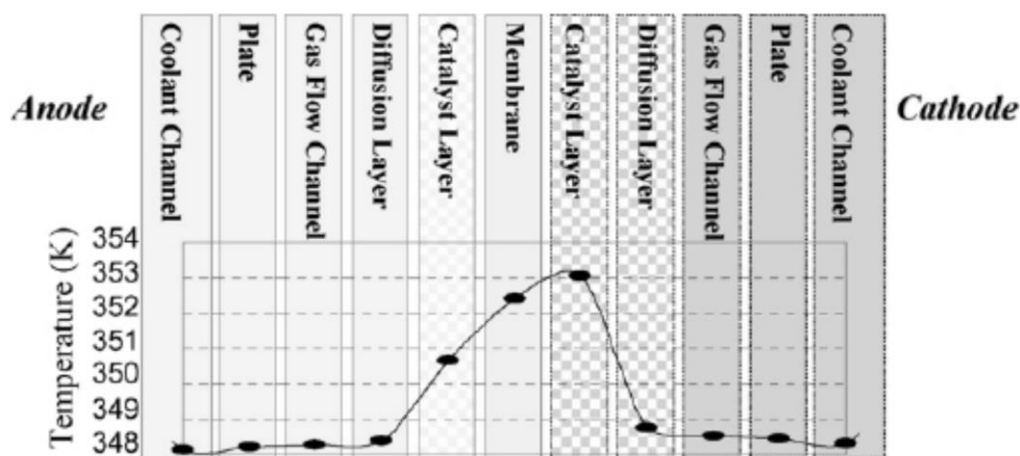


Fig. 4. Temperature distribution in the cell at 7 min after a startup (left to right: anode coolant channel to cathode coolant channel).

تصویر ۴ انتشار دما از طریق پیل را در هفت دقیقه نشان می دهد.

ولتاژ یک پیل به نظر نمی رسد در بار داده شده ثابت باشد. خصوصاً دما در کاتالیزورهای واقع بر کاتد بیشترین حداکثر را در میان دیگر کاتالیزورها به دلیل اتلاف های همراه با پتانسیل بسیار بالاتر از طرف آندی را نشان می دهد. حداکثر اختلاف دما بین کاتالیزور در سمت کاتد و کانال خنک کنند ۷ درجه کلون است.

۳-۳: سیستم تامین هوا

سیستم تامین هوا شامل یک دمنده هوا، یک مرطوب کننده لوله کشی برای خروجی و ورودی است. خروجی یک دمنده توسط یک موتور الکتریکی که به مرطوبت کننده خروجی کانال های جریان از طریق لوله ها متصل است به حرکت در می آید. در این مطالعه، مرطوبت کننده به عنوان یک سیستم عالی بدون هر دینامیک مربوط و اتلاف انرژی ساده تر می شود. دمنده هوا از طریق یک شدت دهنده به

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

حرکت در آمده توسط موتور الکتریکی ایجاد می شود. پاسخ دینامیکی پمپ از طریق نیروی موتور و پمپ هوا و نیروی گشتاوری تولید شده توسط موتور نشان داده می شود.

بنابراین نیروی گشتاور توسط موتور $\tau_{bl,m}$ عملکرد مقاومت استاتور، $R_{s,bl,m}$ و ثابت سرعت مغناطیسی $\Phi_{bl,m}$ (V_{srad-1}) و تعداد قطب ها $N_{bl,m,pl}$ از طریق ولتاژ استاتور ($V_{bl,m}$) (۸) [۱۴] است. بنابراین میزان شار (w_{bl}) از طریق ولتاژ موتور، $V_{bl,m}$ می تواند کنترل شود.

$$\frac{d\omega_{bl}}{dt} = \frac{1}{J_{bl}} \left(\tau_{bl,m} - \frac{W_{bl} \Delta p_{bl} \eta_{bl}}{\eta_{bl} \rho_{amb} \omega_{bl}} \right) \quad (7)$$

$$\tau_{bl,m} = \eta_{bl,m} \frac{3}{2} \left(\frac{N_{bl,m,pl}}{2} \right) \left(\frac{\Phi_{bl,m}}{R_{s,bl,m}} \right) \times \left[V_{bl,m} - \left(\frac{N_{bl,m,pl}}{2} \right) \Phi_{bl,m} \omega_{bl} \right] \quad (8)$$

در صورتی که w_{bl} شتاب زاویه ای، j_{bl} نیروی دورانی (kgm^2)، $\eta_{bl,m}$ بازده موتور، p_{bl} فشار (pa) و ρ_{amb} چگالی ($kg m^{-3}$) است. پارامترهای پمپ بار از داده های ساختاری و ویژگی های ارائه شده از طریق موسسه فناوری های طراحی و تجزیه و تحلیل **phoenix** (**PADT**) ارائه شده اند ناشی می شوند که شامل هم پارامترهای شاری و بازده کلی در مقابل پارامتر اصلی می شود. معادلاتی که به توضیح رفتار آن نیرو دهنده می پردازند در زیر ارائه شده اند:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$W_{bl} = \begin{cases} \omega_{bl}(-20.581(p^*)^2 - 1.4415 \times 10^{-3}p^* + 4.1333 \times 10^{-5}), & p^* \leq 9 \times 10^{-4} \text{ Pa s}^2 \text{ rad}^{-2} \\ \text{otherwise,} & \omega_{bl}(-1.7973p^* + 1.6409 \times 10^{-3}) \end{cases} \quad (9)$$

$$\eta_{bl} = -2.8831 \times 10^{13} \left(\frac{W_{bl}}{\omega_{bl}} \right)^3 + 9.5115 \times 10^8 \left(\frac{W_{bl}}{\omega_{bl}} \right)^2 + 1.3087 \times 10^4 \left(\frac{W_{bl}}{\omega_{bl}} \right) + 0.17945 \quad (10)$$

where p^* is $((p_{ca} - p_{amb})/\omega_{bl}^2)^2$.



فشارهای چند جانبه ورودی و خروجی از طریق معادله بقاء کلی معین می شود.

$$\dot{p}_{im} = \frac{\gamma R_a}{V_{im}} (W_{bl} T_{bl} - W_{im,out} T_{im}) \quad (11)$$

$$\dot{p}_{om} = \frac{R_a T_{om}}{V_{om}} (W_{ca,out} - W_{om,out}) \quad (12)$$

۳-۴: سیستم دمایی

سیستم دمایی برای گرمادایی اضافی تولید شده توسط اتلاف در توده به کار می رود. اجزای اصلی این مدار رادیاتوری برای مبادله گرما از طریق محیط و پنکه ای برای افزایش کارایی گرما توسط هم رفت و برق (تشعشع) و مخزن آبی برای ذخیره و از نظر دمایی و عایق کردن خنک کننده ها هستند. در نهایت یک پمپ برای تولید ان خنک کننده و برای منبع گرمایی به کار می رود. الگوهای این اجزاء بر

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

اساس اصل انتقال گرمایی می باشند **kronger** [۱۹]. ضریب انتقال گرمایی **hrad (kwm-2c-1)**

وافت فشار ، **Pr(kpa)** رادیاتور به عنوان میزان شار متراکم هوایی **wair (kg s-1)** :

$$h_{rad} = -1.4495 W_{air}^2 + 5.9045 W_{air} - 0.1157 \quad (13)$$

$$p_r = (326.12 W_{air} - 75.396) + 101.325 \quad (14)$$

اگر حرارت خنک کننده بدون هیچ اتلافی به طور کامل به رادیاتور منتقل شود ظرفیت حرارتی خنک کننده برابر با ظرفیت رادیاتور است. بنابراین دمای خروجی خنک کننده می تواند به عنوان عمل هندسه رادیاتور ، افت دمایی بین خروجی و ورودی و هم رفت حرارتی که توسط اختلاف دمایی میان دمای مخیط و دمای هوای خارج شونده ایجاد می شود بیان شود [۱۶].

$$T_{rad,c,out} = T_{rad,c,in} - 0.5 \left(\frac{Fr_{area}(T_{rad,c,in})h_{rad}}{W_c C_{p_c}} \right) \quad (15)$$

در صورتی که **Franea** نشان دهنده حوزه جلویی رادیاتور نشان دهنده دمای خروجی توده هوا است و نیروی الکتریکی پنکه می تواند بر طبق رابطه دینامیکی دمایی میان **Trad , c , in** فشار و میزان جریان هوا محاسبه شود [۱۲] :

$$P_{fan} = \frac{1}{\eta_{elec} \eta_{fan}} \left(W_{air} C_{p_{air}} T_{amb} p_r^{((k-1)/k)-1} \right) \quad (16)$$

در صورتی که **Pfan** نیروی الکتریکی (**w**) را نشان می دهد ، η بازه پنکه و موتور را اعمال می کند . مخزن باید از نظر دمایی بعد از اینکه مبادله گرما از طریق هم رفت در رادیاتور روی می دهد عایق شود .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تغییر دما در مخزن مجموع گرمایی که خنک کننده انتقال می دهد و گرمای مبادله شونده با محیط است. بر طبق این اساس، دمای خروجی در پایان فاصله زمانی ارائه شده می تواند توسط معادله زیر بیان شود [۱۲]:

$$T_{res,out} = T_{res,p} - \frac{\Delta t}{M_{res} C_{p_{res}}} (W_c C_{p_c} (T_{res,p} - T_{res,in}) + hA(T_{res,in} - T_{amb})) \quad (17)$$

در صورتی که به ترتیب T_{res} دمای خروجی یک مخزن در پایان یک مرحله زمانی که سبب (k) و $T_{res,p}$ ، دمای مخزن در پیش از یک مرحله زمانی بر حسب (t) و Δt فاصله زمانی بر حسب (s) M_{res} توده هم ارز خنک کننده در حجم کنترل بر حسب (kg) و hA گرمای در حال انتقال از لوله کشی به محیط $T_{res, in}$ دمای خنک کننده به مخزن بر حسب (k) هستند. پمپ خنک کننده باید خنک کننده ها را از مخزن و در همان زمان از توده به رادیاتور انتقال دهد. اگر تصور شود که تمام این انرژی تولید شده در توده به طور کامل به خنک کننده منتقل می شود بنابراین میزان جریان متراکم نک کننده از طریق رابطه آن با منبع حرارتی به اثبات می رسد:

$$W_c = \frac{\dot{Q}_{sou}}{C_{p_c} \Delta T} \quad (18)$$

۳-۵: تنظیمات میزان جریان هوا و خنک کننده

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

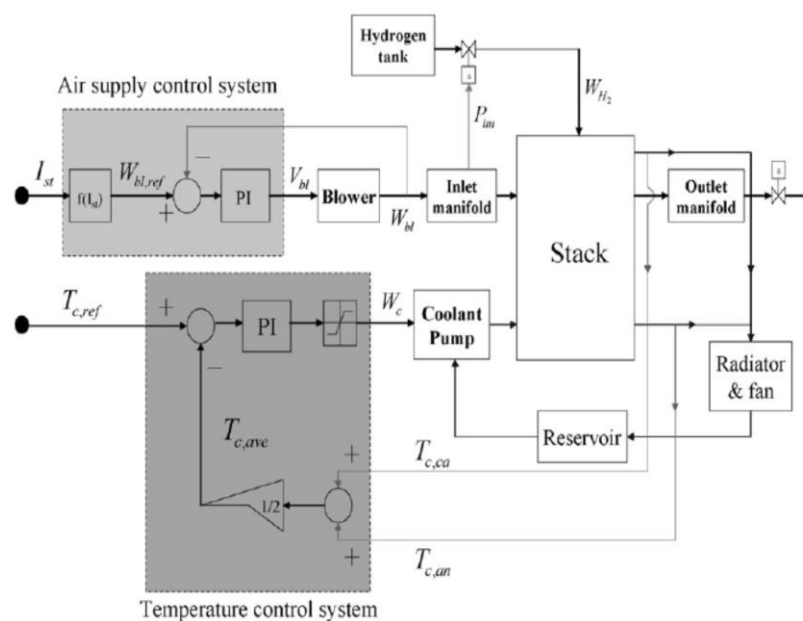


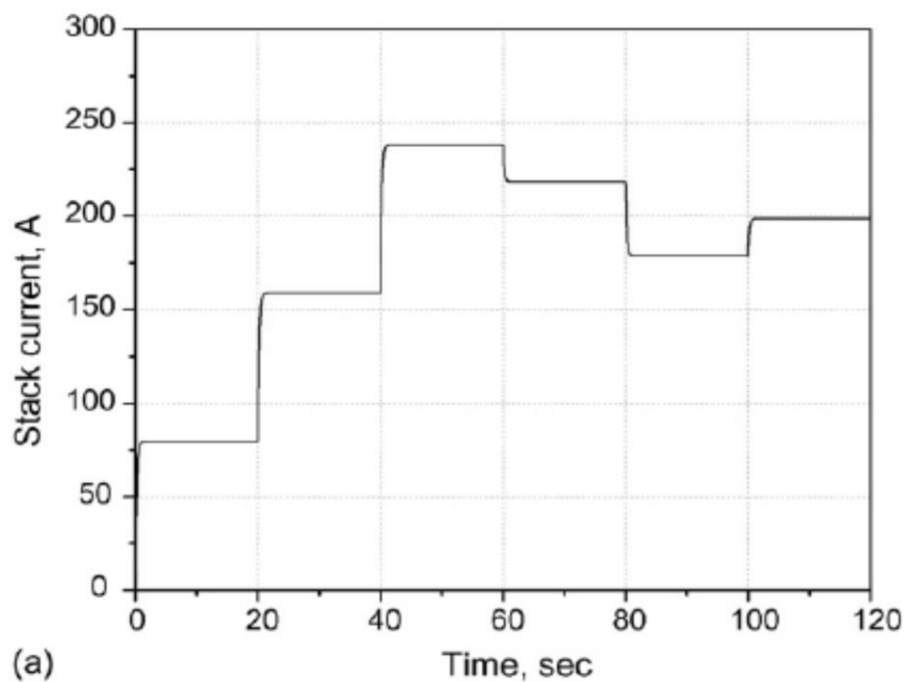
Fig. 5. Air and coolant controls.

