Journal of Alasmarya University: Basic and Applied Sciences
Vol. 6, No. 5, December 2021, Special Issue for Forth Conference on Engineering Science and Technology (CEST-2021)
مجلة الجامعة الأسمرية: العلوم الأساسية والتطبيقية
المجلد 6 ،العدد 5، ديسمبر 2021، عدد خاص بالمؤتمر الرابع للعلوم الهندسية والتقنية (CEST-2021)

محاكاة ودراسة معاملات أداء خلية وقود نوع الكربونات المصهورة

خالد أبوجليدة[1،*]، عبداللطيف بن موسى[2]

[1] كلية الهندسة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا، *sakhar1979@gmail.com*
[2] كلية الهندسة، جامعة طرابلس، طرابلس، ليبيا، *abdullatif_musa@yahoo.com*

الملخص

نتيجة للمزايا الواعده لخلية وقود الكربونات المصهورة فقد انصب العلماء عليها بحثا ودراسة لاستخدامها كمصدر لتوليد الطاقة الكهربائية والنظيفة. في هذه الورقة تم بحث أداء خلية وقود الكربونات المصهورة باستخدام نموذج تم تصميمه في برنامج المحاكاة المعروف *(Aspen customer modeller)* . بالأضافة إلى ذلك فلقد تم عرض طريقة بناء النموذج الرياضي لخلية الوقود بصفة عامة وتم التركيز على المعادلات والقوانين الخاصة لنموذج خلية وقود الكربونات المصهورة بصفة خاصة. وبعد معايرة النموذج بنتائج تشغيل خلية وقود الكربونات المصهورة الحقيقية وثبتت دقة النموذج المصمم ليتسنى بذلك دراسة تأثير معاملات التشغيل على معامل أداء الخلية وهذا الأداء يمثل تشغيل حقيقي لخلية وقود الكربونات المصهورة.أظهرت نتائج برنامج المحاكاة بالحاسب على نموذج الخلية أن مقدار جهد الخلية يزداد بارتفاع ضغط الخلية ودرجة حرارتها والضغط الجزئي للهيدروجين. زد على ذلك فإن مقدار الزيادة في الجهد في الضغوط المرتفعة أقل منها في حالة الضغوط المنخفضة، كما إن مقدار الطاقة الكهربائية المتحصل عليها من الخلية يزداد بالتزامن مع إزدياد كثافة التيار.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: *sakhar1979@gmail.com*

الكلمات الدالة:
خلايا الوقود.
نموذج خلية الكربونات المصهورة.
معاملات الأداء الخلية.
المحكاة بالحاسب الآلي.

1. المقدمة

إن الزيادة المطردة في استهلاك الطاقة وما يصاحب ذلك من نقص في مخزون الوقود الأحفوري الذي يعتبر حاليا المصدر الشائع والتقليدي الذي تعتمد علية البشرية بصورة كبيرة في تحويل الطاقة الكامنة فيه إلى صور أخرى مفيدة من الطاقة. كذلك ما يصاحب تقنية استخدام الوقود الاحفوري من انتاج غاز ثاني اكسيد الكربون الملوث للبيئة والمسبب لظاهرة الاحتباس الحراري. الأمر الذي جعل البحث عن مصادر واجهزة اخرى لتوليد الطاقة أمر في بالغ الأهمية، بحيث تكون متجددة ونظيفة مثل خلايا الوقود وغيرها .
إن خلية الوقود هي عبارة عن جهاز يتم فيه التفاعل الكهروكيمياوي وذالك بتحويل الطاقة الكيميائية الكامنه في الوقود مباشرة إلى طاقة كهربائية وحرارية مع وجود تدفق مستمر للوقود والهواء أثناء عملية تشغيل الخلية. تمتاز هذه التقنية بكفاءتها العالية وأنها تحد من التلوث البيئي وسرعة استجابتها إذ باستطاعتها الاستجابة لتغيرات الحمل في زمن لا يتعدى الدقيقة الواحدة. كما لعدم لا وجود لأجزاء ميكانيكية متحركة بداخلها مما يجعل تشغيلها لا يصاحبه ضجيج أو ضوضاء. وتستخدم خلايا الوقود غاز الهيدروجين كوقود لتشغيلها، إلا أنه لا يوجود منفردا في الطبيعة، ويمكن الحصول عليه بإجراء عدة

ISSN: 2706-9524 (Print) ISSN: 2706-9532 (Online)

