4th International Conference for Marine and Navigation
November 01 - 03, 2022
Tripoli, Libya
www.icmn2022.com

تصميم ومحاكاة لمنظومة إنتاج الهيدروجين الأخضر في ليبيا

عبد اللطيف بن موسى[1]* منير الراقوبي [2] ، خالد أبوجليدة [3] ،غادة حمزة [4]
[1,3,4] قسم الهندسة البحرية والمنصات العائمة ، كلية الهندسة ، جامعة طرابلس، ليبيا
[2] كلية التقنيه الهندسية ، جنزور، ليبيا
a.musa@uot.edu.ly *

الملخص

إن للهيدروجين ألأخضر مستقبل واعدا في أن يكون بديل للوقود ألأحفوري في مجالات عده كما يمكن استخدامه في تطبيقات هندسية ومتنوعه, ومن مزاياه أنه لاينتج أي ملوثات أثناء إستهلاكه. إن موقع ليبيا كدولة تقع في وسط شمال أفريقيا تتميز بما تمتلكه من طاقة شمسية كهروضوئية كبيرة وكذالك طول الساحل البحري والذي يعني مصدر مائي ضخم, لذا فإن عناصر نجاح (الطاقة والماء) لعملية إنتاج الهيدروجين ألأخضر في ليبيا متوفرة . إن البحث والتطوير في إستغلال الطاقة المتجددة (كالهيدروجين ألأخضر) في مشاريع تنموية أصبح مهما للنمو الإقتصادي في ليبيا. في هذه الدراسة تم تصميم ومحاكاة نموذج لخلية المحلل الكهربائي القلوي وآخر لخلية الوح الشمسي الكهروضوئي , وبعد التأكد من دقة أدائهما وذالك بمعايرتهما, تم دمجهما كمنظومة واحدة تستخدم لإنتاج الهيدرجين ألأخضر أطلق عليها منظومة أمان. وباستخدام برنامج المحاكاة العالمي آسبن بلس (Aspen Plus) , تم دراسة العوامل التشغيلية المؤثره على معاملات أداء منظومة أمان. ومن خلال عملية المحاكاة أظهرت النتائج أنه برفع درجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي إلى درجات تشغيل عالية بالإمكان إنتاج كمية من الهيدروجين ألأخضر وباستخدام عدد أقل من الألواح الشمسية الكهروضوئية. وعلاوة على ذلك , فإن إنتاج الهيدروجين الأخضر في منظومة أمان سيتزامن معه إنتاج للأكسجين النقي وهذا جانب مهم يفضل إستغلاله في مجالات صناعية وطبية .

الكلمات المفتاحية: نموذج المحلل الكهربائي , نموذج الوح الشمسي , الهيدروجين الأخضر.

Design and Simulation of Green Hydrogen Production System in Libya

Abdullatif Musa[a], Munir Eraghubi[b], Khaled Abuojlida[c], Ghada Hamza[d]
[a,c,d] Department of Marine Engineering, Faculty of Engineering, University of Tripoli, Tripoli, Libya
[b] College of Engineering Technology, Janzour, Libya
* a.musa@uot.edu.ly

Abstract

Green hydrogen has a promising future it is an alternative to fossil fuels in several fields and can be used in various engineering applications , and one of its advantages is that it does not produce any pollutants during its consumption. The location of Libya as the center of North Africa is characterized by its large solar photovoltaic energy, as well as the length of the sea coast, which means a huge water resource, so the success elements (energy and water) for the green hydrogen production process in Libya are available. Therefore, research and development in the exploitation of renewable energy (such as green hydrogen) in the development projects has become important for economic growth in Libya. In this study, a model for the alkaline electrolysis (AE) cell and another for the solar panel photovoltaic (PV) cell are designed and simulated. These validated models are combined as one system (which called Aman system) used to produce Green hydrogen. The effect of operating conditions on the performance parameters of Aman system is investigated by using Aspen plus software application. The simulations results show that, the higher operating temperature of the alkaline electrolysis, the lower PV solar panel used to produce Green hydrogen in Aman system. Moreover, the production of Green hydrogen in Aman system will coincide with the production of pure oxygen also. The advantage of this point that, pure oxygen can be used in industrial and medical fields .