تصویر ۵ پیکربندی سیستمی که شامل دو کنترل کننده PI تهیه ای

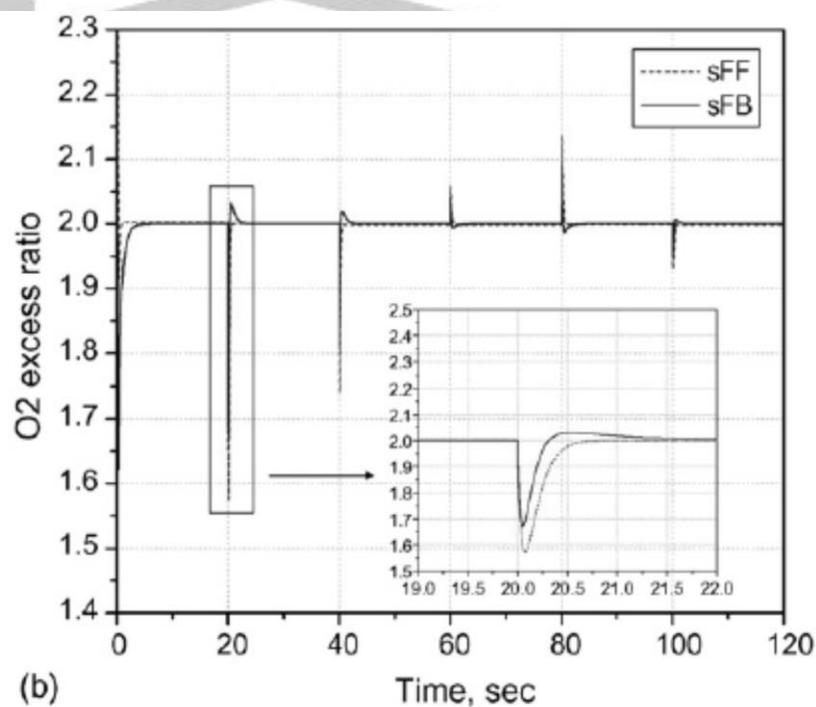
برای تنظیم میزان جریان هوا و خنک کننده می شود را نشان می دهد

Pukrushpan و همکارانش [۱۷] استراتژی های تنظیمی متفاوتی را برای سیستم تامین هوا در حفظ نسبت افزایش اکسیژن مطلوب برای پیشگیری از کمبود اکسیژن در طول تغییرات ناگهانی جریان شارژ فرض کردند. بنابراین نسبت افزایش اکسیژن وقتی که اکسیژن توسط آن سیستم تحلیل می رود تهیه می شود. دو استراتژی کنترل یکی پس خورد استاتیک (SFB) و یک پیش خورد استاتیک (SFF) در تصویر شماره ۶ اجرا و مقایسه شده اند. آن مشخص شد که SFB عملکرد بهتری را در مورد اندازه کم $starvahan$ و رفتار بازیافتی سریع اثبات می کند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



(a)



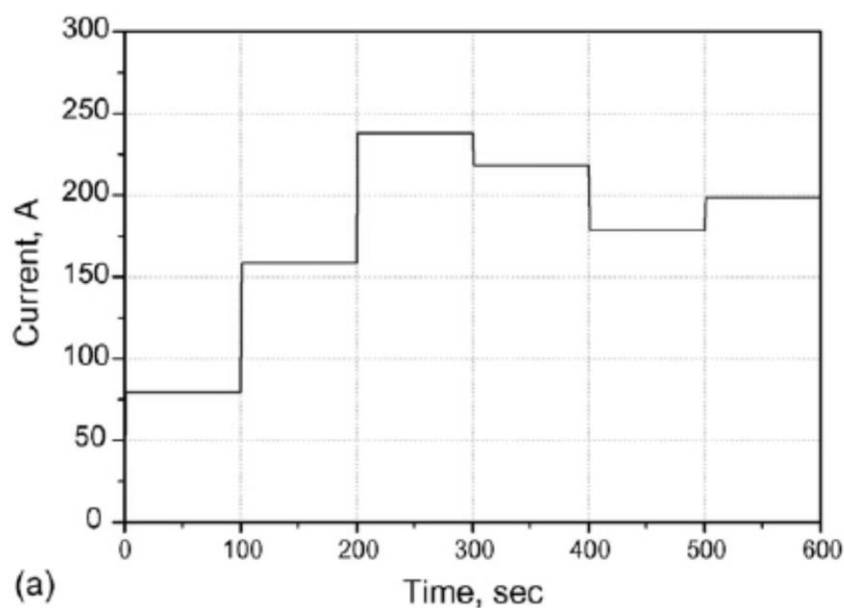
(b)

تصویر ۶ پس خورد استاتیک (SFB) و یک پیش خورد استاتیک (SFF)

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

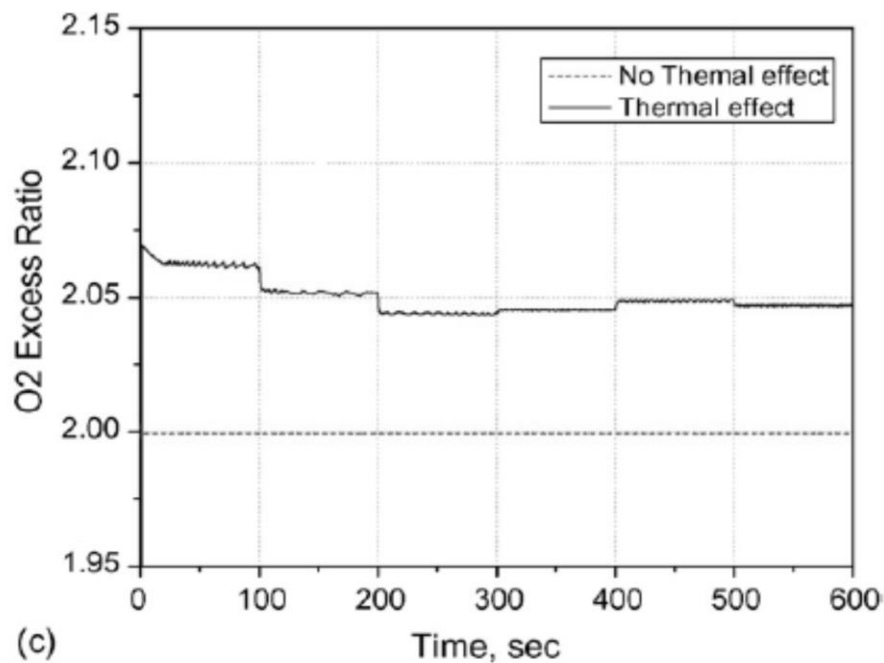
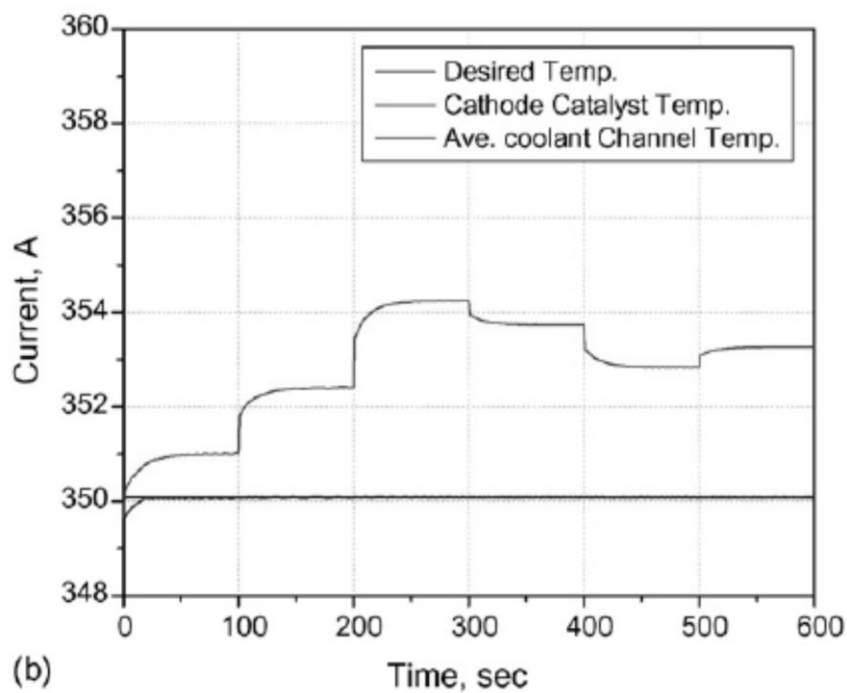
بنابراین دمای پیل در حال کار تصور می شود که ثابت باشد .

زمانی که جریان شارژ به طور ناگهانی تغییر می کند دما در توده به خصوص در کاتالیزور نشان داده شده در تصویر ۷ افزایش می یابد . به علاوه ، تصویر ۷ دمای کاتالیزور و کانال خنک کننده در صورتی که دمای خنک کننده به خوبی کنترل می شود را نشان می دهد. بر اساس تجزیه و تحلیل های انجام شده دما در کاتالیزور واقع بر جانب کاتدی ۳ تا ۸ درجه سانتیگراد بیشتر از متوسط دما یک توده وابسته به جریان شارژی است . دما در کاتالیزور قابل سنجش نیست . بنابراین دمای واقعی توده ضروری برای تنظیمات از طریق دما در سمت خارج و داخل کاتدی که متعادل شده است لازم است . دمای مبدا توده تا ۷۷ درجه سانتیگراد تنظیم می شود .



به نظر می رسد که نسبت افزایشی اکسیژن در پیل با تغییر دما افزایش یافته است که ناشی از دمای موثر بین حالت تجربی آن مدل که فرض شد می شود . دما در کانال گازی کم یا پایین است

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



تصویر ۷- (a) جریان مرحله ای (b) دمای کاتالیزوری و خنک کننده (c) نسبت دسترسی به اکسیژن.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

و این به دلیل اثر خنک سازی است. بنابراین نسبت افزایشی اکسیژن در زمانی که جریان افزایش یا کاهش می یابد به طور عکس متغیر است. در جریان افزایشی یافته گرمای بیشتری در کاتالزور تولید می شود و در نتیجه دما در هر لایه افزایش می یابد. در واقع، دمای خنک کننده برابر با مقدار معیار است. بنابراین زمانی که جریان شارژی و فشار نسبی در کانال گازی افزایش می یابد دما در کانال رو به افزایش است. در نتیجه، توده هوا کم می شود و نسبت افزایشی اکسیژن مربوط کمتر می شود. همچنین سهم افزایشی اکسیژن به مانند جریان کاهش می یابد.

DC مبدل DC :

یک ترکیب بندی نمونه ای از سیستم به حرکت درآمده پیل سوختی توسط مبدل DC/DC در تصویر یک نشان داده شده است. مبدل PWM DC/DC با استفاده از دو معادله مشخص ۱۹ و ۲۰ می تواند ترسیم شود اگر عملیات به حالت هدایت محدود شود و هیچ تلفاتی موجود نباشد. [۱۹-۲۱].

$$\frac{dv_{DC}}{dt} = \frac{1}{C}i_{cap} = \frac{1}{C}(1 - D)i_{FC} - \frac{v_{DC}}{CR_{load}} \quad (19)$$

$$\frac{di_{FC}}{dt} = \frac{1}{L}(v_{FC} - (1 - D)v_{DC}) = \frac{1}{L}(v_{FC} - v_1) \quad (20)$$

در صورتی که به ترتیب v_1 نشان دهنده ولتاژ متوسط در تغییر کمتر در طول دوره تعدیل پهنای پالس (PWM) D تغییر دادن دمنده در حال کار و v_{DC} ولتاژ خاصی مبدل است.

با وجود هیچ اتلافی در مبدل نیرو داخلی مبدل، $P_{FC} = i_{FC}v_{FC}$ با قدرت خارجی مبدل برابر است، بنابراین نتیجه جریان در خارج و خازن در ذیل آمده است: $P_{con} = i_{con}v_{DC}$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

$$i_{con} = \frac{P_{FC}}{v_{DC}} = \frac{v_{FC} i_{FC}}{v_{DC}} \quad (21)$$

$$i_{cap} = i_{con} - i_{load} \quad (22)$$

$$i_{con} = \frac{v_{FC} i_{FC}}{v_{DC}} - i_{load} \quad (23)$$

معادلات بالا سیستم خطی را با ترتیب دو متغیر فاز ولتاژ خارجی dc و v_{DC} و جریان پیل سوختی i_{FC} نشان می دهد. یک نمودار بلوکی کنترل های مبدل $PWM DC/DC$ در تصویر ۸ نشان داده شده است. در مدار بسته کنترل ولتاژ یک تنظیم کننده $Feed Forward$ برای افزایش دینامیک کنترل بر تغییر ولتاژ به کار گرفته شده است که ولتاژ مبدا را زبیه سمت مبدا تغییر (تعدیل) را تغذیه می کند.