تفاعلات كيميائية على أنواع أخرى من الوقود، مثل غاز الميثان والبيوتان والإيثانول، كما يمكن الحصول على غاز الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي للماء. تصنف خلايا الوقود وفقاً للمادة الاليكتروليتية المستخدمة بها، أو وفقاً لدرجة حرارة تشغيل الخلية، حيث تصنيف وفقاً لدرجة حرارة التشغيل إلى صنفان أحدهما خلايا الوقود منخفضة درجة حرارة التشغيل حيث تتراوح ما بين (50-250) درجة مئوية، و الصنف الأخر هو خلايا الوقود مرتفعة درجة حرارة التشغيل، و هذا الصنف يشمل خلايا وقود الأكاسيد الصلبة و خلايا وقود الكربونات المصهورة، حيث تتراوح درجة حرارة التشغيل في خلية وقود الأكاسيد الصلبة ما بين (600-1000) درجة مئوية، بينما في خلية وقود الكربونات المصهورة فإنها ما بين (600-700) درجة مئوية [1]. ونتيجة لدرجة الحرارة العالية لخلايا الوقود المرتفعة درجة الحرارة فإن كفاءتها أعلى من كفاءة خلايا الوقود المنخفضة درجة الحرارة. كما تمتاز خلايا الوقود مرتفعة درجة الحرارة بإمكانية استخدامها للغاز الطبيعي كوقود (أو أي وقود آخر مشابه) و ذلك بعد استخرج غاز الهيدروجين منه. فهناك تقنيتان مختلفتان لإنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي: ففي التقنية الأولى يتحول الغاز الطبيعي بالتفاعل مع بخار الماء إلى هيدروجين في مولد خارجي للوقود، ثم يتدفق بعدها الهيدروجين إلى خلية الوقود وهذا ما يسمى الإصلاح الخارجي(External reforming). بينما في التقنية الأخرى وهي (internal reforming) فيتحول الغاز الطبيعي بالتفاعل مع بخار الماء إلى هيدروجين بداخل خلية الوقود المرتفعة درجة الحرارة [2].

اهتم العلماء مؤخرا بتقنية خلايا الوقود المرتفعة درجة الحرارة و استخدامها كمصدر للطاقة الكهربائية والحرارة نظرا لارتفاع كفاءتها والتي تصل الى 60% بالمقارنة مع كفاءة المحرك الحراري(Heat Engine)، وفي محطات انتاج القدرة الثابتة ذات السعات المتوسطة والعالية قد تصل الكفاءة الى 80% في أنظمة انتاج القدرة والحرارة (Combined Heat and Power CHP) [3].

قامت شركة طاقة خلايا الوقود FUEL CELL ENERGY الرائد العالمي في تصنيع وتطوير خلايا الوقود بالمشاركة مع قسم الطاقة بالولايات المتحدة الامريكية (US-DOE)، في سنة 1993 بدات باختبار حزمة خلايا الوقود نوع الكربونات المصهورة ذات الاصلاح الداخلي IR-MCFC بقدرة 2 م.وات في مشروع–بسانتا كلارا كاليفورنيا وبحلول سنة 2002 تم تطوير وحدات MCFC بقدرة 50م.وات/سنة.بحلول عام 2007 بلغ عدد الوحدات المركبة من خلايا الوقود نوع الكربونات المصهورة في الولايات المتحدة 40 وحدة بسعة 11.5 م. وات 15 وحدة في اسيا بسعة 8.5 ك. وات وفي أوروبا بلغت السعة الاجمالية للوحدات المركبة 4.5 م.وات. و في عام 2007 عقدت شركة طاقة خلايا الوقود اتفاقية تصنيع وتوزيع خلايا الوقود نوع MCFC مع شركة بوسكو من كوريا الجنوبيةحيث بلغت سعة انتاج خلايا MCFC سنويا ما يعادل 100 م.وات. كما ساهمت شركة بوسكو مع شركة الطاقة الكهربائية الكورية (KEPCO) في عام 2010 قامت بتطوير و تشغيل 125 ك. وات وبحلول عام 2015 تم تركيب عدد محطات انتاج طاقة ثابتة من خلايا MCFC بسعة اجمالية تقدر ب 150 م. وات موزعة على 13 مدينة في البلاد، حيث تقع اكبر محطة ل MCFC في العالم في كوريا الجنوبية بسعة 59 م.وات. خلايا وقود MCFC غير مجدية اقتصاديا تحت سعات قدرة أقل من 100 ك.وات وذلك بسبب ارتفاع درجة حرارة تشغيل الخلية والتركيبة المعقدة للخلية وصعوبة التصنيع ولكن هذا النوع من الخلايا اثبت كفاءته في تطبيقات محطات القدرة الثابتة ذات السعات الكبيرة [4].