Keywords: Alkaline electrolysis model, Solar panel model, Green hydrogen.

1- المقدمة

نتيجة لما يتميز به الوقود الأحفوري (البترول والغاز والفحم) من معدل الطاقة التي ينتجها وسهولة تخزينه ونقله مما أهله لستعماله في مجالات عدة , ولكن أكبر سلبياته وأخطرها هي تأثيره على البيئة , إذ يعد أحد المسببات للاحتباس الحراري . وفي الآونه الأخيرة اثبتت الدراسات أن الهيدروجين له القدره في التقليل من أثار التغير المناخي وربما إيقافه, كما لا يمكن تجاهل دوره كحامل للطاقة المتجددة والمستدامة . مع الملاحظة بأن الهيدروجين ليس مصدرا للطاقة لكن بإمكانه ايصال و تخزين كميات كبيرة من الطاقة ولفترات طويلة من الزمن وبتكلفة أقل من تخزين الكهرباء [1] . إن 91% من الهيدروجين المنتج حاليا يصنع من الوقود الأحفوري من خلال عملية اعادة تشكيل الميثان بالبخار من غير عزل الكربون وهذا ما يسمى بالهيدروجين الرمادي , أو من خلال عملية تحويل الفحم الى غاز الهيدروجين الأسود حيث أن طريقة إنتاجه والغازات الدفيئه الناتجه من العمليه هي ما تعطيه لونه فهناك الهيدروجين الرمادي والأزرق والاصفر والتركوازي والأخضر. والذي يميز الهيدروجين الأخضر عن كل هذه ألأنواع المذكوره , هو ان الهيدروجين الأخضر يتم انتاجه عن طريق تحليل للماء في محلل كهربائي , وتزود الكهرباء من مصدر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية او طاقة الرياح وغيرها وإن أكبر ميزه يتميز به الهيدروجين الأخضر عن غيره أنه لا ينتج عن عملية انتاجه أي من الغازات الدفيئه , و بعبارة اخري فالهيدروجين الأخضر غاز صديق للبيئه وينتج من مصادر الطاقة المتجددة بنسبة 100% . إن الهيدروجين ألأخضر على خلاف الأنواع الأخرى فانه يلعب دورا رئيسيا في عدة مجالات ومنها مجال نقل الطاقة فمثلا يمكن ان يكون حلآ جذريا لمشاكل تخزين الطاقة في الحافلات والسيارات التي تسير على خلايا الوقود وكذالك القطارات وفي المجال البحري في السفن والمنشآت البحرية [2] . يعتبر المحلل الكهربائي هو الجزء الرئيسي في منظومة انتاج الهيدروجين الأخضر وعن طريقه يتم تحليل الماء بواسطة الطاقة الكهربائيه الى غاز الهيدروجين الأخضر وغاز الاكسجين . هناك عدة انواع من المحللات الكهربائية وهي المحلل الكهربائي المباشر لماء البحر Direct electrolysis of sea water (DES) و المحلل القلوي Alkaline electrolysis (AE) ومحلل الغشاء proton exchange membrane electrolysis (PEME) وكذالك محلل الاكاسيد الصلبة Solid oxide electrolysis (SOE) .

تنعم منطقة الشرق الأوسط و شمال افريقيا بوفرة الرياح واشعة الشمس مما يجعلها منجما للطاقة الكهروضوئية الشمسية وطاقة الرياح والذي يعتبر اساسيا لإنتاج الهيدروجين الأخضر المنخفض التكلفه , لذا فان هذه المنطقة من العالم قادرة على أن تصبح مركزا لإنتاج الهيدروجين الأخضر لكل من اسواقها الإقليمية والعالمية. إن الهيدروجين ربما سيصبح الجسر بين افريقيا وأوروبا والتي تهدف استراتيجيتها المستقبلية في الهيدروجين للوصول إلى مالا يقل عن 6 جيجاواط من سعة المحللات الكهربائية وذالك بحلول 2030 [3] .