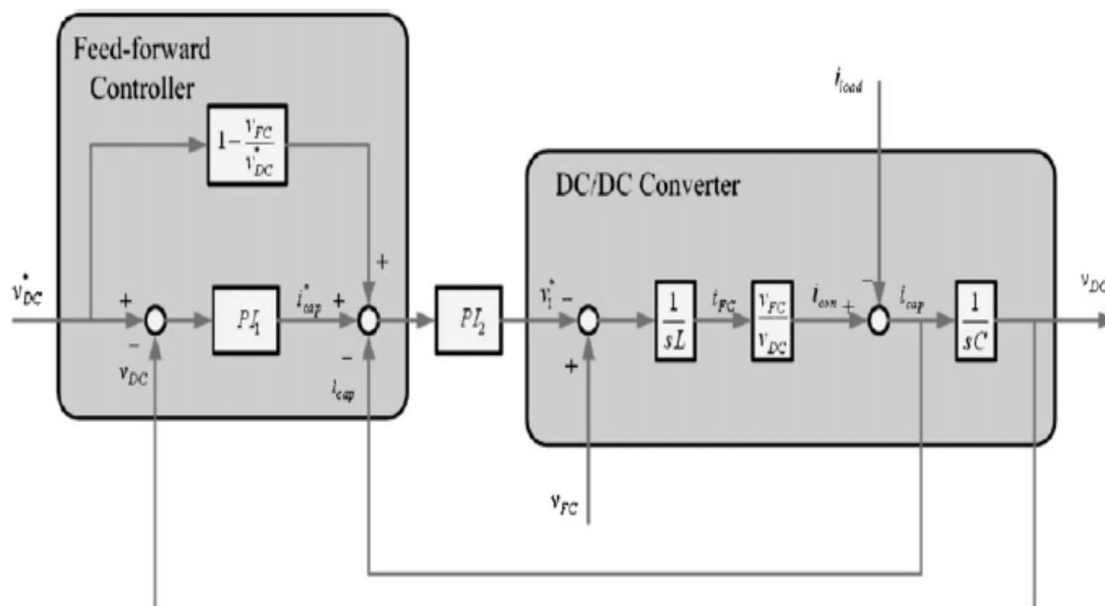


Fig. 8. Control block diagram for the PWM DC/DC converter.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه

برای مدار بسته این جریان تنظیم کننده نسبی و هماهنگ کننده (PI) استفاده می شود. متغیر کنترل این مدار بسته آن جریان موجود در خازن است که در نهایت به کنترل کامل ولتاژ DC کمک می کند. لازم است تا دینامیک جریان شارژ در صورتی که جریان خازن و جریان شارژ را رسم کند. بنابراین به جریان شارژ افزوده می شود همانطور که در تصویر ۵ نشان داده می شود. معادلات کنترلی به صورت زیر هستند:

$$v_1^* = - \left(k_{p1} + \frac{k_{i1}}{s} \right) (i_{cap}^* - i_{cap}) + v_{FC} \quad (24)$$

$$i_{cap}^* = \left(k_{p2} + \frac{k_{i2}}{s} \right) (v_{DC}^* - v_{DC}) \quad (25)$$

ضریب تقویت های مدار بسته جریان به طور خاص برای افزایش پهنای باند حلقه بسته به همان افزایش ممکن برای پاسخ به هر تغییر شارژی به طور دینامیکی طراحی شده است. به طور عکس، ضریب تقویت های مدار ولتاژی با توجه به دینامیک آهسته سیستم پیل سوختی به عنوان یک منبع طراحی می شوند. در صورتی که:

$$G(s)_{\text{closed loop}} = \frac{v_{DC}}{v_{DC}^*} \Big|_{i_{load}=0} = \frac{G_1 + G_2}{\Delta} \quad (26)$$

$$\Delta = LCs^4 + K_{p2}C(1-D)s^3 + (K_{p1}K_{p2} + K_{i2}C)(1-D)s^2 + (K_{p1}K_{i2} + K_{p2}K_{i1})(1-D)s + K_{i1}K_{i2}(1-D),$$

$$G_1 = K_{p2}K_{p2}(1-D)s^2 + (1-D)(K_{p1}K_{i2} + K_{p2}K_{i1})s + K_{i1}K_{i2}(1-D),$$

$$G_2 = D(1-D)K_{p2}s^2 + D(1-D)K_{i2}s.$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۶: کنترل توان سیستم پیل سوختی **PEM** توسط مبدا **DC/DC**

هدف از کنترل جریان به طور دقیق فراهم کردن توان مورد نیاز از شارژر است بدین سان که با افزایش بازدهی کلی سیستم و در همان زمان سطح ولتاژ **DC** را در خازن که نباید عملکرد سیستم محرک موتوری تنزل دهد. به عبارت دیگر، دو منبع انرژی وجود دارند که در دسترس هستند که می توانند برای عمل کردن به طور موثر ترکیب شوند. توان کلی که می تواند این سیستم فراهم کند مجموع انرژی ذخیره شده در خازن **DC** و توان تولید شده از طریق توده مورد نظر که می تواند در زیر بیان شود است.

اگر نسبت دو نیرو در زمانی که یک متغیر جدیدی مانند **S** وجود دارد تعیین می شود سپس:

$$\begin{aligned} P_{\text{total}}(t) &= P_{\text{FC}}(t) + P_{\text{DC}}(t) = sP_{\text{DC}}(t) + P_{\text{DC}}(t) \\ &= (s + 1)P_{\text{DC}}(t) \end{aligned} \quad (27)$$

مقدار متغیر **s**، **Factor responsible** برای مجزا کردن توان بین پیل سوختی و خازنی را که می تواند بر طبق کارآمدی و توان تهیه شده از طریق خازن تنظیم شود را نشان می دهد. زمانی که مشتق ولتاژ **DC** منفی است خازن نیاز دارد تا از طریق توده شارژر شود. از جهات دیگر، خازن تنها قادر است تا مقدار معینی از توان را برای آن بار تامین کند. سپس توان مبدا توده پیل سوختی توسط مقدار جدیدی از آن متغیر **S**، که توسط یک طرح بازدهی توده ذخیره شده تعیین می شود، اصلاح شود. بنابراین منبع جدیدی از جریان توده، **I*FC** با تقسیم توان **DC** و ولتاژ خارجی توده تولید می شود که به صورت زیر بیان می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$P_{DC}^* = (sx(t) + s(x(t) - 1))P_{DC}$$

$$x(t) = \begin{cases} 0 : \frac{v_{DC}}{dt} < 0 \\ 1 : \frac{v_{DC}}{dt} > 0 \end{cases} \quad (28)$$

$$I_{FC}^* = \frac{(1 + s(t))P_{DC}^*}{V_{FC}} \quad (29)$$

۳-۷: ادغام و شبیه سازی

ادغام این سیستم توان بر سیستم زمان حقیقی برای کاهش زمان محاسبه شده منتقل می شود. سیستم پیل سوختی از طریق بلوک کنترل منبع ولتاژی در صورتی که جریان در اندوکتانس به جریان مرجع استاک که میزان جریان هوا را ایجاد می کند مرتبط می شود. سپس از آن ولتاژ خارجی توده بر طبق دینامیک های تعیین شده اصلاح می شود. ولتاژ خارجی و برق استاک در حین عملیات تقریباً ۲۵۰ ولت قدرت دارد. مدل های توسعه داده شده با بسته نرم افزار **MATLAB/Simulink/Simpower** تکمیل می شوند. پارامترهای به کار رفته برای شبیه سازی در جدول شماره ۲ خلاصه می شود.

Table 2

Simulation parameters for the DC/DC converter

Switching frequency (kHz)	20	IGBT forward voltage (V)	1
V_{DC} (V)	500	IGBT off current tail time (s)	4×10^{-6}
C (μ F)	1500	IGBT on (s)	0.017
C_{in} (μ F)	350	Diode on (Ω)	0.015
L (μ H)	240	Diode forward voltage (V)	0.8
R_{load} (Ω)	6.25-62.5	Calculation step size (s)	1×10^{-6}

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

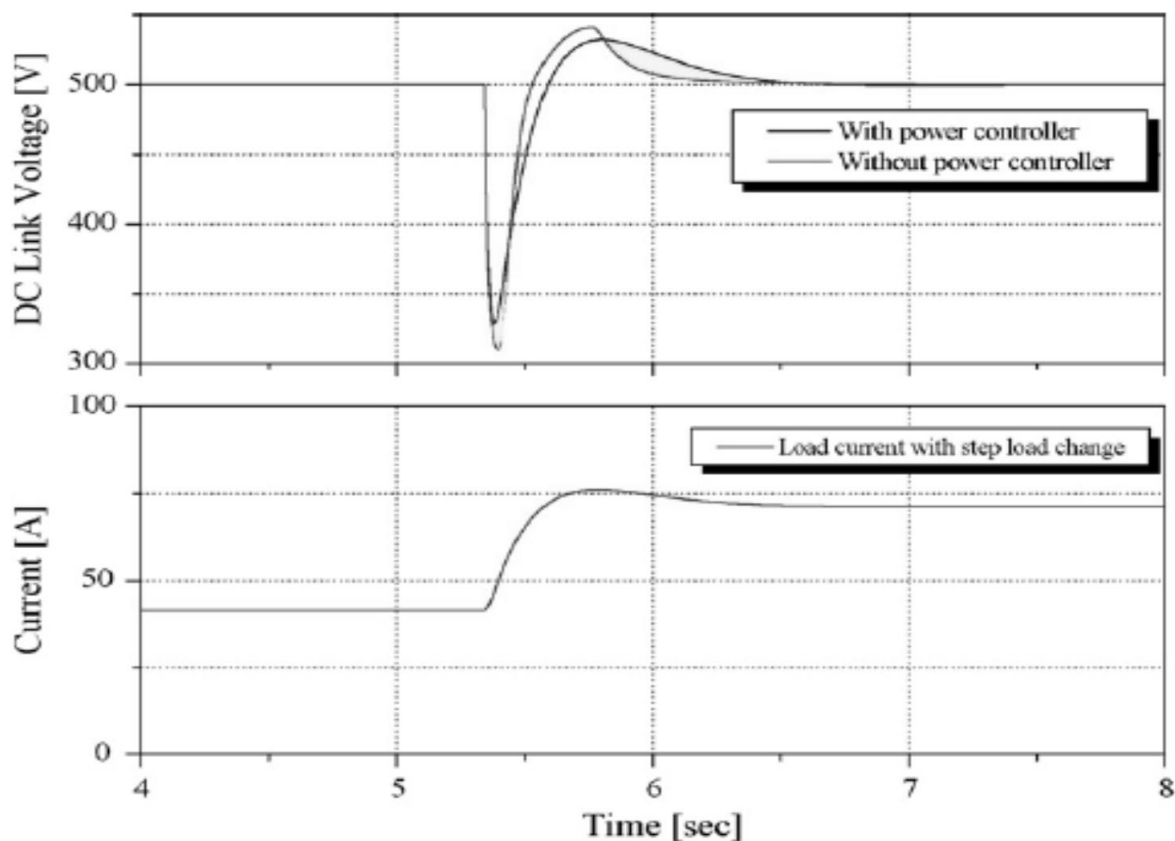


Fig. 9. DC voltage with the power control.

تصویر ۹ تاثیرات نیروی کنترل توان را در زمانی که جریان شارژی به طور دینامیکی از ۴۰ تا ۷۰ آمپر تغییر می کند را ثابت می کند. مناطق زرد مشارکت انرژی ذخیره شده در خازن ها را نشان می دهد.

هنگامی که یک شارژ انجام شود ولتاژ در افت های خازن و آن توده به سرعت برای پر کردن مجدد فاصله ولتاژ با تامین آن جریان حساسیت نشان می دهد. در همان زمان، خازن در حال شارژ شدن است و ولتاژ در خازن افزایش می یابد. سپس تامین توان از توده برای عملی کردن توده به طور موثر از طریق انرژی ذخیره شده در آن ظرفیت کاهش می یابد. مکانیزم های جابجایی تا زمانی که ولتاژ به حالت ثابت دستگاہ برسد تکرار می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تصویر ۱۰ نتایج شبیه سازی شده آن جریان ، ولتاژ ، نسبت افزایشی اکسیژن و دما را در کاتالیزورهای کاتدی به همان نسبت کانال جریان گازی استاک پیل سوختی نشان می دهد . زمانی که یک جریان مرحله ای مانند به اجرا گذاشته می شود آن جریان و ولتاژ توده از تغییرات شارژی همرا با ثابت زمانی تعیین شده توسط سیستم تامین هوا متابعت می کنند . وقتی آن کنترل کننده جدید برق به کار گرفته می شود مقادیر مرجع جریان توده و ولتاژ به طور دینامیکی تغییر می کنند و در نتیجه نسبت افزایشی اکسیژن نیز به همان نسبت تغییر می کند . بنابراین معلوم می شود که افزایش دما در کاتالیزورها در طول انتقال به طور آشکاری کمتر از آن یکی بدون کنترل کننده برق که تلفات کاهش یافته رادر پیل نشان می دهد می شود . در همین زمان دما در کانال جریان گازی حتی در شارژ افزایش یافته کمتر می شود .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