إن تقنية خلايا الوقود بصفة عامة لا تزال بحاجة إلى المزيد من البحث والتطوير لتصبح عملية واقتصادية، وهناك حاجة ماسة لتخفيض التكاليف الباهظة في تطوير وإنتاج هذه الخلايا. لذا فانه من

الأهمية بمكان التركيز على إعداد وتصميم نماذج خلايا الوقود باستخدام برامج المحاكاة بالحاسب الآلي شريطة أن تتم معايرة هذه النماذج وتثبت أن نتائجها دقيقة ومطابقة للنتائج الحقيقيه لخلية مصنعة ليتسنى الاعتماد عليها بالقيام بمزيد من الدراسة والبحث في هذه التقنية الجديدة وهذا ما قد تم في هذه الدراسة فلقد تمت معايرة النتائج المتحصل عليها من المحاكاة بنتائج لخلية حقيقية، كما إن أهمية إعداد نموذج خلية وقود تكمن في كون إن التجارب و الدراسات العلمية علي خلية وقود حقيقية تعتبر مكلفة بالمقارنة مع ما يمكن الحصول علية من نفس النتائج باستخدام نموذج خلية وقود تم إعداده وبرمجته بشكل دقيق. هناك العديد من الدراسات السابقة قد تم فيها تصميم ودراسة أداء نموذج لخلية وقود مرتفعة درجة الحرارة بعد دمجة بمنظومة تربينة غازية [9-2] . في الدراسة [3] تم تصميم خلية وقود الكربونات الصلبة بكلتي تقنيتها ذات الاصلاح الداخلي وذات الاصلاح الخارجي لمعرفة ايهما أكبر كفائة وذلك عندما يتم ادماجهما في منظومة التربين الغازي ليتحصل الباحث علي نتيجة وهي ان منظومات التربين الغازي المدمجة بخلية الوقود ذات الاصلاح الداخلي اكبر كفاءة.

إن هناك شح في المنشورات في هذا المجال باللغة العربية وهذا هو السبب الجوهري في اعداد هذة الورقة وتقديمها لتوضح المعادلات والقوانين التي تمثل النموذج الرياضي لخلية وقود الكربونات المصهورة والتي تم صياغتها في برنامج المحاكاة العالمي آسبن (Aspen software application) لتمثل نموذج لخلية وقود حقيقية، و كذلك بالامكان معرفة وحساب تأثير عدة معاملات تشغيل المهمه (كدرجة حرارة التشغيل والضغط وغيرها) على معاملات أداء الخلية.

2. خلية الوقود الكربونات المصهورة ومكوناتها

كما في أي نوع من خلايا الوقود الأخرى تتكون خلية الوقود الكربونات المصهورة كما هو مبين بالشكل (1) من الأجزاء التالية:

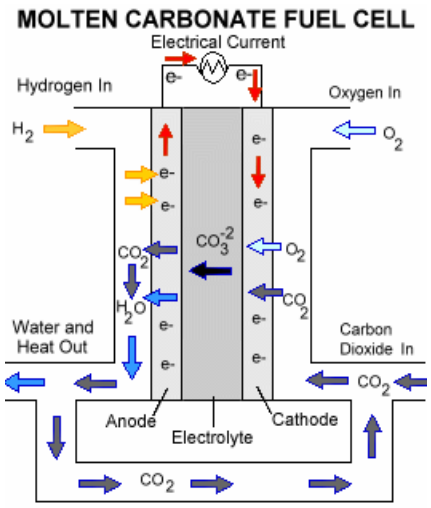
1-المصعد (anode): القطب السالب في الخلية وهو الجزء الذي تحدث فيه عملية اكسدة الهيدوجين وتحرير الالكترون الذي يتجه الى دائرة الحمل الخارجية ومنها الى المهبط .

2-المهبط (cathode): القطب الموجب في الخلية وهو الجزء الذي تحدث فيه عملية اختزال المادة المؤكسدة اكتساب الالكترون وغالبا ما تكوم الاوكسجين الموجود في الهواء الجوي.

3-المحلول الكهربائي (electrolyte): وهو عامل مهم في تحديد نوع وطريقة عمل الخلية وتحديد اتجاه الايون والاكترون حسب نوع الخلية بالاضافة الى دوره المهم في تكملة التفاعل الكهروكيميائي، و فصل التفاعل الذي يحدث في الانود عن التفاعل الي يحدث في الكاثود ويحب ان يكون هذا المحلول ذات موصلية الكترونية منخفضة حتى تمنع تدفق الاكتورنات من خلالها، في الوقت نفسه يجب ان يكون ذات موصلية أيونية عالية لكي تسمح بمرور الايونات خلاله.