أجريت العديد من الدراسات والأبحاث في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر, ففي الدراسة [4] تم دراسة إمكانية إنتاج الهيدروجين من ماء البحر مباشرة , وفقا لذالك قام الباحث بتجارب معملية على خلية محلل كهربائي . إن النتائج التي استخلصها من الدراسة بينت أن مقدار الجهد الكهربائي للتيار المستمر له تأثير كبير على مقدار الهيدروجين المنتج . في الواقع إن هناك العديد من الدراسات ترتكز فقط على تصميم ومحاكاة لنموذج محدد من المحلل الكهربائي لمعرفة معاملات ادائه وتناول سبل تحسينها [4-9] .

في الدراسة [5] تناول الباحث دراسة أزمة الطاقة في الباكستان وسبل الحل من خلال استخدام مصادر الطاقة المتجددة والبديلة . وقد خلصت الدراسة الى ضرورة توجيه الجهد الواعي نحو إنتاج الهيدروجين من الموارد المتجددة والتي هي متوفره بكثرة في الباكستان وأن الكتل الحيوية وبعدها الطاقة الشمسية الكهروضوئية هي المادة الأولية الأكثر جدوى لتطوير سلسلة إنتاج الهيدروجين وأن هناك إمكانية توليد 28 مليون طن من الهيدروجين سنويا من خلال استغلال الطاقة الشمسية الكهروضوئية .

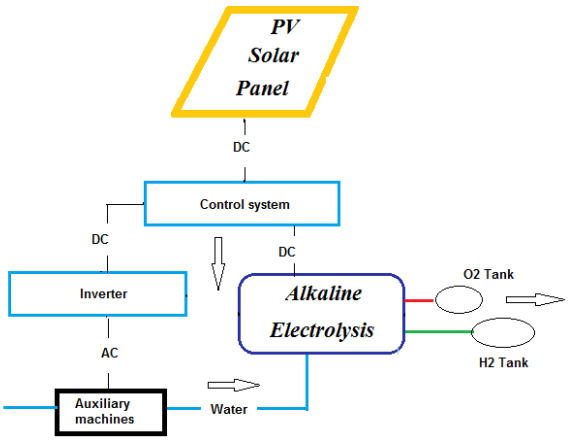
إن اغلب الدراسات في النشرات العلمية في هذا المجال تتناول احدى مكونات منظومة انتاج الهيدروجين الأخضر والتي تكون مرتكزة على نموذج المحلل الكهربائي او نموذج الألواح الشمسية دون ان يتم الجمع بينهما كمنظومة واحدة في نمودج هندسي محاكي لمحطة حقيقية يتم فيها انتاج الهيدروجين الأخضر وتتكون من كل المعدات والاجهزة الازمة في مثل هذه المحطة . في هذه الورقة ثم عرض ودراسة منظومة متكاملة لإنتاج الهيدروجين الأخضر بدأ من كمية الطاقة الكهربائية المنتجه من الألواح الشمسية

وانتهاء من كميه الهيدروجين والأكسجين المنتج من المحلل الكهربائي , متناولا في الدراسة عوامل التشغيل المؤثرة في كمية الهيدروجين الإخضر المنتج وكيفية اختيار افضل نقاط تشغيل منظومة أمان بصفة عامة. ان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو إبراز أهمية الإهتمام في البحث والاستثمار في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر في منطقة شمال افريقيا بصفه عامة وفي ليبيا بصفة خاصة لما تتميز به ليبيا من طول الساحل وموقعها الجغرافي من حيث المساحة وشدة الاشعاع الشمسي وطول مدة السطوع الشمسي. كما إن الريادة في البحث والتطوير وتنفيذ مشاريع في هذا النوع من الوقود المستقبلي (الهيدروجين الأخضر) يعني توفير طاقة مستديمة وفرص الإستثمار للأجيال القادمة تدوم بستدامة مياه البحر وأشعة الشمس في ليبيا.