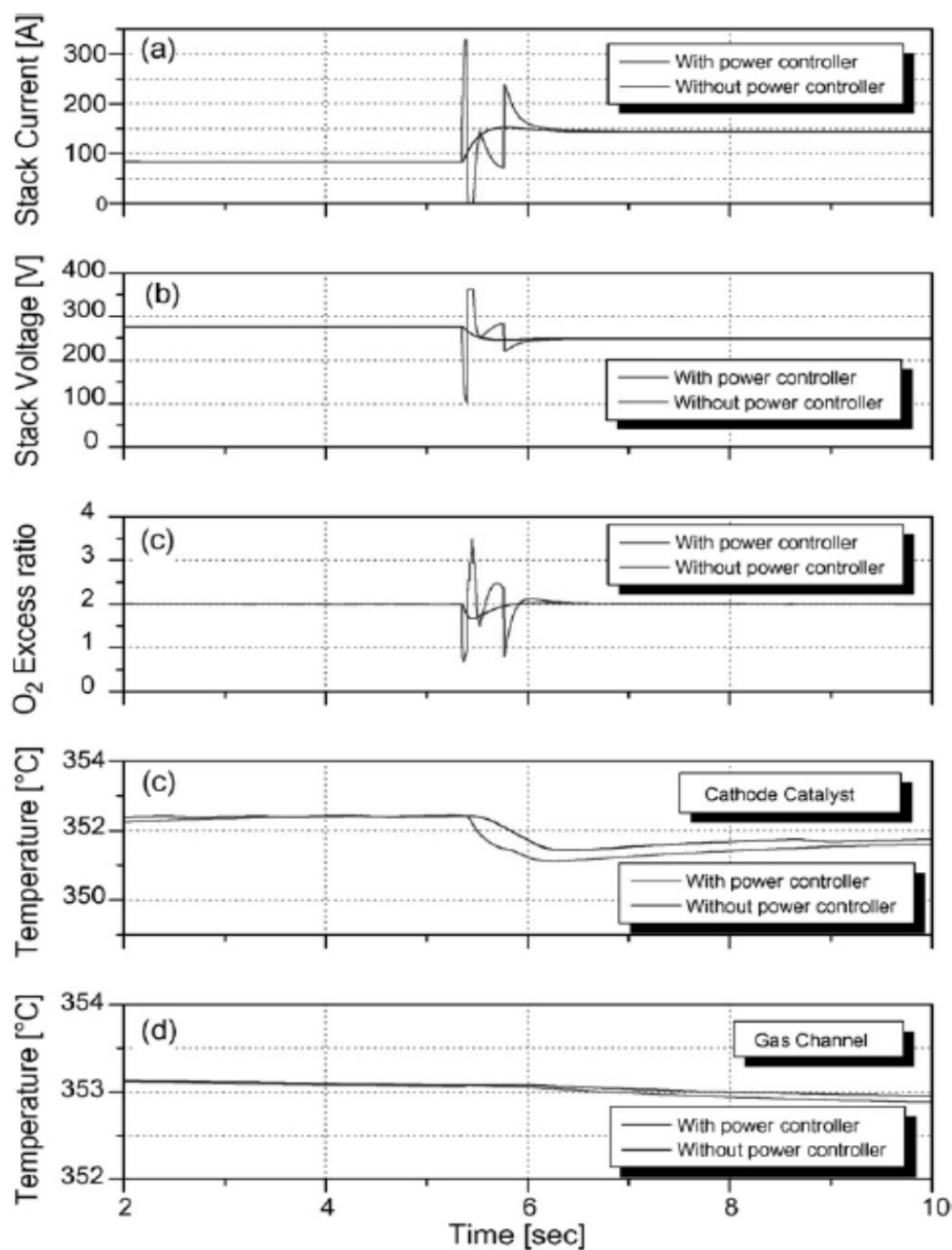


Fig. 10. Dynamic response of the fuel cell power system at a step load with the power control.

تصویر ۱۰ نتایج شبیه سازی شده آن جریان ، ولتاژ ، نسبت افزایشی اکسیژن و دما را در کاتالیزورهای

کاتدی به همان نسبت کانال جریان گازی استاک پیل سوختی نشان می دهد

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۸ : نتیجه

این تحقیق نشان می دهد که سعی داشته تا مدل های سازنده ای از سیستم توان پیل سوختی که شامل یک توده سیستم تامین هوا ، گردش دمایی **PWM DC/DC** به همان نسبت استراتژی های کنترلی مربوط می شود . این ادغام تنوعی از امکاناتی را برای بررسی طراحی پارامترهای یک سیستم توان پیل سوختی به خصوص برای مشاهده ویژگی واقعی سیستم پیل سوختی همراه با سیستم تامین هوا و تنظیمات مربوطه نشان می دهد .

مختصری از یافته های جدید موارد زیر می شود :

- مدل دینامیکی توده که اخیراً برای کنترل سیستم توان به کار رفت می تواند با اضافه کردن متعادل آب در قشر آن ، تاثیر انتشار در اثرات **GDL** و دما گسترده شود .
- نسبت افزایشی اکسیژن به طور معکوس توسط منظره شارژ به دلیل تغییر فشار نسبی در کانال گازی تحت تاثیر قرار می گیرد .
- دینامیک و راندمان می تواند افزایش یابد که انرژی ذخیره شده در خازن برای تغییر مستمر عملیات نقطه توده به یک منطقه موثرتر استفاده شود .
- شبیه سازی زمان واقعی با توده پیل سوختی و مبدل **DC/DC** کاهش در زمان محاسبه ای در دو ترتیب مغناطیسی قادر می سازد که روش جدیدی برای تکمیل سیستم برقی اتومبیلی فراهم می کند و تاثیرات در حال واکنش را بین شارژ و اجزای خاص یک پیل تجزیه و تحلیل می کند .

کار و فعالیت آینده شامل موارد زیر خواهد شد:

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- (۱) ادغام یک مقدار خط فرعی در گردش دمایی
- (۲) گسترش کنترل دمایی برای کاهش موثر افزایش دمایی در آن کاتالیزور
- (۳) تعدیل تاثیر دمایی بر نسبت افزایشی اکسیژن
- (۴) مدیریت برق افزایش یافته در حال محاسبه دینامیک و راندمان پیل سوختی هستند .



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

فصل چهارم :

مدل سازی پیل سوختی اکسید جامد

Solid Oxide Fuel cell Modeling



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۴-۱ : خلاصه

این پروژه درباره مدل سازی از یک پیل سوختی اکسید جامد با توجه به ۲ روش مدل سازی گسترده و فشرده صحبت می کند

به طور خاص ، تمرکز این پروژه بر روی توسعه یک مدل پارامتر فشرده از لحاظ محاسبات برای کنترل و تقلید و دنباله روی در هر لحظه از زمان . عملکرد این مدل مقایسه می شود با مدل گسترده به همراه جزئیات و نتایج تجربی به دست آمده . روابط پایه ای و اساسی که بیانگر یک پیل سوختی می باشند در هر دو روش استفاده شده اند . به هر حال ، فشار حاصل از مواد اطراف (سوخت ، هوا و آب) در مدل گسترده فرض می شود که در طول پیل سوختی پخش می شود . روش مدل سازی فشرده از این فشار حاصل از مواد گوناگون در نقطه خروج پیل سوختی استفاده می کند . این فشار بخش های گوناگون با یک مدار معادل **RC** در مدل فشرده معرفی می شود .

پیل سوختی اکسید جامد (**SOFC**) انرژی شیمیایی را به انرژی الکتریکی در دمای بالا (۸۰۰-۱۰۰۰) درجه سانتیگراد تبدیل می کند در مقابل یک پیل سوختی **PEM** که در یک دمای پایین تر (۸۰-۱۰۰) کار می کند . **SOFC** یک تکنولوژی امیدبخش برای تولید توان توزیع شده با بازدهی بالا و بدون هیچگونه قطعه متحرکی می باشد . مدل استاتیک و گذرای یک **SOFC** ، که اثرات الکترومکانیکی ، گرمایی و بخش جرم را در بر می گیرد در مرجع ۱ نشان داده شده است . در مراجع ۲ و ۴ مدل های دینامیکی از **SOFC** ها برای تحلیل عملکرد سیستم قدرت و پیل های سوختی ایجاد گشته اند .

یک مدل جامع تر ریاضیاتی از یک **SOFC** در مرجع ۵ ذکر آن شده است . این مدل پارامترهایی برای مدل **SOFC** با ساختار بسیار ریز کاتری را تخمین می زند - مانند اندازه ذرات و کامپیوزیت ها . یک مدل درون بعد در مرجع ۷ نشان داده شده است که محدودین فرضیات تجربی به دست آمده در عمل و اندازه گیری های پردازش فیزیکی را نمایان می سازد - معادله آنالیز بالتر - والومر برای تقریب زد تلف

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شدن فعالیت ها و حرکت های ایجاد شده در مدل های **SOFC** در مرجع ۷ نشان داده شده است. این پروژه ها شامل یک تحلیل به همراه جزئیات برای تمام تلفات موجود در یک پیل سوختی نمی باشند. یک مدل دینامیکی از پیل سوختی که از یک روش مشابه برای رسیدن به آن چه که در مرجع ۲ آمده استفاده می کند در مرجع ۸ بیان گشته است. مرجع ۹ بر روی تاثیر تلفات پلاریزه کردن برای **SOFC** در به دست آوردن انواع پارامترهای سلولی خاص مانند هندسه سلول می باشد. یک مدل دینامیکی برای **SOFC** در جایی که یک سلول تنها به حجم های کوچکتر کنترل پذیر تقسیم می گردد (**CV**ها) در مرجع ۱۰ نشان داده شده است. که این مدل یک مدل به همراه جزئیات که تاثیرات انتقال جرم / گرما را با هم و واکنش های الکترومکانیکی را در هر **CV** نشان می دهد، ارائه می دهد.

تحلیلی با جزئیات بیشتر از ارتباط یک پیل سوختی به یک شبکه در مراجع ۱۱ و ۱۵ ارائه شده است. مراجع ۱۱ و ۱۴ بر روی الگوریتم های طراحی و کنترل سیستم وضعیت قدرت به تنهایی تمرکز کرده اند. مرجع ۱۵ یک مدل پیل سوختی بر اساس معادلات تجربی ناشی شده از داده های تجربی از یک پیل سوختی واقعی را در بر می گیرد.

با این وجود، پیچیدگی ها و زمان محاسبه مرتبط با این مدل ها به عنوان معایب آنها را در کاربرد کنترلی به صورت لحظه ای می باشند. این پروژه بنابراین بر روی یک روش مدل سازی فشرده با استفاده از مولفه های الکتریکی در **P-Spice** و / یا شبیه سازی های **MATLAB** برای کاربردهای لحظه ای می باشد و برای تخمین پارامترهای سلول مربوطه. همچنین مطالعه میزان عملکرد و قابلیت اعتماد **SOFC** تحت نرخ های جریان متفاوت و شرایط بار گوناگون را میسر می سازد.

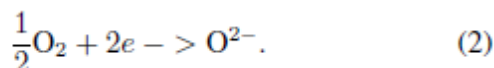
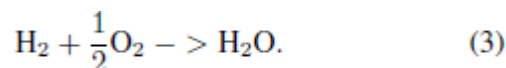
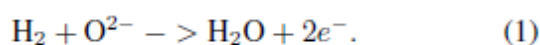
علاوه بر این مدل سازی، تاثیرات غلظت های محصول و غلظت های واکنش، تلفات پلاریزاسیون و تاثیرات مقاومت های داخلی را نیز در بر می گیرد. نتایج شبیه سازی حالت پایدار در مدل **SOFC** با داده های به دست آمده در عمل به منظور صحت این روش مقایسه می شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این پروژه به صورت زیر بخش بندی شده است. بخش ۲ به عنوان مطالعه پیش زمینه در زمینه بهره برداری از پیل سوختی می باشد، به طور خاص **SOFC**، به دنبال ۲ روش مدل سازی. یک مدل توزیع که در برگیرنده محاسبات با جزئیات از همه پدیده ها و یک مدل فشرده که از مولفه های الکتریکی استفاده می کند در بخش ۳ مطرح شده است. نتایج شبیه سازی و داده های تجربی در بخش ۴ نشان داده شده است. سرانجام، بخش ۵ نیز در مورد نتایج صحبت می کند.

۴-۲: عملکرد **SOFC**

یک پیل سوختی (**SOFC**) انرژی الکتریکی را به طور پیوسته از تبدیل انرژی شیمیایی داخل سلول به انرژی الکتریکی از طریق یک واکنش الکترومکانیکی تولید می کند و در خود پیل سوختی هیچ گونه قطعه متحرکی وجود ندارد که باعث می شود که پیل سوختی آرام و قابل اعتماد باشد. پیل های سوختی عموماً از هیدروژن استفاده می کنند به عنوان سوخت و اکسیژن (معمولاً از طریق هوا) به عنوان اکسیدان در واکنش الکترومکانیکی - که در نهایت باعث تولید الکتریسیته به همراه آب و گرما می شود. این سیستم دارای بازدهی بالا در مقایسه با موتورهای احتراقی سنتی می باشد به این خاطر که توسط چرخه کارنو محدود نمی شود. واکنش های الکترومکانیکی که در پیل سوختی صورت می گیرد و از سوخت (هیدروژن) و هوا (اکسیژن) استفاده می کنند به صورت زیر می باشند:



ولتاژ پیل سوختی:

ولتاژ خروجی **VFC** برای **SOFC** به صورت زیر می باشد:

$$V_{fc} = E - V_{act} - V_{con} - V_{ohmic} \quad (4)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در جایی که E مبین ولتاژ معکوس ، V_{act} تلفات ناشی از فعالیت سلول ، V_{con} تلفات غلظت و V_{ohmic} تلفات اهمی می باشد .