4-المحفزات (catalyst) : وظيفتها التسريع من عملية التفاعل وتصنع غالبا من النيكل

5-مجمع التيار ثنائي القطبية (bipolar plate)



شكل 1 نموذج خلية الوقود الكربونات المصهور[10]

يتفاعل الهيدروجين مع ايون الكربونات (CO^{-3}) الناتجة من تفاعل ثاني أوكسيد الكربون (CO_2) مع الاوكسجين(O_2) في المهبط وينتج من هذا التفاعل بخار الماء (H_2O) وثاني أوكسيد الكربون وأيونات سالبةالكترونات تتجه الاكترونات السالبة الى دائرة حمل خارجية لانتاج تيار كهربائي يمكن إستخدامه.

ما يميز هذا النوع من خلايا الوقود هو آلية انتاج واستهلاك غاز ثاني أوكسيد الكربون حيث يكون ناتج التفاعل في المصعد ويستهلك في المهبط كمادة مفاعلة (reactant).

التفاعلات الكيميائية الحاصلة داخل الخلية:

ANODE: $H_2 + CO_3^{-2} \longrightarrow H2O + CO2 + 2e-$ (1)

CATHODE: $\frac{1}{2} O_2 + CO_2 + 2e- \longrightarrow CO_3^{-2}$ (2)

OVERALL REACTION: $H2 + 1/2\ O_2 + CO_2 \longrightarrow 2H_2O$ (3)

يمكن إجراء عملية تشكيل البخار (Steam Reforming) عند المصعد داخل الخلية بسبب درجة حرارة التشغيل المرتفعة يعتبر التفاعل الكهروكيميائي وتفاعل تحول الماء (Water Gas Shift Reaction) من التفاعلات الطاردة للحرارة بينما تفاعل تشكيل غاز الميثان تفاعل ماص للحرارة التفاعلات كالتالي:

$CH_4 + H2O \longrightarrow CO + 3H_2$ (4)

$CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + 3H_2$ **(5)**

3. النموذج الرياضي للخلية المعد برنامج المحاكاة آسبن

لإجراء الدراسة الثيرموديناميكية لخلايا الوقود ذات الكربون المنصهر سنفترض ان تدفق الكتلة مستقر(SSSF) مع اهمال طاقة الوضع و الحركة و عمل حجم تحكم لوحدة لخلية MCFC.

ولإيجاد جهد الخلية Actual Voltage نستخدم المعادلة (6) وذلك بعد تحديد الجهد المثالي للخلية Nernst Potential من المعادلة (7) و المفاقيد الاومية والمفاقيد عند الانود والكاثود من المعادلة [1].

$$V_{cel} = E - V_{loss} \quad (6)$$

حيث أن :

V_{cel}= الجهد الحقيقي للخلية E = الجهد المثالي للخلية V_{loss} = المفاقيد في الخلية

$$E = \frac{RT}{2F}\ln K - \frac{RT}{2F}\left[\frac{P_{H_2O}P_{CO_2,an}}{P_{H_2}\ P_{CO_2,ca}\sqrt{P_{O_2}}}\right] \quad (7)$$

$$V_{loss} = i * (r_{ohm} + r_{pol,an} + r_{pol,ca}) \quad (8)$$

حيث أن $r_{pol,ca}$,$r_{pol,an}$,r_{ohm} هي قيم المقاومات الاومية، والمقاومة عند المصعد، والمقاومة عند المهبط على التوالي، و بالامكان ايجادهم من المعادلات (9) (10) (11) كالتالي [1]:

$$r_{ohm} = \mathbf{0.5}\exp\left[3016 * \left(\frac{1}{T_{cel}} - \frac{1}{923}\right)\right] \quad (9)$$

$$\boldsymbol{r_{pol,an}} = 2.27 * 10^{-5}\exp\left(\frac{6435}{T_{cel}}\right) P_{H_2}^{-0.42} P_{CO_2}^{-0.17} p_{H_2O}^{-1} \quad (10)$$

$$\boldsymbol{r_{pol,ca}} = 7.505 * 10^{-6}\exp\left(\frac{9298}{T_{cel}}\right) P_{O_2}^{-0.34} P_{CO_2}^{-0.09} \quad (11)$$