2- منظومة إنتاج الهيدروجين الأخضر (منظومة أمان)

تتكون منظومة إنتاج الهيدروجين الأخضر والتي أطلق عليها إسم منظومة أمان (Green hydrogen system GHS) من منظومة اللألواح الشمسية (Solar panel PV) ومنظومة المحلل الكهربائي القلوي(Alkaline electrolysis AE) بالاضافة للآلات المساعدة (Auxiliary machines AM) من مسخنات لماء البحر ومضخات وغيرها كما تحتوي المنظومة على خزانات للهيدروجين الأخضر وأخرى للأكسجين النقي شكل (1) . وللربط بين كل هذه المعدات والأجهزة لتشتغل بشكل آلي تحتاج منظومة أمان إلى منظومة تحكم آلي والتي بدورها تقوم بتوجية جزء من الطاقة الكهربائية الى محول التيار (Inverter) والذي يقوم بدوره بتحويل جزء من التيار المستمر (DC) الى تيار متردد (AC) حتى يتم تغدية السخانات الكهربائية والمضخات وغيرها بالطاقه الكهربائية المطلوبة وبهذا تبدأ منظومة أمان بالعمل وإنتاج الهيدروجين ألأخضر .

بمرور التيار الكهربائي المستمر في المحلل الكهربائي تبدأ عملية فك ارتباط جزيئات الماء H_2O لتتحول الى غاز الهيدروجين H_2 والى غاز الأكسجين O_2 . يعتبر التحليل الكهربائي للماء القلوي منخفض التكلفة طريقة مستدامة وثابته وذالك باستخدام مدخلات الطاقة المتجددة [6] .



شكل 1: منظومة إنتاج الهيدروجين ألأخضر (منظومة أمان)

جدول 1: مواصفات نموذج خلية المحلل الكهربائي

المعامل	القيمة
الجهد المثالي لخلية المحلل الكهربائي	1.23 V
كثافة التيار	4000 A/m^2
مساحة المحلل الكهربائي	0.1 m^2
عدد خلايا المحلل الكهربائي	12
r1	4.45153E-05
r2	6.88874E-09
S	0.33824
t1	-0.01539
t2	2.00181
t3	15.24178

3- النموذج الرياضي لمنظومة أمان

في الواقع إن نموذج المحاكاة لمنظومة أمان هي عبارة عن نموذج لمحلل كهربائي قلوي وآخر نموذج للألواح الشمسية الكهروضوئية ثم دمجهما (بعد التاكد من معايرتهما) ليشكل الكل منظومة واحدة وظيفتها إنتاج الهيدروجين ألأخضر باستخدام ماء البحر (شكل 1).

يتكون المحلل الكهربائي القلوي من أقطاب للانود واخري للكاثود تفصلهما مساحة من الكتروليت. وهذا النوع من المحلل الكهربائي يعمل في درجة حرارة التشغيل من 60 -90 درجة مئوية [7]. هناك إمكانية لاستخدام مياه البحر مباشرة في المحلل الكهربائي بدون تحليتها, لكن هذا فقط لايزال في مرحلة البحث والتطوير. والأكثر ملائمة وواقعية حاليا لتوفير المياه الازمة لمنظومة إنتاج الهيدروجين هو توفير محطات تحلية المياه الصغيرة والتي

تعمل بالتناضح العكسي والقريبة من موقع التوليد الموجودة بالقرب من البحر, ويجب أن يؤخذ بعين الإعتبار في إختيار الموقع أن تكون الطاقة المستخدمة قي محطات التناضح العكسي من مصادر الطاقة المتجددة [8].