(۱) ولتاژ معکوس :

ولتاژ معکوس همان ولتاژ مدار باز پیل سوختی اکسید جامد در زمانی که چگالی جریان برابر صفر می باشد .

$$E = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \left(\frac{P_{H_2} * P_{O_2}^{0.5}}{P_{H_2O}} \right) \quad (5)$$

در جایی که $E_0 = 1/1(v)$ برابر پتانسیل استاندارد ، $R = 8/314$ ثابت جهانی گازها ، T دمای عملکرد سلول بر حسب درجه کلون ، $F = 96486$ ثابت فارادی و P_{H_2} فشار بخش هیدروژن و P_{H_2O} فشار بخش آب می باشد و P_{O_2} فشار بخش اکسیژن می باشد .

$$I_{fc} = I_0 \left(e^{(\alpha_1 n F / RT) V_{act}} - e^{(-\alpha_2 n F / RT) V_{act}} \right) \quad (6)$$

(۲) تلفات ولتاژ فعالیت (واکنش) :

واکنش های شیمیایی ، شامل واکنش های الکتروشیمیایی ، که باید بر حامل های انرژی غلبه کند ، "انرژی فعال سازی" نامیده می شود برای این که واکنش صورت گیرد . این امر منجر می شود فعالیت پلاریزاسیون تلفات فعال سازی از طریق معادله والمر - تابلر به دست می آید .
در جایی که ۱ برابر نرخ تبادل ، α_i ضریب انتقال بار ، $n=2$ تعداد مول های الکترون های منتقل شده می باشد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

(۳) تلفات ولتاژ غلظت :

این تلفات به خاطر مقاومت انتقال مواد در اثر جریان واکنش گرما و محصولات از طریق الکترودهای متخلخل صورت می گیرد. ولتاژ غلظت و تلفات آن به صورت زیر محاسبه می شود.

$$V_{\text{con}} = \frac{RT}{nF} \ln \left(\frac{C_b}{C_{\infty}} \right) \quad (7)$$

در جایی که C_b برابر میزان غلظت مرز فاز ۳ گانه یعنی جایی که گاز، الکترولیت و الکتروود با هم برخورد می کنند.

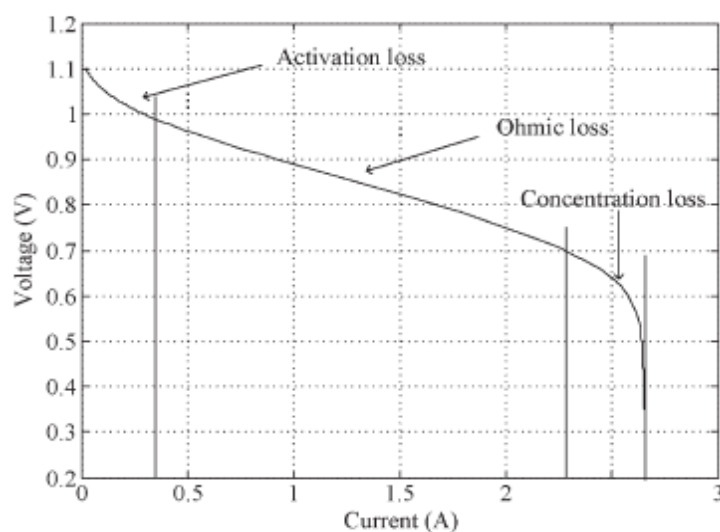
C_{∞} حجم عمده غلظت واکنش گرما می باشد و n تعداد مول های الکترون شرکت کننده در واکنش می باشد.

(۴) تلفات ولتاژ اهمی :

تلفات اهمی اتفاق می افتد به خاطر وجود مقاومت در جریان یون ها به الکترولیت و مقاومت موجود در جریان الکترون ها از طریق الکتروودها می باشد. این مقاومت ذاتی یک پیل سوختی به خاطر تغییرات در دمای سلول ایجاد می شود با رابطه زیر :

$$V_{\text{ohmic}} = \left(\gamma \exp \left[\beta \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right) \right] \right) I_{\text{fc}} = r I_{\text{fc}} \quad (8)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



تصویر ۱ یک منحنی پلاریزاسیون $V-I$ شبیه سازی شده را برای یک پیل سوختی نشان می دهد

در جایی که T بیانگر دمای پیل سوختی ،

باشند و r مقاومت داخلی $SOFC$ می باشد .

تصویر ۱ یک منحنی پلاریزاسیون $V-I$ شبیه سازی شده را نشان می دهد برای یک پیل سوختی . از آن جایی که جریان سلولی از صفر شروع به افزایش می کند ، یک افت لحظه ای در ولتاژ خروجی پیل سوختی مشاهده می شود . این افت ایجاد شده در اثر تلفات ولتاژ فعال سازی می باشد . بنابراین تقریباً همیشه یک کاهش خطی از ولتاژ سلول در هنگام افزایش جریان سلول در بازه مشخص مشاهده می شود که در شمل ۱ مشخص شده است ، که نتیجه همان تلفات اهمی می باشد . سرانجام ، ولتاژ سلولی به صورت تند به صفر سقوط می کند وقتی که جریان به حداکثر چگالی خودش برسد این افت سریع ولتاژ تاثیر تلفات غلظت در پیل سوختی می باشد .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

نگهداری از نرخ پخش مواد :

عملکرد پیل سوختی وابسته است به واکنش های الکترومکانیکی که در tpb رخ می دهد . رابطه آن به صورت زیر می باشد :

$$\frac{V}{RT} \frac{dP}{dt} = N_x^{in} - N_x^o - N_x^r \quad (9)$$

در جایی که v برابر با حجم الکتروود پیل سوختی می باشد . vin نرخ جریان مول ورودی می باشد و N^o نرخ جریان مول خروجی و p هم برابر با فشار جزئی و x هم مواد مختلف می باشد . الکتریسیته تولید شده از واکنش الکترومکانیکی در داخل پیل سوختی توسط رابطه زیر به دست می آید :

$$I_{fc}^r = \frac{4FN_x^r}{n} \quad (10)$$

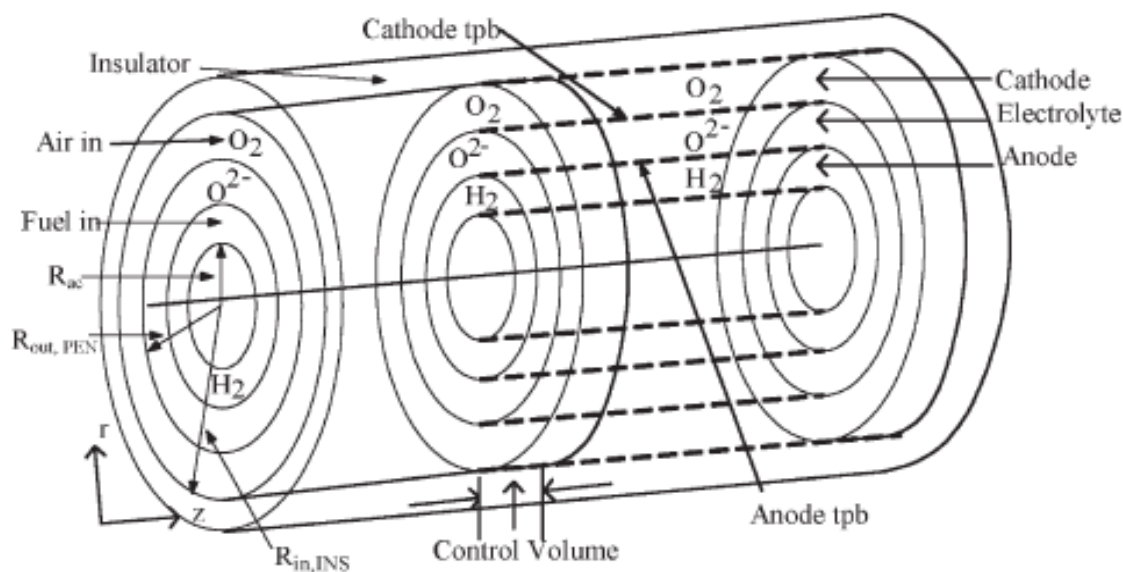
در جایی که n برابر ۲ برای هیدروژن و آب و ۱ برای اکسیژن می باشد .

۴-۳ : مدل سازی **SOFC**

۴-۳-۱ مدل توزیع شده :

روش مدل سازی توزیع شده در این جا معرفی می شود قبل از این ک هم مدل سازی **SOFC** به صورت فشرده صحبت کنیم . پیل سوختی که مدل سازی می شود یک **SOFC** می باشد که آند آن حامی جریان می باشد . این مدل سازی نه تنها واکنش های و محصولات کامپیوزیت را در نظر می گیرد بلکه تصویر فیزیکی (هندسی) پیل را نیز در اختیار می گیرد . این مدل سازی صورت گرفته بر اساس یک روش **CV** ، به صورت نشان داده در تصویر ۲ .

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازمه



تصویر ۲ مدل سازی صورت گرفته بر اساس یک روش CV

سوخت (هیدروژن) از کانال آند وارد می شود و هوا به سمت کانال کاتد جاری می گردد. سوخت به آند **tpb** تبدیل می شود. در جایی که با یون های اکسیژن وارد شده واکنش داده برای تولید آب - در یک روش مشابه، اکسیژن به سمت کاتد **tpb** پخش می شود - یون های اکسیژن تولید شده در **tpb** ماتد از طریق الکترولیت اکسید جامد منتقل می شوند به سمت آند تا با سوخت واکنش انجام دهند. هیدروژن و هوای مورد استفاده قرار نگرفته خارج می شوند به منظور ایجاد تعادل در تجهیز مورد استفاده. سوخت و هوا به هر **CV** با غلظت های متفاوتی از طریق کانال کاتد و کانال آند وارد می شوند، به ترتیب. در نتیجه فشار جزئی اندازه گیری شده در هر **CV** متفاوت بوده و یک تابعی از زمان و فضا می باشد. این فشار بخشی دینامیک پیل سوختی را تشکیل می دهد. معادلات نگهداری مواد موجود در کانال ها برای مدل **SOFC** توزیع شده به صورت زیر می باشد.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

معادلات تعادل هیدروژن :

$$\frac{\partial C_{H_2}}{\partial t} = -\frac{(\partial C_{H_2} u_{z,ac})}{\partial z} + \frac{2D_{H_2-H_2O_{off}}}{R_{ac}} \frac{\partial C_{H_2}}{\partial r} \quad (11)$$

$$\frac{\partial C_{H_2O}}{\partial t} = -\frac{(\partial C_{H_2O} u_{z,ac})}{\partial z} + \frac{D_{H_2O-H_2O_{off}}}{R_{ac}} \frac{\partial C_{H_2O}}{\partial r} \quad (12)$$

$$\frac{\partial C_{O_2}}{\partial t} = -\frac{(\partial C_{O_2} u_{z,cc})}{\partial z} + \frac{2D_{O_2-N_2_{off}}}{R_{cc}} \frac{\partial C_{O_2}}{\partial r} \quad (13)$$

$$\frac{\partial C_{N_2}}{\partial t} = -\frac{(\partial C_{N_2} u_{z,cc})}{\partial z} + \frac{2D_{N_2-O_2_{off}}}{R_{cc}} \frac{\partial C_{N_2}}{\partial r} \quad (14)$$

$R^2 = R_{in}^2 + R_{out}^2$ ، غلظت بر حسب مول ماده x ، uz سرعت در جهت اصلی پخش مواد z .

Rac = شعاع کانال آند ، t بر حسب زمان ، $Dx-y$ = میزان انتشار موثر x به سمت y می باشد .

$Rout$ = شعاع خارجی از PEN (الکتروود متخلخل کاتد ، الکتروولیت ، ساختار الکتروود متخلخل آند) .

Rin = شعاع داخلی پخش عایق ، و اندیس های ca, cc, an, ac مبین و دلالت دهنده بر کانال آند ،

آند ، کانال کاتد و کاتد می باشند .

معادلات جنبش تعادلی برای مدل **SOFC** توزیع شده به صورت زیر است :

$$\frac{\partial(\rho_{ac} u_{z,ac})}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho_{ac} u_{z,ac}^2)}{\partial z} - \frac{\partial(\rho_{ac} u_{r,ac} u_{z,ac})}{\partial r} - \frac{\partial p_{cc}}{\partial z} \quad (15)$$

$$\frac{\partial(C_{cc} u_{z,cc})}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho_{cc} u_{z,cc}^2)}{\partial z} + \frac{\partial(\rho_{cc} u_{r,cc} u_{z,cc})}{\partial r} + \frac{\partial p_{cc}}{\partial z} \quad (16)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$\rho_x =$ میزان چگالی در کانال x و $\rho_x =$ فشار موجود در کانال x می باشد. این معادلات بر اساس فرضیاتی که u یک تابعی از t, z می باشد استوار شده است. مولفه شعاعی از بردار سرعت صرف نظر شده است. از آنجایی که اعداد ریناله، نسبت نرخ انتقال لحظه ای به نرخ انتقال مولکول می باشد که بزرگتر از ۱ هم در کانال های آند و هم در کانال های کاتد در دامنه عملیاتی سلول می باشند، انتقال مولکولی از جنبش گرما در جهت حرکت اصلی صرف نظر شده است. معادلات تعادل مواد در الکتروود به صورت زیر می باشد:

$$\epsilon_{an} \frac{\partial(C_{H_2,an})}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{H_2-H_2O_{eff}} \frac{\partial C_{H_2,an}}{\partial r} \right). \quad (17)$$

$$\epsilon_{ca} \frac{\partial(C_{O_2,ca})}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r D_{O_2-N_2_{eff}} \frac{\partial C_{O_2,ca}}{\partial r} \right). \quad (18)$$

معادلات مشابه همچنین نوشته می شوند برای تعادل آب و نیتروژن. شرایط مرزی در ضمیمه A لیست شده اند بر خلاف مدل SOFC توزیع شده، یک مدل فشرده که معادلات الکترومکانیکی پایه ای را در بر می گیرد در بخش بعد معرفی می شود. این مدل برای یک سلول تنها ایجاد شده است. این روش می تواند به آسانی به مدل "یک استاک پیل سوختی" گسترش پیدا کند. مدل ارائه شده با پیچیدگی کمتر و برای کاربردهای لحظه ای قابل استفاده می باشد.