حساب الكسر الجزئي المولي للمواد الداخلة للمصعد والمهبط :

$$\gamma_{CH_4} = \frac{\dot{n}_{CH_4}}{\dot{n}_{tot,an}} = \frac{\dot{n}_{CH_4,inlet} - x}{\dot{n}_{an} + 2x + z} \quad (12)$$

حيث أن معدل تدفق الكتلة الداخلة للمصعد تساوي

يمكن حساب ثابت الاتزان لتفاعل تشكيل البخار k_f، وثابت الاتزان لتفاعل تحول الماء k_p، من المعادلات:

$$k_f = \frac{(\dot{n}_{H_2,inlet} + 3x + y - z)^3 (\dot{n}_{CO,inlet} + x - y)}{(\dot{n}_{CH_4,inlet} - x)(\dot{n}_{H_2O,inlet} - x - y + z)} \left(\frac{P_{an}}{\dot{n}_{an} + 2x + z}\right)^2 \quad (13)$$

$$k_p = \frac{(\dot{n}_{H_2,inlet}+3x+y-z)^3(\dot{n}_{CO2\ an,inlet}+x+y)}{(\dot{n}_{CO,inlet}+x-y)(\dot{n}_{H_2O,inlet}-x-y+z)} \quad (14)$$

ان جهد الخلية من ضمن المعاملات التي توضح كيفية عمل وأداء الخلية وهو مهم جدا في حساب مقدار وبالامكان حساب جهد الخلية من المعادلة القدرة الكهربائية المنتجة من الخلية وبالتالي حساب كفائتها التالية.

$$V_{cel} = \frac{RT}{2F} lnK - \frac{RT}{2F}\left[\frac{P_{H_2O}\ P_{CO_2,an}}{p_{H_2} P_{CO_2,ca}}\right] - i * \left(r_{ohm} + r_{pol,an} + r_{pol,ca}\right) \quad (15)$$

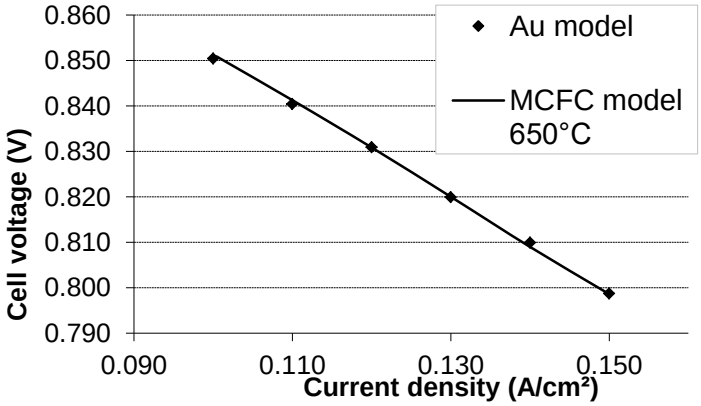
كما يمكن حساب الطاقة الكهربائية المنتجة من الخلية من المعادلة:

$$W = I * V_{cel} \quad (16)$$

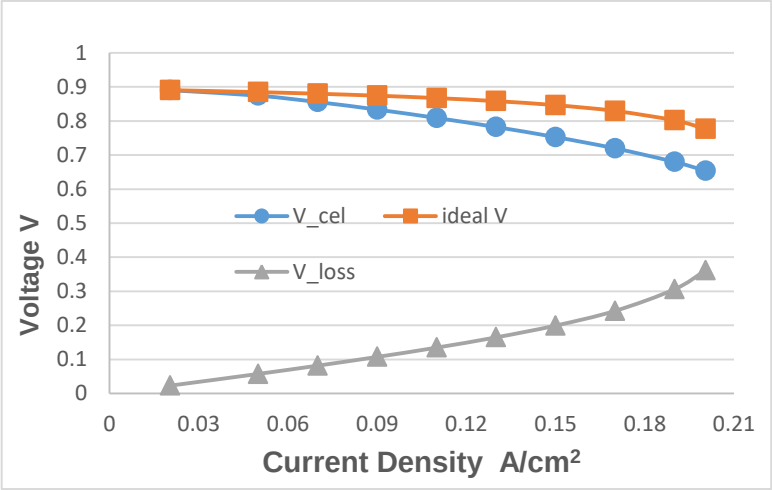
4. النتائج والمناقشة

يمكن وصف أداء خلية الوقود نوع MCFC من خلال رسم منحنى الاستقطاب polarization curve وهو منحنى يوضح العلاقة بين كثافة التيار وجهد الخلية عند درجة حرارة وضغط ثابتين650C و1bar في هذه الدراسة. تم في هذه الدراسة محاكاة خلية وقود الكربونات المصهورة باستخدام برنامج المحاكاة اسبنaspen costume modeler وتم معايرة النموذج المعد في هذه الدراسة بنموذج آخر تم تصميمه في الورقة البحثية [6] والتي اعتمدت على نتائج حقيقة لخلية وقود كربونات مصهورة تم تصنيعها وذلك بعد إتمام عملية إعداد النموذج و اختباره. و يتضح من الشكل (2) مطابقة أداء النموذج المعد في هذه الدراسة بما هو منشور في عدة دراسات أخرى و منها[3] .