وبعد توفر ظروف التشغيل اللازمة فإن التفاعلات التي تحدث بالمحلل الكهربائي والمبينه تتم وفقا للآتي:-

عند الآنود:

$$2OH^- \rightarrow \frac{1}{2}O_{2(g)} + H_2O + 2e^- \quad (1)$$

وعند أقطاب الكاثود:

$$H_2O_{(l)} + 2e^- \rightarrow H_{2(g)} + 2OH^- \quad (2)$$

والتفاعل الكهروكيميائي الكلي:

$$H_2O_{(l)} + DC\ current \rightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad (3)$$

بالامكان إيجاد مقدار جهد خلية التحليل الكهربائي القلوي بالعلاقة الآتيه:

$$V_{cell} = V_{rev} + (r1 + r2T)i + slog[\left(t1 + \frac{t2}{T} + \frac{t3}{T*T}\right)i + 1] \quad (4)$$

حيث أن قيمة الجهد المثالي للخلية $V_{rev} = 1.23$ وأن T هي درجة حرارة التشغيل وأن i هو مقدار كثافة التيار والباقي من المجاهيل تمثل ثوابت ثم إيجادها بالتجارب المعملية [9] .

إن معدل الطاقة المستهلكة في خلية المحلل الكهربائي تعتمد على مقدار التيار (I) وعدد خلايا المحلل الكهربائي (N) وفقا للمعادله التالية:-

$$W_{AE} = I \cdot N \cdot V_{cell} \quad (5)$$

إن العدد المولي للماء والهيدروجين متساوي بينما كتله كل منهما يعتمد على الوزن الذري (M) لكل منهما وفقا للمعادلة التالية وبالامكان ايجادة معدل إنتاج الهيدروجين ألأخضر في خلية المحلل الكهربائي بحيث أن F هوثابث فراداي وأن Z هو عدد الالكترونات المنتقلة في التفاعل الكهروكيميائي [10] :-

$$m_{H_2} = Mn_{H_2} \quad (6)$$

$$n_{H_2} = \frac{W_{AE}}{Vcell \cdot z \cdot F} \quad (7)$$

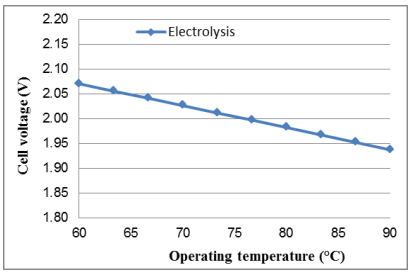
إن من المهم الاشارة هنا في أن مقدار الطاقة الكلية التي تحتاجها منظومة أمان هي مجموع طاقة المحلل الكهربائي والطاقة المستهلكة من ألللآلات المساعدة في المنظومة (السخانات الكهربائية والمضخات وغيرها) . وزد على هذا فإن الطاقة الكلية للمنظومة يتم توليدها من منظومة الآلواح الشمسية , لذا فهي الأساس في بداية تصميم نمودج اللالواح الشمسية . ولقد تناول الباحث في دراسة السابقة [11] النمودج الرياضي لخلية الوح الشمسي موضحا كل القوانين والمعادلات المتعلقة بتصميم خلية الوح الشمسي .