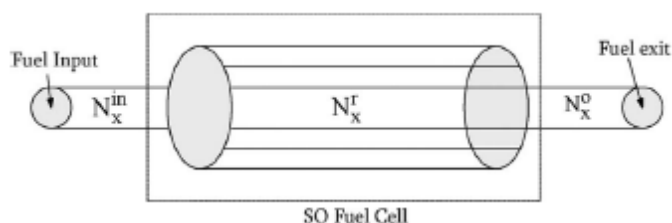
۲-۳-۴ مدل فشرده:

(۱) تعادل مواد:

در مورد روش مدل سازی توزیع شده، نرخ جریان و فشار بخش ها در هر CV متفاوت می باشد. مدل فشرده، پیل سوختی را به عنوان یک سیستم فشرده مجدد در نظر می گیرد که پیچیدگی و زمان

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم

محاسباتی را کاهش می دهد. مواد از یک سر به سلول وارد شده و از طریق سر دیگر خارج می شوند. مانند تصویر ۳.



تصویر ۳

تعداد مواد در یک انتهای مسیر پیل سوختی به کار می رود. فشار بخش پایانی مسیر در پیل سوختی با استفاده از رابطه ۹ به دست می آید. رابطه بین نرخ جریان واکنش گر/ محصول و جریان سلولی پیل سوختی به صورت زیر به دست می آید:

$$N_x^r = 2nK_r I_{fc} \quad (19)$$

در جایی که نرخ جریان خروجی N^o در سرانتهایی یک تابعی از جریان تولید شده توسط پیل سوختی می باشد و نرخ جریان داخل شده. ای جریان خروجی می تواند به عنوان یک تابعی از فشار بخش های مواد مختلف به صورت زیر می باشد:

$$N^o = K_x P_x \quad (20)$$

در جایی که P_x برابر با فشار بخش های مختلف از مواد x در خروجی و K_x ثابت شیر مولار برای مواد x می باشد. با جایگزینی معادلات ۱۹ و ۲۰ در معادله ۹ منجر می شود به:

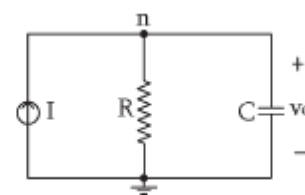
$$\frac{V}{RT} \frac{dP_x}{dt} = N_x^{in} - K_x P_x - 2nK_r I_{fc}. \quad (21)$$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

$$\frac{V}{RT} \frac{dP_x}{dt} + K_x P_x = N_x^{\text{in}} - 2nK_r I_{fc}. \quad (22)$$

$$\left(\frac{V}{K_x RT} s + 1 \right) P_x(s) = \frac{1}{K_x} (N_x^{\text{in}} - 2nK_r I_{fc}). \quad (23)$$

شرایط مرزی برای این مدل فشرده در ضمیمه B آورده شده است.



تصویر ۴ یک مدل الکتریکی معادل که بیانگر معادله شیمیایی می باشد

معادلات الکترومکانیکی که در رابطه ۲۳ داده شده است می تواند مدل سازی شود با مولفه های الکتریکی با استفاده از آنالوژی رابطه ۲۳ که در جدول ۱ نشان داده شده است.

TABLE I
CHEMICAL-TO-ELECTRICAL EQUIVALENCE

Chemical model	Electrical Model	Description
V/RT	C	Geometry => Capacitor
dP_x/dt	dV/dt	Pressure => Voltage
N_x^{in}	i	flow rate => Current source
$1/K_x$	R	constant => Resistor

جدول ۱

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تصویر ۴ یک مدل الکتریکی معادل که بیانگر معادله شیمیایی می باشد که اندازه می گیرد فشار بخش های مختلف در مورد مواد مختلف. جریان در گره n در تصویر ۴ و تبدیل لاپلاس آن در روابط ۲۴ و ۲۵ نشان داده شده اند.

$$C \frac{dV_c}{dt} = I - \frac{V_c}{R} \quad (24)$$

$$(RCs + 1)V_c(s) = I(s)R. \quad (25)$$

از آن جایی که پاسخ دینامیکی پیل سوختی در معادلات الکترومکانیکی داخل شده بود، مدار الکتریکی معادل بیانگر دینامیک سیستم می باشد.

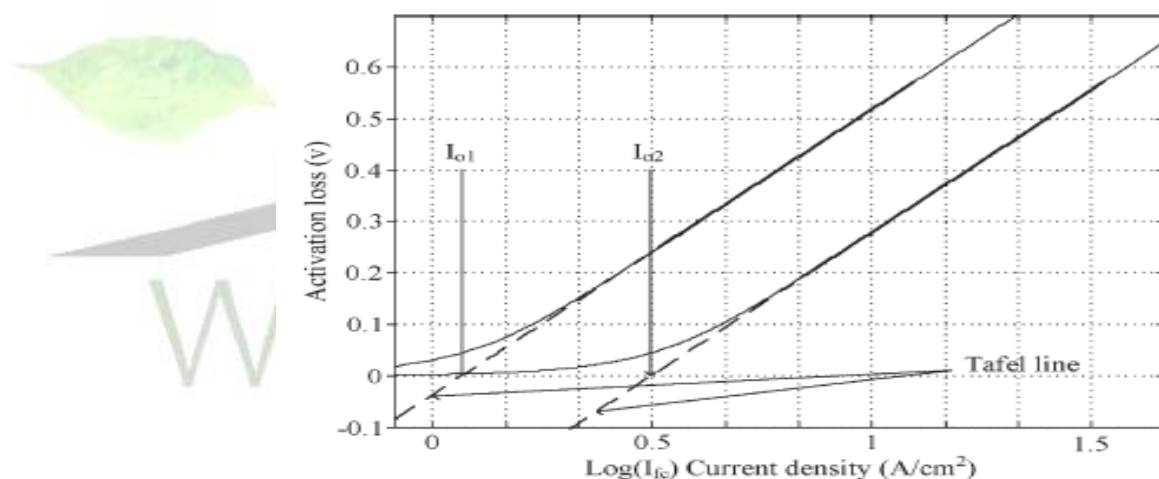


Fig. 5. Activation loss versus logarithmic of current density.

تصویر ۵ نتایج شبیه سازی را برای تلفات فعال سازی در مقابل نمودار لگاریتمی چگالی جریان سلول برای **SOFC** نشان می دهد

تلفات ولتاژ فعال سازی تصویر ۵ نتایج شبیه سازی را برای تلفات فعال سازی در مقابل نمودار لگاریتمی چگالی جریان سلول برای **SOFC** نشان می دهد. براساس معادلات تافل موجود در ۲۶ برای ۲ مقدار مختلف چگالی تبادل ۱ دو خط چین محاسبه شده اند. به طور مثال $I_{02}=1/6487$, $I_{01}=1/0689$

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

این خطوط مستقیم شناخته می شوند به عنوان خطوط تافل. معادلات تافل درست می باشند برای $ifc > 4I_o$ خط پر رنگ دیگر رسم شده اند براساس رابطه ۲۷ برای مقادیر I ثابت که در قبل استفاده شده بود - معادله والمر- باتلر به صورت صریح و آشکار در رابطه ۲۷ بیان شده است اگر α_1 و α_2 با هم برابر باشند. برای چگالی های جریان بالاتر، هر دو معادله دارای نتایج یکسانی می باشند.

هر دو معادله ی نتایج مشابهی دارند. اما خطای معادله **tofel** به شرط این که $I_{fc} < 4I_o$ بزرگ می شود ولتاژ فعال سازی با استفاده از رابطه ی (۲۶) محاسبه شده است که برای $I_{fc} < I_o$ منفی می باشد. که این در تصویر ۵ نشان داده شده است بنابراین افت فعال سازی برای تمام چگالی های جریان با استفاده از سینوس معکوس هایپربولیک ($\sin^{-1} h$) در رابطه (۲۷) محاسبه شده است.

$$V_{act} = \frac{RT}{F} \ln\left(\frac{I_{fc}}{I_o}\right) \quad (26)$$

$$V_{act} = \frac{RT}{F} \sinh^{-1}\left(\frac{I_{fc}}{I_o}\right) \quad (27)$$

منحصرا (رابطه ی ۲۶) را می تواند همچون رابطه ی (۲۸) نوشت. نظریه ی اینکه اجزای این معادله **P**

یا **spice** یا **Simulink / Matlab** به آسانی انجام می پذیرد.

$$V_{act} = \frac{RT}{F} (Z + \sqrt{Z^2 + 1}) \quad (28)$$

$$z = \left(\frac{Z_{fc}}{2Z_o}\right) \text{ جاییکه}$$

بدیهی است که گراف جریان متغیر I_o در دو خط **tofel** مشابه هم نیست. این تفاوت ممکن است برای یک سری از دلایل نظیر دمای پیل و راکتانت و غلظت محصول و ماده الکتروود رخ دهد. این رابطه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

هندسی است و در ادامه ی [3],[6],[8],[10],[16] می آید. چگالی جریان متغیر می تواند همچون رابطه ی [3],[23] بیان شود.

$$I_0 = A e^{-E_{act}/RT} \quad (29)$$

در جایی $\frac{KA}{cm^2}$ یک عامل از پیش تعیین شده است، به این وسیله منحنی متناسب با مدل

توزیع شده بدست آمده و $E_{act} = 120 \frac{kJ}{mol}$ انرژی فعال سازی یک واکنش الکترو شیمیایی است.

(۲) افت ولتاژ غلظت:

بر طبق منحنی قطبش این افت ولتاژ وقتی که چگالی جریان پیل سوختی نزدیک به حداکثر چگالی جریان پیل می رسد ظاهر می شود و این به میزان شارش [10],[19] بستگی دارد. افت غلظت با استفاده از رابطه (۷) مشخص شده است. جریان پیلی I_{fc} تهیه شده به غلظت گونه ی مورد استفاده ای که در ادامه آمده است ارتباط داده می شود.

$$I_{fc} = K \cdot (C_{\infty} - C_b). \quad (30)$$

جریان محدود I_L جریان پیل ارزیابی شده در $cb=0$ است.

$$I_L = K \cdot C_{\infty}. \quad (31)$$

از این رو نسبت غلظت در رابطه ی (۷) می تواند منحصرًا همچون نسبت جریان پیل به جریان محدود پیل سوختی نوشته شود.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\frac{C_b}{C_\infty} = 1 - \frac{I_{fc}}{I_L} \quad (32)$$

بنابراین با جایگذاری رابطه ی (۳۲) داخل رابطه (۷) غلظت این گونه بدست می آید:

$$V_{con} = \frac{RT}{nF} \ln \left(1 - \frac{I_{fc}}{I_L} \right) \quad (33)$$

باید داده ای تجربی برای تشخیص چگالی جریان محدود داشت. چگالی جریان محدود به تعداد عواملی مثل غلظت راکتانت به دما، خواص ماده و غیره بستگی دارد. معادله ی (۳۱) توانسته منحصرآ آنچه در رابطه (۲۴) آمده است را بیان کند:

$$I_L = K_L \frac{\ln(1 - p_{re})}{T} \quad (34)$$

در جایی p_{re} راکتانت را نشان می دهد T دمای راه اندازی پیل است $K_L = 69$ یک ضریب ثابت است.

۴-۴: جایگذاری مدل **SOFC** با استفاده از **p-spice**

تمام معادلات و مدار معادل **SOFC** در مدل فشرده ی **SOFC** که در بخش قبلی بحث شد در **p-spice** جایگزین شده اند. جایگذاری مدل **p-spice** در تصویر ۶ نشان داده شده است. مدل **p-spice** شامل مداری است که ولتاژ خروجی را که در تصویر ۶ (a) نشان داده شده است را ارائه می دهد و همچنین معادلاتی که تلفات قطبش و مدار معادل غلظت میزان شارش را محاسبه می کند را نشان می دهد. تصویر ۶ (b) و (c) فعال سازی و تلفات غلظت را به ترتیب تا زمانی که در جهتخ ی شارش مدار الکتریکی معادل که در تصویر ۶ (b) نشان داده شده است را نشان می دهد. در واقع جاییکه برای مدارهای

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

آبی و هیدروژنی $n=2$ است و برای مدار اکسیژن $n=1$ است. دینامیک SOFC در مدار معادل RC جا داده شده است.

به علاوه مدل SOFC در نرم افزار های matlab و simulink برای توسعه شبیه سازی و کاربرد کنترل جایگزین شده است. پارامترهای استفاده شده در شبیه سازی در جدول II جایگاه C_{H_2} , C_{H_2O} , C_{O_2} و به ترتیب ظرفیت های هیدروژن و آب و اکسیژن هستند آمده است.

۱-۴-۴ نتایج تجربی و شبیه سازی :

آغاز آزمایش تجربی :

آزمایشات روی یک SOFC فشرده آند حفاظت شده که به وسیله ی نانو دینامیک Ny و Buffalo Inc ساخته شده است انجام می شود. فلز آند از مس نیکل-ایتريای-زیر کونیای تثبیت شده است. فلز کاتد از جنس لنتانیوم و استرونیوم و منگنت است. هیدروژن خالص در کانال شارش گاز آند از یک گروه از سیلندر ها از میان یک کنترلر شارش تغذیه شده است. هوای فشرده ی تنظیم شده بوسیله ی کنترلر شارش (جریان) از میان یک کوره ی الکتریکی به کانال کاتد بدست آمده است. پیل یکدستی که به خوبی عایق بندی شده در برابر کمترین اتلاف گرمایی تابش از سیستم محافظت شده است. پیل به آرامی بوسیله ی هوای داغ گرم می شود وقتی دمای پیل حدود $200^{\circ}C$ رسید هیدروژن ساخته می شود و دما به $700^{\circ}C$ آورده می شود. یک بار که پتانسیل مدار باز حالت ثابت فراهم آمد، مجموعه داده شروع شد.