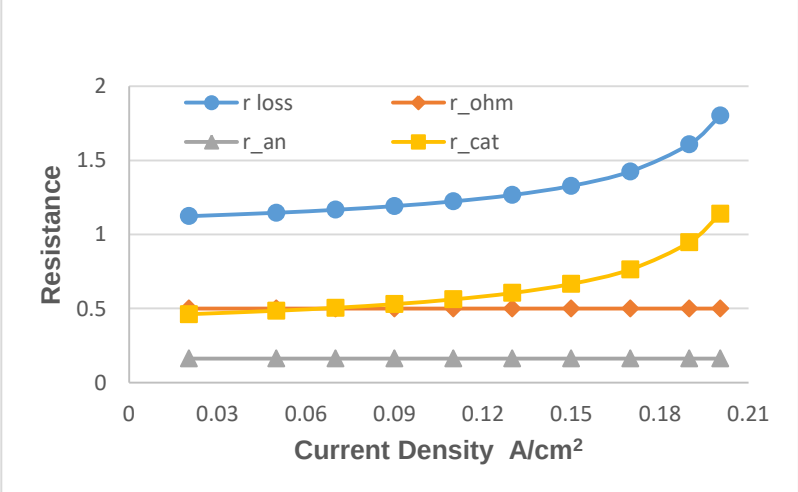
يتضح من الشكل (3) أنه مع زيادة معدل تدفق الوقود (CH4) تزداد قيمة كثافة التيار (Current density) المتحصل عليها من الخلية وبذلك تزداد القدرة المنتجة من الخلية عند ثباث درجة حرارة الخلية Tcel والعكس بالنسبة للجهد فبزيادة كثافة التيار ينقص جهد الخلية بسبب زيادة المفاقيد Vloss خصوصا عند المهبط rpolca نتيجة كما هو موضح في الشكل (4) .