4- النتائج والمناقشة

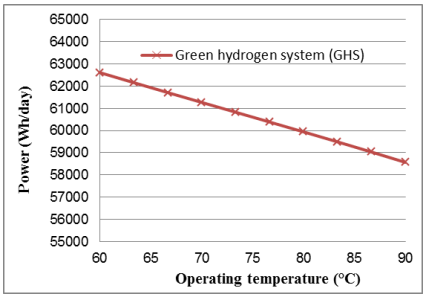
في هذه الدراسة تم تصميم ومحاكاة لمنظومة إنتاج الهيدروجين ألأخضر (منظومة أمان) , إن عملية إنتاج غاز الهيدروجين ألأخضر في هذه المنظومة يتبعه إنتاج غاز الأكسجين ايضا, مع العلم أن مصدر المياه لمنظومة أمان هو ماء البحر المتوسط وذالك بعد إجراء بعض عمليات معالجة للمياه وتهيئتها للعمل كمصدر تغديه لمنظومة أمان. على سبيل المثال عند تصميم نموذج للوحة شمسيه في مدينة طرابلس يجب أن تؤخذ اقل قيمة لقراءات ألاشعاع الشمسي الكلي وهو $2.744 kWh/m^2$ والاشعاع المنتشر وهو $0.967\ kWh/m^2$ [12] , ليعطي هذا اقل متوسط لقيمة من الطاقة الكهروضوئية المنتجة من الوح الشمسي ولا يتاتى هذا إلا في فصل الشتاء حيث تسجل أقل قيمة لقراءات ألاشعاع الشمسي وأقل مدة للسطوع الشمسي وهو 6.3 ساعة في اليوم وعلى هذا الاساس تم تصميم ودراسة أداء منظومة أمان .

الشكل (2) يبين تأثير تغير درجة حرارة المحلل الكهربائي علي مقدار جهد خلية المحلل الكهربائي وعند كثافة تيار ثابته مقدارها $4000\ A/m^2$, فكلما تزداد درجة الحرارة إرتفاعا داخل الخلية يتزامن هذا مع انخفاض في جهد الخلية المطلوب لإنجاز عملية تفكك جزيئات الماء الى غاز الهيدروجين والأكسجين , اي ان إرتفاع درجة حرارة الماء داخل خلية المحلل يتسبب في ان مقدار طاقة الترابط بين جزيئات الماء تكون اقل فبالتالي بالامكان انفصال هذه الرابطة الايونية وتجزئة جزئ الماء H2O الواحد الى إثنان من عدد المولي للهيدروجين وواحد مول من الاكسجين (معادلة 3) بأقل جهد ممكن , وبثبات مقدار التيار في الخلية فإن هذا يعني بالتالي

انخفاض مقدار الطاقة المستهلكة في خلية المحلل (معادلة 5) . وبالرغم من أن مقدار الطاقة ألازمة لرفع درجة حرارة الماء من 60 إلى 90 درجة مئوية يصاحبها في ذالك إرتفاع في مقدار الطاقة المستهلكة في المسخنات الكهربائية , إلا انه بالمقارنه بالفارق الكبير بين إرتفاع طاقة المسخنات الكهربائية نتيجة لرتفاع في درجة الحرارة وهي (0.01612 W) وإنخفاض في الطاقة المستهلكة بالمحلل الكهربائي وهي (642 W) , يتضح من هذا سبب هبوط منحنى الطاقة المنتجة في اليوم الواحد للألواح الشمسية منظومة أمان (الشكل3) وهذا سيؤثر إيجابا على عدد الألواح الشمسية المستهدفه لتشغيل منظومة أمان.



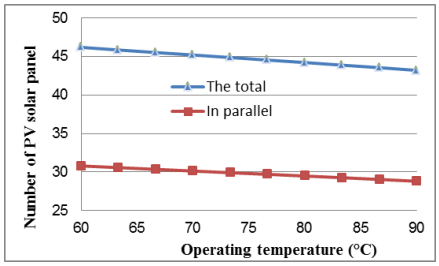
شكل 2: تأثير درجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي على الجهد الكلي للخلية



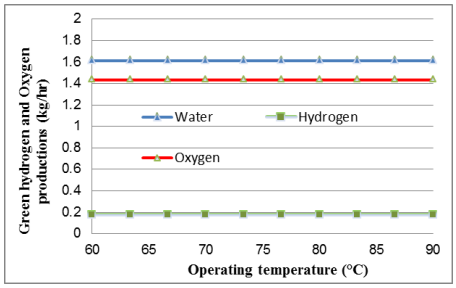
شكل 3: تأثير درجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي على الطاقة الكليه المستهلكه فيه