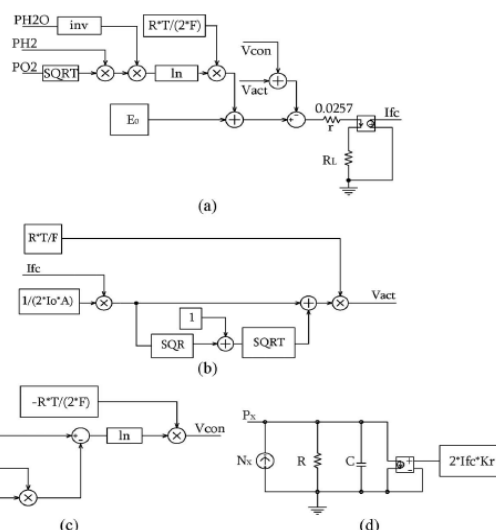
قطبش DC پیل بوسیله ی یک کنترلر بار که در یک حالت ولتاژ ثابت اجرا می شود نگهداری می شود. داده $V-I$ (بر حسب I) تا زمان کاهش تدریجی به 0.5 ولت، جمع شده بودند.

هنگام نگهداری دما، داده هادر درجه ی شارش 31 و 36 و 41 و 51 میلی لیتر بر دقیقه ($\frac{ml}{min}$) هیدروژن

جمع شده بودند سپس دما به $750^{\circ}C$ افزایش داده می شود و داده ی $V-I$ در تمام درجه های شارش نزدیک تری که ذکر شده جمع آوری می شوند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرمان سایت و به همراه فونت های لازم

محصول مشابه در 80°C و 85°C تکرار شده اند. در هر جریان و دمایی داده بعد از یک حالت ثابتی که به دست آمده بودند جمع آوری شده است.



شکل ۶. دیاگرام مداری با استفاده از شبیه سازی اسپایس. (ا) دیاگرام مداری اس اف سی. (ب) اکت فعال سازی. (ج) اکت غلظت. (د) مدار جزئی فشار

WikiPower.ir

TABLE II
MODEL PARAMETERS

Parameter	Value	Unit
R_{H_2}	1.1826	$k\Omega$
R_{H_2O}	35.587	$k\Omega$
R_{O_2}	0.396	$k\Omega$
r	0.0257	Ω
Area	6.1412	cm^2
C_{H_2}	233.23	μF
C_{H_2O}	233.23	μF
C_{O_2}	734.84	μF

جدول ۲

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

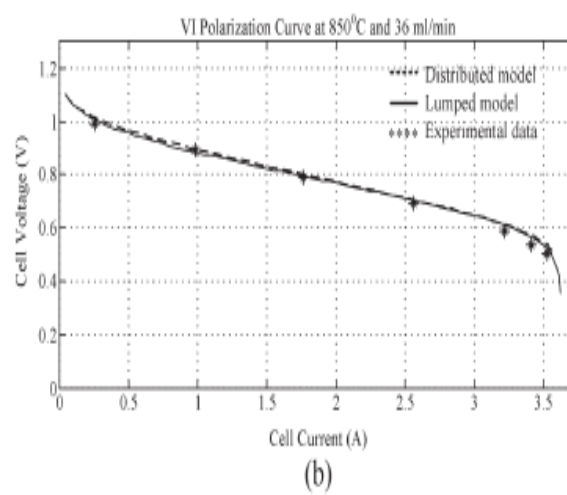
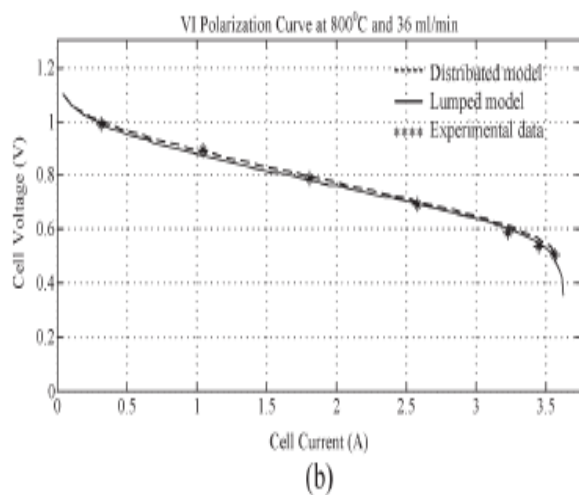
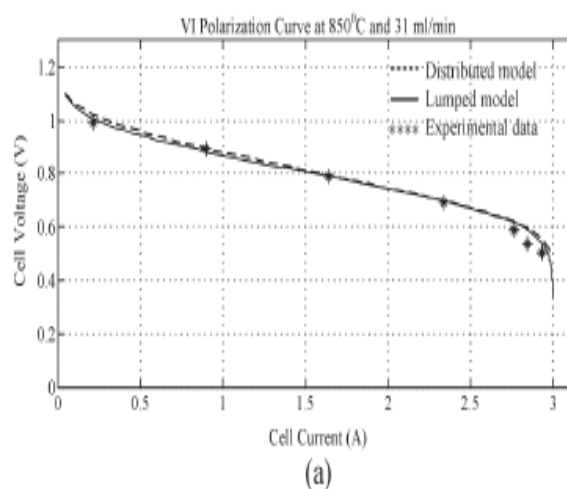
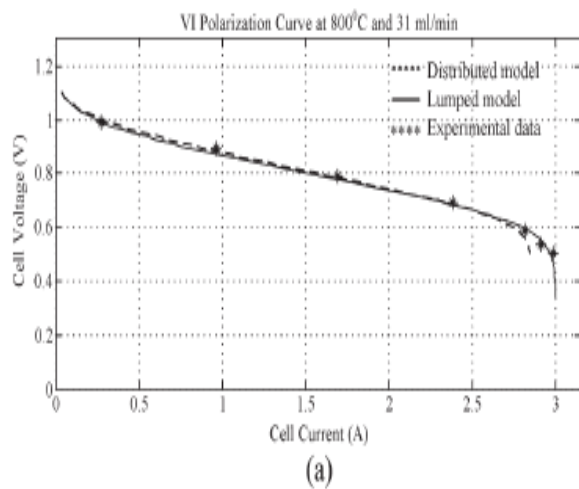
۴-۴-۲ پاسخ حالت ثابت مدل **SOFC** :

یک مدل **SOFC** واحد با استفاده از نرم افزار **p-spice** بر اساس دسترسی به مدل فشرده شبیه سازی شده است. پیل سوختی در معرض درجه های جریان و دمای گاز گوناگون قرار گرفته بود. در نتیجه در پیل سوختی، مشخصه های مختلف **V-I** را نمایش می دهد. هر نقطه از منحنی **V-I** بوسیله ی حل مدل دینامیکی تولید می شود تا زمانی که از شبیه سازی حالت ثابت (**steady state**) بدست آید. بحث در مورد نتایج شبیه سازی به منحنی های مختلف **V-I** بر اساس دمای کار و تغییر درجه ی شارش مجزا شده است.

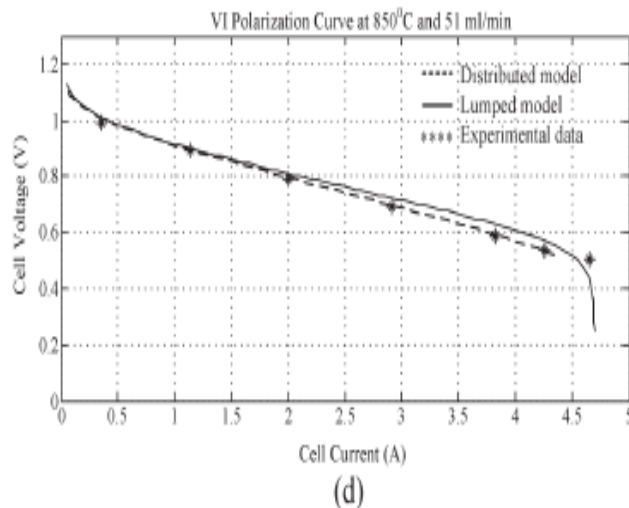
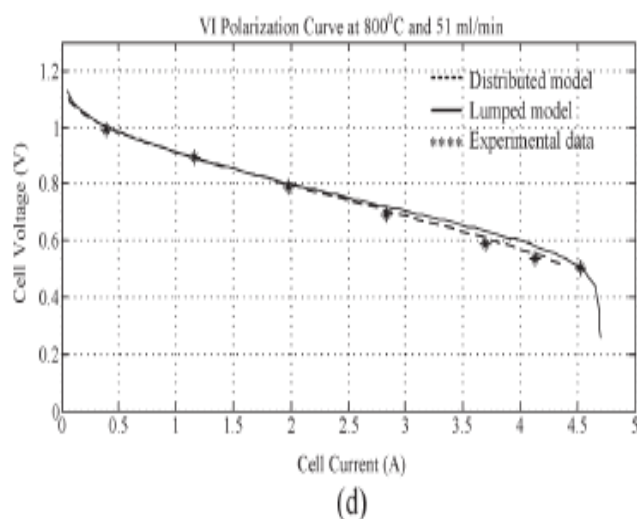
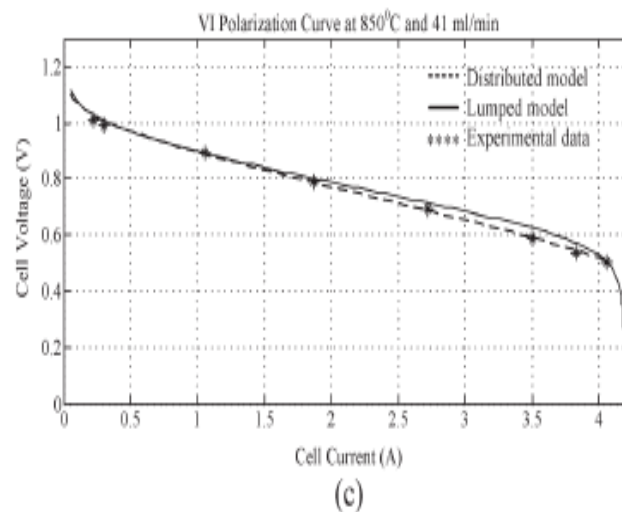
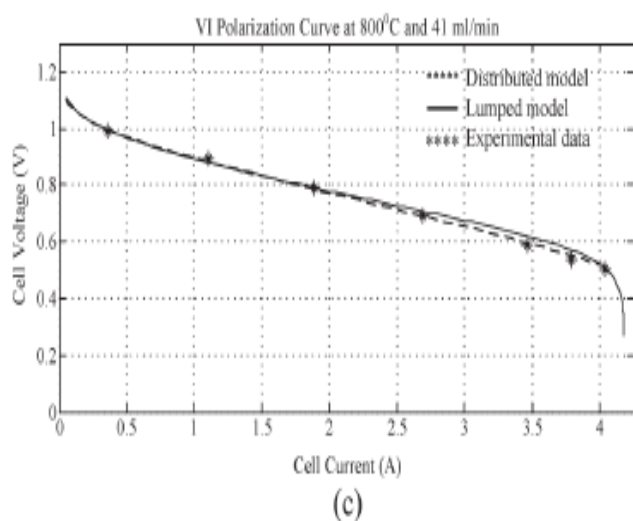
تاثیر دمای کار و درجه ی شارش بر ولتاژ خروجی پیل سوختی در تصویر های ۱۰-۷ نشان داده شده است. ولتاژ خروجی پیل به دمای کار پیل سوختی لگاریتم طبیعی (لگاریتم نپری) یک راکتانت و غلظت های محصول بستگی دارد.

مبادله ی چگالی جریان با یک تغییر در دمای پیل تغییر می کند و تغییرات چگالی جریان محدود به غلظت راکتانت ها و محصولات بستگی دارد و این هم در فعال سازی و پتانسیل غلظت منعکس می شود. در نتیجه منحنی های گوناگون **V-I** برای دماها افزایش در دمای کار پیل افزایش می یابد. تصویر (b) ۱۰ یک قسمت توسعه یافته از تصویر (a) ۱۰ در یک جریان پیل $I_{fc} = 2.5A$ است. ولتاژ پیل تقریباً به صورت خطی همانند یک تابع دما در این جریان پیل و غیره و در نزدیکی اش افزایش می یابد. زمانی که ولتاژ پیل تقریباً مشابه به ناحیه های غلظت و فعال سازی منحنی قطبش است.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آر م سایت و به همراه فونت های لازم



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم



تصویر ۷ منحنی $V-I$ برای درجه جریان های شارش ورودی مختلف در دمای $800\text{ }^{\circ}\text{C}$

(آ) منحنی قطبش در $31 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(ب) منحنی قطبش در $36 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(ج) منحنی قطبش در $41 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(د) منحنی قطبش در $51 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

تصویر ۸ منحنی $V-I$ برای درجه جریان های شارش ورودی مختلف در دمای $850\text{ }^{\circ}\text{C}$

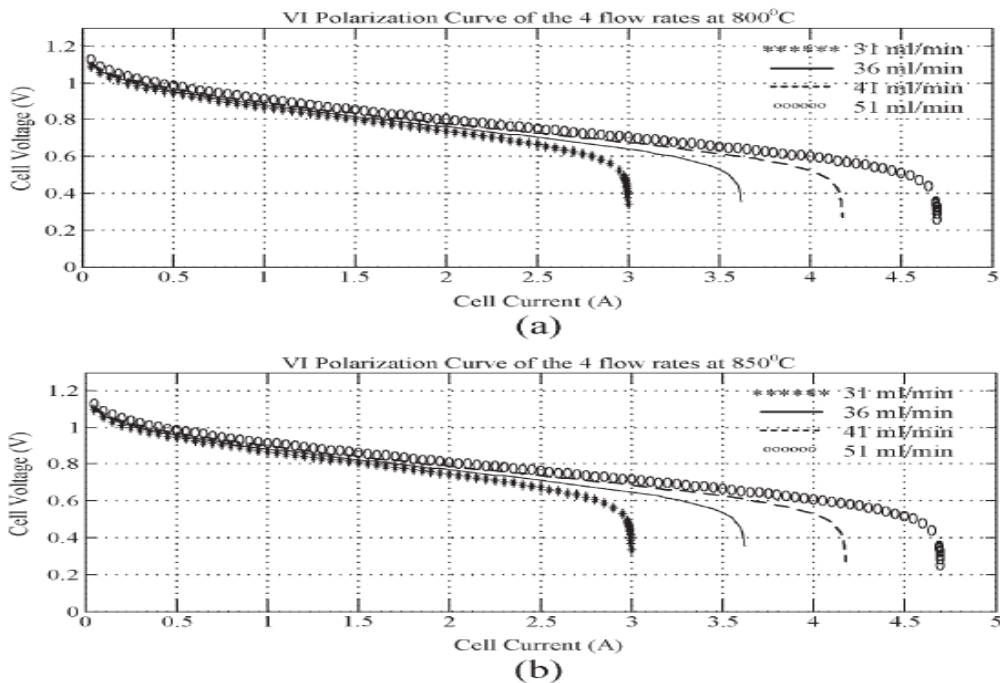
(آ) منحنی قطبش در $31 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(ب) منحنی قطبش در $36 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(ج) منحنی قطبش در $41 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