شكل 2 منحنى كثافة التيار والجهد لخلية وقود الكربونات المنصهورة

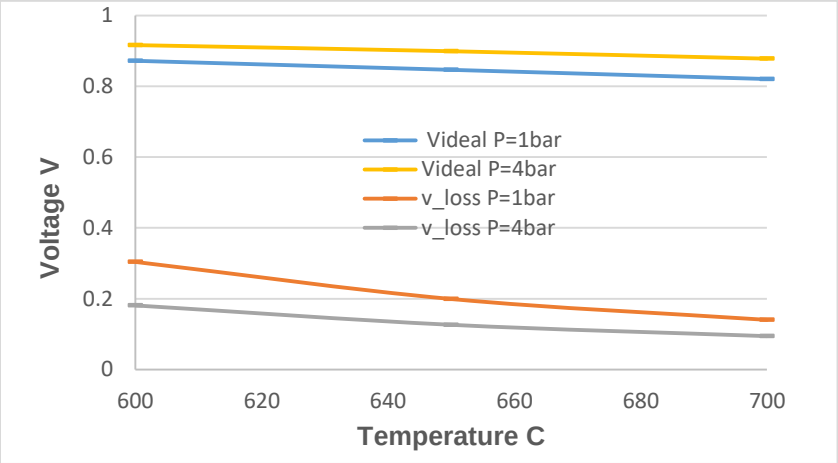


شكل 3 منحنى كثافة التيار والجهد لخلية وقود الكربونات المنصهورة



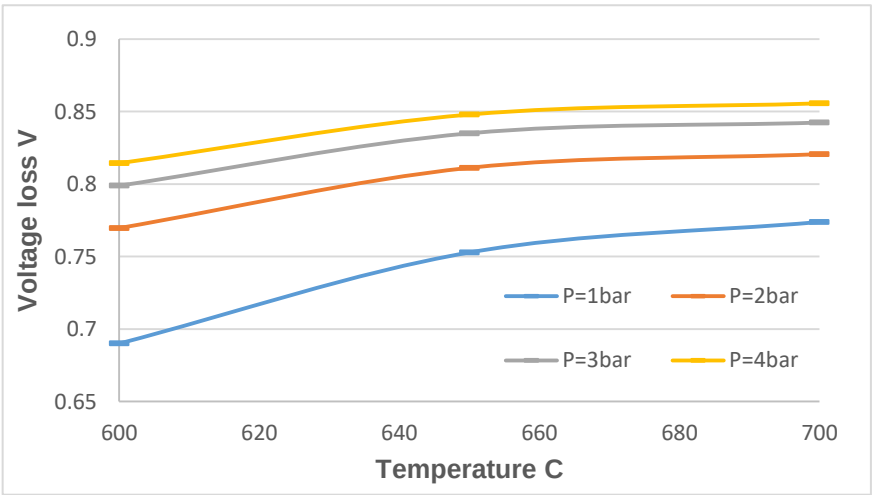
شكل 4 منحنى يوضح العلاقة بين كثافة التيار والمقاومة

تأثير تغير درجة حرارة وضغط الخلية على جهد وقدرة الخلية حيث يزداد جهد الخلية مع زيادة الضغط ودرجة الحرارة كما في الشكل (5) ويرجع ذلك إلى النقصان في قيمة المفاقيد Vloss كما هو موضح في الشكل (6) بسبب زيادة الضغط الجزئي للمواد المتفاعلة إلا أن مقدار هذه الزيادة يقل مع ارتفاع قيم الضغط

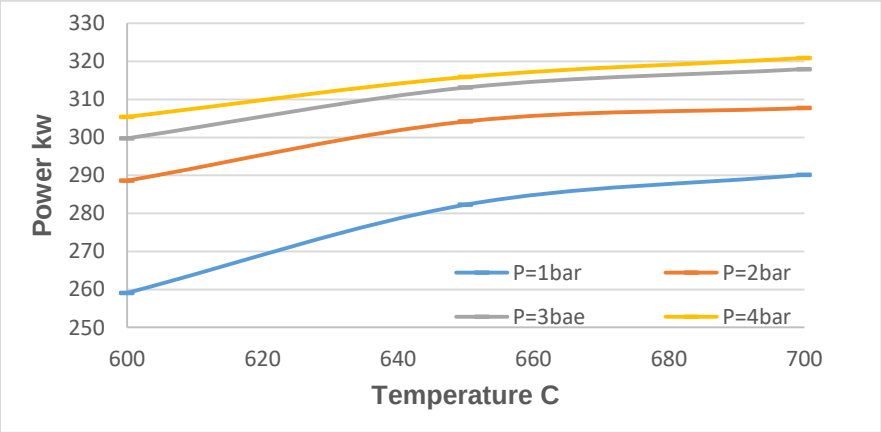


شكل 5 العلاقة بين الجهد ودرجة الحرارة والضغط في خلية وقود الكربونات المصهورة الضغوط 1bar و2bar أكبر من الزيادة بين 3bar و4bar.

أيضا بزيادة درجة الحرارة تزداد الموصلية الايونية للخلية مما يسبب في نقص المفاقيد الاومية rohm. إلا أن مقدار الزيادة في الجهد يقل مع زيادة درجة الحرارة فوق ال650C نلاحظ من الشكل (7) أنه مع زيادة درجة الحرارة والضغط تزداد القدرة المنتجة من الخلية وذلك بسبب زيادة جهد الخلية للأسباب التي تم ذكرها انفا.



شكل 6 المفاقيد في الجهد لخلية وقود الكربونات المصهورة



شكل 7 العلاقة بين درجة الحرارة والضغط والقدرة في خلية وقود الكربونات المصهورة

5. الاستنتاجات

إن خلية الوقود بصفة عامة تعتبر تقنية واعدة لما تتميز بها من كفاءة عالية ولكونها صديقة بالبيئة اذا ان الانبعاثات من هذه الخلية عبارة عن بخار ماء ولاوجود لثاني الكربون فيها . وزد على هذا فان خلية الوقود المرتفعة درجة الحرارة مثل خلية الوقود نوع الكربونات المصهورة برهنت الدراسات انها مناسبة لتطبيقات انتاج الطاقة. ولكون ان تصنيع هذه التقنية من اجل اجراء التجارب امر مكلف لذا أصبح من الإهمية بمكان انشاء نموذج للخلية باستخدام احدى برامج المحاكاة العالمية وذلك لإجراء العديد من الدراسات لمعرفة تأثير معاملات التشغيل على اداء الخلية ليصبح هذا العمل موفرا للوقت والمال. في هذه الدراسة تم نمدجة خلية الكربونات المصهورة في البرنامج العالمي آسبن.كما ثم مقارنة النتائج المتحصل عليها بنتائج لخلية حقيقية ليتبين من النتائج ان هذه الخلية دقيقة وانها بمثابة خلية وقود حقيقية كما أظهرت النتائج أن مقدار جهد الخلية يزداد بارتفاع ضغط الخلية ودرجة حرارتها و الضغط الجزئي للهيدروجين. وزد على ذلك فان مقدار الزيادة في الجهد في الضغوط المرتفعة فوق الـ3bar ودرجات حرارة التشغيل العالية اكثر من 650C أقل منها في حالة درجات الحرارة والضغوط المنخفضة . وكذالك فإن مقدار الطاقة الكهربائية المتحصل عليها من الخلية يزداد بالتزامن مع إزدياد كثافة التيار.

