ICHMT2014-HN10102310218

شبیه‌سازی کاتد پیل سوختی پلیمری با استفاده از OpenFOAM

سیدمهدی حسینی ایرج[۱]، عباس رامیار[۲]، علی اکبر رنجبر[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، mhdhoseiny@gmail.com
[۲] استادیار دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل ، aramiar@nit.ac.ir
[۳] استاد دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل ، ranjbar@nit.ac.ir

چکیده

در این مقاله مدل‌سازی جریان دوفازی چند جزئی کاتد پیل سوختی پلیمری توسط کد متن‌باز اپن فوم[۱] موردبررسی قرارگرفته است. این فوم یک کد نوشته‌شده تحت C++ است که به دلیل در اختیار قرار دادن ابزارهای کاربردی، متدهای گسسته سازی در حالت دوبعدی و سه‌بعدی و قابلیت‌های فراوانی که با برنامه‌نویسی پیشرفته می‌توان به آن افزود در چند سال گذشته بسیار موردتوجه قرارگرفته و مزیت آن نسبت به نرم‌افزارهای تجاری قابلیت دسترسی به همه‌ی پارامترها و معادلات در عین استفاده از هندسه‌های پیچیده و روش‌های نوین CFD است. یکی از پارامترهای بسیار مهم در پیل سوختی هیدروژنی مدیریت آب، به‌خصوص در بخش کاتد است. بخش آند و غشا به دلیل سرعت بالای واکنش اکسایش هیدروژن به‌صورت یک افت پتانسیل در معادلات لحاظ شده‌اند، کاتالیست نیز به‌صورت یک‌لایه‌ی بسیار نازک در نظر گرفته‌شده و واکنش‌های انجام‌شده روی آن به‌صورت یک شرط مرزی کوپل با مقادیر جریان و گونه‌های شیمیایی در لایه‌ی نفوذ گاز[۲] محاسبه و اعمال می‌شود. با اعمال معادلات گونه‌های شیمیایی با روش مخلوط چندجزیی[۳] در کنار معادلات مومنتوم حاکم بر محیط متخلخل و کانال جریان، رفتار و عملکرد پیل سوختی بررسی می‌شود. بررسی نتایج به‌دست‌آمده توانایی پیش‌بینی درست عملکرد پیل سوختی را نشان داده است. همچنین در آینده می‌توان با کوپل کردن بخش آند که پیچیدگی کمتری نسبت به کاتد دارد، مدل‌سازی کامل پیل سوختی را باقابلیت‌های اشاره‌شده انجام داد.

واژه‌های کلیدی

پیل سوختی هیدروژنی (PEMFC) ، جریان دوفازی ، مدل‌سازی اپن فوم (OpenFOAM) ، مدل مخلوط چندجزیی

مقدمه

امروزه پیل‌های سوختی، به‌خصوص پیل‌های سوختی هیدروژنی به‌خاطر ویژگی‌های سرعت راه‌اندازی، چگالی انرژی بالا و قابل‌حمل‌بودن بسیار موردتوجه واقع‌شده‌اند. اما هزینه‌های بالای تست و راه‌اندازی این سیستم‌ها باعث شده است که پژوهشگران زیادی درزمینه‌ی مدل‌سازی این سیستم‌ها و سیستم‌های وابسته به‌منظور افزایش عملکرد و بهبود راندمان آن‌ها فعالیت کنند.

واکنش اصلی در سمت کاتد پیل سوختی هیدروژنی، واکنش تولید آب می‌باشد. موضوع مهم در این بخش مدیریت مناسب آب بوده و دفع نامناسب آب سبب غرقابی شدن و کاهش دسترسی اکسیژن به مکان‌های فعال واکنش بر روی کاتالیست و کاهش جریان به‌خصوص در چگالی جریان‌های بالا می‌شود. ازاین‌رو دانستن و بهبود بخشیدن دفع آب از سل[۴] در مدیریت آب پیل سوختی ضروری است. با مدل‌سازی پیل سوختی می‌توان پارامترهای تأثیرگذار بر عملکرد بهینه را در کنار مشاهده‌ی جزئیات رفتار جریان و گونه‌های شیمیایی موردبررسی قرارداد. ونگ و همکاران [1] جریان دوفازی در کاتد یک پیل سوختی پلیمری با تغذیه‌ی هوا را بررسی کردند. لیو و یو [2] همچنین کاتد را توسط یک مدل دوفازی به‌صورت دوبعدی موردبررسی قراردادند. منگ و ونگ [3] غرقابی شدن پیل سوختی پلیمری را با کمک یک مدل دوفازی بررسی کردند. ونگ و پاساگولاری [۴], [۵] اثر نواحی متخلخل و همچنین غرقابی شدن پیل سوختی را به‌صورت دوفازی بررسی کردند. فن و همکاران [6] و هو و همکاران [8] ,[7] پیل سوختی پلیمری را به‌صورت سه‌بعدی مدل کردند. چاو ونگ و یون ونگ [۹] پیل سوختی هیدروژنی را به‌صورت دینامیکی و تحت بار متغیر مطالعه کردند. در این مقاله مدل دوفازی و چند جزئی برای کاتد پیل سوختی هیدروژنی در اپن فوم[10][11] پیاده‌سازی شد که از آن می‌توان برای حل مسائل پیل سوختی به روش ساده‌تر باصرفه جویی در هزینه، وقت و با دقت بالاتری استفاده کرد. مزیت مدل‌سازی در این فوم نسبت به کدهای دیگر و برنامه‌های تجاری، قابلیت نوشتن به‌صورت سطح بالا و درعین‌حال سرعت‌بالای اجرای برنامه می‌باشد و همچنین با نوشتن معادلات به فرم معادلات دیفرانسیل حجم محدود[۵] و به‌صورت غیرپایا و شرایط مرزی قابل انتخاب می‌توان به کمک یک حلگر، حل‌دوبعدی، سه‌بعدی، پایا و ناپایا و حتی حالت انتها بسته را همانند یک کد تجاری انجام داد و می‌توان دسترسی مستقیم به پارامترها، میدان‌های مختلف ازجمله سرعت و فشار و متغیرهای مختلف را همزمان و در کنار هم حفظ کرد. همچنین امکان استفاده از روش‌های نوین گسسته سازی معادلات تنها با اعمال تنظیمات در هنگام حل امکان‌پذیر می‌باشد.

[۱] OpenFOAM
[۲] Gas Diffusion Layer
[۳] Multiphase Mixture
[۴] Cell
[۵] Finite Volume