(د) منحنی قطبش در $51 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$

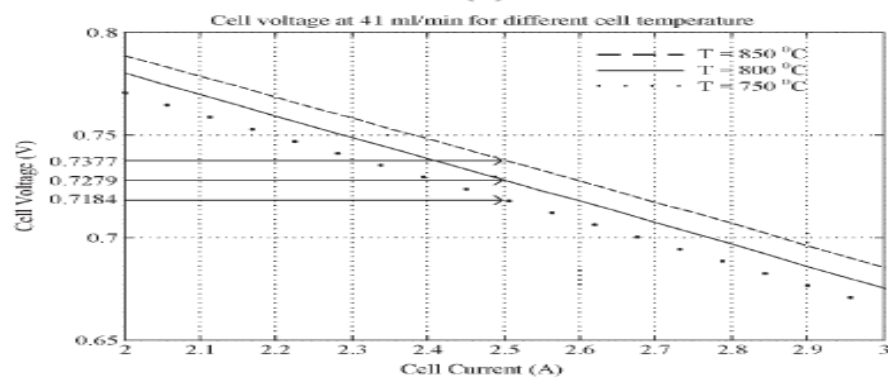
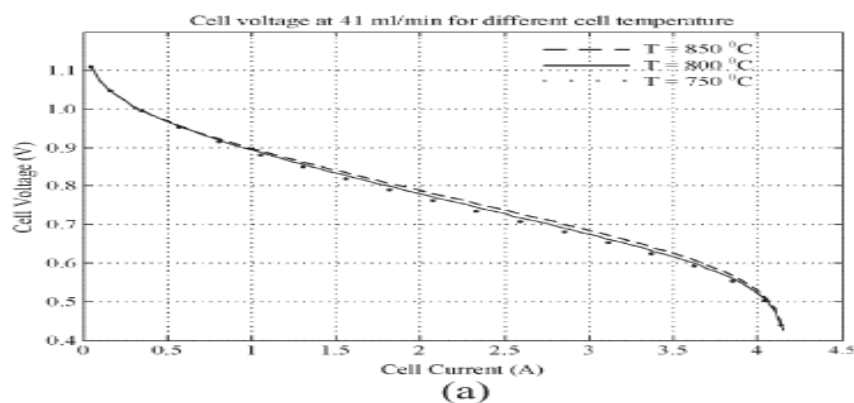
برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



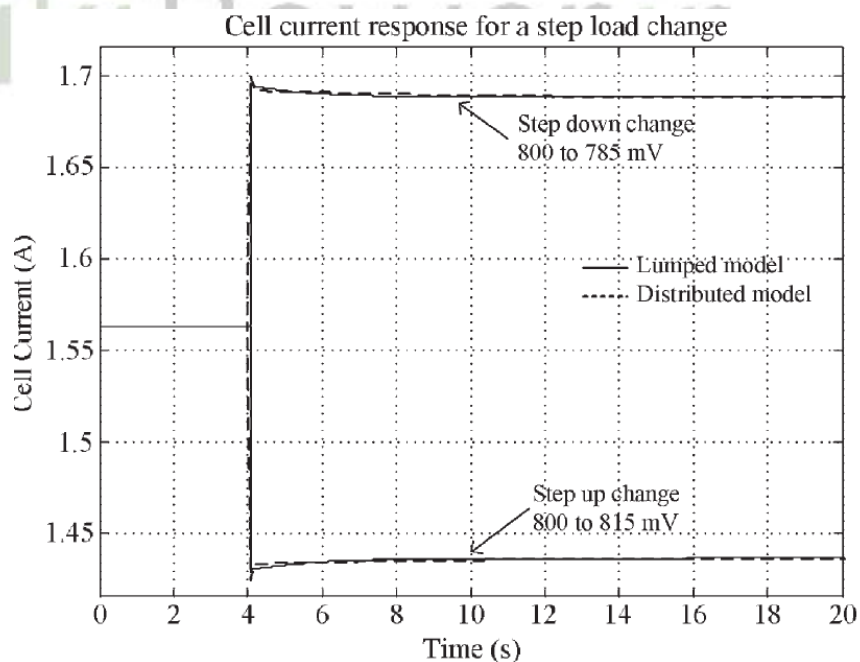
تصویر ۹. منحنی قطبش در دماهای کار 800 °C و 850 °C و ۴ درجه شارش .

(آ) منحنی $V-I$ در دمای کار 800 °C پیل. (ب) منحنی $V-I$ در دمای کار 850 °C پیل

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



تصویر ۱۰ منحنی قطبش در درجه شارش $41 \frac{ml}{min}$ و دمای کار $850^{\circ}C, 800^{\circ}C, 750^{\circ}C$



تصویر ۱۱ پاسخ جریان پیل برای تغییر بار پله ای.

برای دریافت فایل Word، پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳-۴-۴ پاسخ دینامیکی مدل SOFC :

پاسخ دینامیکی مدل SOFC برای یک تغییر پله ای در بار در یک دمای کار پیل در 800°C و یک میزان شارش در $36 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$ لحاظ شده است. یک مرحله ی کاهش ولتاژ پیل از ۰.۸ به ۰.۸۱۵ ولت در زمان $t=4$

ثانیه بدست آمده است. جریان پیل از ۳/۵۶۳ آمپر به ۱/۶۹۵ آمپر افزایش می یابد و افت تدریجی به حالت ثابت خودش که مقدار ۱/۶۸۸ است در تصویر

110 A نشان داده شده است. همچنین یک مرحله افزایش از ۰.۸ به ۰.۸۱۵ ولت در ولتاژ پیل در زمان $t=4$ ثانیه بدست آمده است جریان پیل از **1.563 A** به **1.429 A** افت می کند و سپس به صورت نمایی به **1.432A** همان گونه که در تصویر ۱۱ نشان داده شده است افزایش می یابد، زمانی که تغییر پله ای کار برده می شود، پاسخ جریان پیل در مدل فشرده به طریقی مشابه به مدل توزیع شده با تفاوت جزئی در زمان $t=4$ ثانیه رفتار می کند.

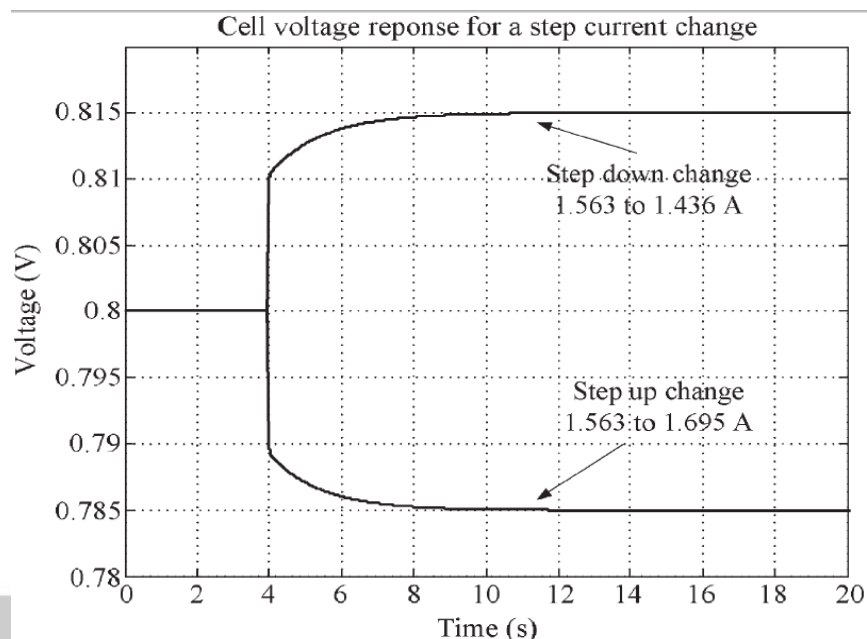
جریان پیل در مدل توزیع شده به **1.7A** در طی یک روند کاهشی در ولتاژ پیل افزایش می یابد که از جریان **1.695 A** در مدل فشرده بزرگ تر است. به طور مشابه جریان پیل در مدل توزیع شده **1.425A** افت می کند که این از مقدار جریان پیل در مدل فشرده زمانی که ولتاژ پیل افزایش می یابد کمتر است. هر دو مدل پاسخ زمانی مشابه ای دارند، تصویر ۱۲ ولتاژ گذاری پیل را برای تغییر پله ای در جریان پیل نشان می دهد.

ولتاژ پیل به **0.81V** جهش می کند و به آرامی به وضعیت حالت ثابت برای کاهش جریان پیل از **1.563A** به **1.431 A** می رسد.

به طور مشابه وقتی جریان پیل از ۱/۵۶۳ به ۱/۶۹۱ آمپر افزایش می یابد ولتاژ پیل به ۰/۷۹ ولت افت می کند و سرانجام بر روی ۰/۷۸۵ ولت قرار می گیرد. همچنان که انتظار می رفت ولتاژ پیل سوختی به طریقی مشابه یک پیل سوختی واقعی رفتار می کند. ملاحظه می شود که ظرفیت در مدار فشار جزئی

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

تابعی از دمای پیل است. اما در این برگه مشاهده شده که زمان پاسخ به همان اندازه که مهم است با دمای پیل تغییر نمی کند.



تصویر ۱۲. پاسخ ولتاژ پیل برای تغییر پله ای جریان پیل

WikiPower.ir

۴-۵: نتیجه گیری

در این پروژه یک مدل حالت ثابت از یک مدل **SOFC** تنها شرح داده شده. مدل فشرده در این باره بحث می کرد که می توان توده هایی از مدل پیل سوختی برای کاربردهای زمان واقعی را توسعه داد. معادلات اساسی پیل سوختی با مدار معادل الکتریکی به منظور ساده تر کردن سیستم و به دست آوردن انعطاف پذیری و تنظیم آسان ساخته می شود. نتایج شبیه سازی حالت ثابت مدل لوله ای با داده تجربی و نتایج مدل توزیع شده مطابقت دارد. ظرفیت در مدار معادل **RC** ساده شده می تواند برای دادن پاسخ دقیق زمان دینامیکی به پیل سوختی تبدیل سوختی فیزیکی تغییر کند این مدل **SOFC** میتواند به سادگی در نرم افزار **MATLAB, simulink** جایگذاری شود و سپس برای آزمایش زمان واقعی برنامه

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ریزی شود که این به مطالعه ی اجرای پیل سوختی زمانی که دستخوش کنترل خارجی می گردد کمک خواهد کرد.

۴-۶: ضمیمه ها

ضمیمه A

Number	Location	Boundary Condition (BC)	Remarks
BC1	$z = 0$	$C_i = C_{i,inlet}, i = H_2, H_2O$	Inlet Conditions
BC2	$r = R_{an}$	$-D_{H_2-H_2O_{eff}} A_{c,an} \frac{C_{H_2,an}}{dr} \Big _i = \frac{I_i}{2F}$	Flux
		$D_{H_2-H_2_{eff}} A_{c,an} \frac{C_{H_2O,an}}{dr} \Big _i = \frac{I_i}{2F}$	Conditions
BC3	$z = \text{cathode channel length}$	$C_i = C_{i,inlet}, i = O_2, N_2$	Inlet Conditions
BC2	$r = R_{ca}$	$D_{O_2-N_2_{eff}} A_{c,ca} \frac{C_{O_2,ca}}{dr} \Big _i = \frac{I_i}{4F}$	Flux
		$D_{N_2-O_2_{eff}} A_{c,ca} \frac{C_{N_2,ca}}{dr} \Big _i = 0$	Conditions

شرایط مرزی برای مدل توزیع شد

۵

R_{an} شعاع بیرونی آند است و R_{ca} شعاع داخلی کاتد است. در الکترولیت واسط $A_{c,an}$, $A_{c,ca}$ به ترتیب ناحیه های محیطی آند و کاتد هستند.

برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازم

ضمیمه B

Number	Location	Boundary Condition (BC)	Remarks
BC1	Anode	$N_x = N_{x,inlet}, x = H_2, H_2O$	Inlet Conditions
BC2	Cathode	$N_x = N_{x,inlet}, x = O_2$	Inlet Conditions

شرایط مرزی برای مدل گسترده



برای دریافت فایل Word پروژه به سایت **ویکی پاور** مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع :

- ۱- سازمان انرژی های نو
- ۲- مقالات سایت SCIEDIRECT
- ۳- سایت www.elsevier.com/locate/jpowsour journal homepage:
- ۴- بولتن هیدروژن و پیل سوختی - دفتر فناوری های هیدروژن
- ۵- هیدروژن سوخت آینده -تالیف: محمد امین رضانی، فرناز امین صالحی