الشكر والتقدير

أتقدم بالشكر والتقدير لقسم الإدارة الهندسية، شعبة لإدارة الطاقة بكلية الهندسة جامعة طرابلس

المراجع

[1] ielstich, W., Lamm, A., and Gasteiger, H., “Fundamentals Technology and Applications, Wiley,” New York, 2004, Volume 4

[2] R. Rashidi, P. Berg, I. Dincer, Performance investigation of a combined MCFC, International Journal of Hydrogen Energy 34 (2009) 4395-4405.

[3] A. Musa, H. Steeman, M.D. Paepe, Performance of internal and external reforming molten carbonate fuel cell systems, Journal of Fuel Cell Science and Technology 4 (2007) 65-71.

[4] A. Musa, M.D. Paepe, Performance of combined internally reformed intermediate/high temperature SOFC cycle compared to internally reformed two-staged intermediate temperature SOFC cycle, International Journal of Hydrogen Energy 33 (2008) 4665-4672.

[5] J. Plasson, A. Selimovic, P. Hendriksen, Intermediate temperature SOFC in gas turbine cycles, in: ASME Turbo Expo Conference, USA, 2001.

[6] S. Kimijima, N. Kasagi, Cycle analysis of micro gas turbine-molten carbonate fuel cell hybrid system, JSME Inter. J. Series B 48 (2005) 65-74.

[7] M. Baranak, H.A. Atakül, Basic model for analysis of molten carbonate fuel cell behaviour, J. Power Sources 172 (2007) 831-839.

[8] V. Verda, F. Nicolin, Thermodynamic and economic optimization of a MCFC-based hybrid system for the combined production of electricity and hydrogen, I. J. Hydrogen Energy 35 (2010) 794-806.

[9] A. Musa, A. Alaktiwi, and M. Talbi, " Cycle Analysis of MCFC/Gas Turbine System, " International Conference on Advance in Energy Systems and Environmental Engineering (ASEE17) 2-5 july, 2017;Wroclaw,Poland.

[10] US. department of energy, combiend heat and power technology fact sheetseries 2016,urlhttp://www.energy.gov/sites/porod/files/2016/09/133/chp- fuel%20cell.pdf .accessed:5/8/2021

Simulation and Study the Performance Parameters of Molten Carbonate Fuel Cell

Khaled Abuojlida[1,*], Abdullatif Musa[2]

[1]*Faculty of Engineering, University of Tripoli, Tripoli, Libya, sakhar1979@gmail.com*
[2]*Faculty of Engineering, University of Tripoli, Tripoli, Libya, abdullatif_musa@yahoo.com*

ABSTRACT

As a result of the promising advantages of the molten carbonate fuel cell, scientists have focused on research and study to use it as a source for generating electricity and clean energy. In this paper, the performance of molten carbonate fuel cell is investigated using a model designed in the well-known simulation program (Aspen Custom Modeler) In addition, the method of building the mathematical model of the fuel cell is presented in general, and the focus was on the special equations and laws of the molten carbonate fuel cell model in particular. After calibrating the model with the results of operating a real molten carbonate fuel cell, the accuracy of the designed model was proven to enable the study of the effect of operating parameters on the cell performance factor This represents a real operation of the molten carbonate cell. The results of the computer simulation program on the cell model showed that the amount of cell potential increases with the increase in cell pressure, temperature and partial pressure of hydrogen, The cell voltage increases at high pressure, temperature and partial pressure of hydrogen. The cell voltage increase in case of high pressures is lower than in case of low pressures. And the amount of electrical power obtained from the cell increases simultaneously with increased current density.

Keywords:
Fuel Cells.
MCFC Model.
Performance Parameters.
Simulation.

**Corresponding Author Email: sakhar1979@gmail.com*