الشكل (4) يبين العلاقة بين إرتفاع درجة حرارة تشغيل المحلل وعدد الألواح الشمسية لمنظومة أمان . يتضح من النتائج انه بتشغيل منظومة أمان وذالك بتسخين الماء المتدفق الى المنظومة الى 90 درجة مئوية فإنه بالامكان تقليص عدد الألواح الشمسية من 46 لوحة الى 43 لوحة , وهذا التقليص في عدد الألواح سيزداد برتفاع عدد المحللات الكهربائية المستخدمة في المشروع . كما يتناول الشكل (4) كيفية توزيع الألواح الشمسية في الموقع ليكون على التوازي كما هو موضح بالشكل فبلإمكان تحديد عدد الألواح الشمسية على التوالي , فحاصل ضرب عدد الألواح بوضعية التوازي (In parallel) مع وضعيتها في حالة التوالي يمثل العدد الكلي (The total) للألواح الشمسية في الموقع.

من الشكل (5) يتبين أن التغير في درجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي لايؤثر إطلاقا في كمية الهيدروجين الأخضر المنتج. كما يتضح أن كمية الأكسجين المنتج أكبر بكثير من كمية الهيدروجين الأخضر وهذا يرجع الى ان الوزن الذري للأكسجين أكبر بكثير من الوزن الذري الهيدروجين, لذا فإن منظومة أمان بالامكان استغلالها تجاريا لإنتاج الأكسجين النقي بالتوازي مع إنتاج الهيدروجين الأخضر, وخاصة في ضل ما شهده العالم اخيرا من جارحة فيروس كورونه وما صاحب ذالك من الحاجة الماسة الى الاكسجين النقي في إنقاذ البشر من الهلاك .



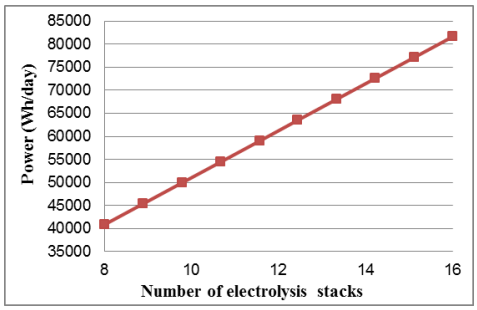
شكل 4: عدد اللألواح الشمسيه وعلاقتها بدرجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي



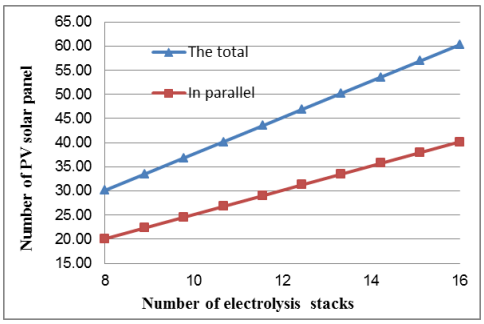
شكل 5: كمية الهيدروجين المنتج من منظومة أمان

في هذا الجزء من البحث تم التركيز على زيادة عدد اكوام خلايا المحلل الكهربائي والتي تم تشغيلها على درجة حرارة مئوية مقدارها 70 وكثافة التيار بمقدار 4000 A/m^2 ومناقشة تأثيرها على أداء منظومة أمان . ليتضح من خلال الشكل (6) أن الطاقة

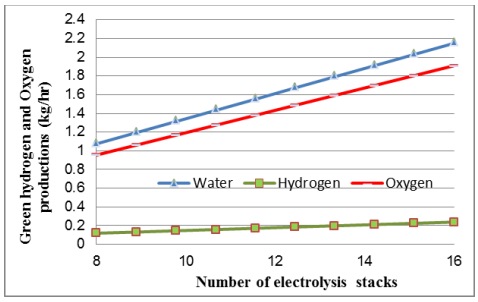
الكلية التي تستهلك في المحل الكهربائي ستتناسب طرديا مع عدد حزم خلايا المحلل وهذا يعني المزيد من الطاقة الازم إنتاجها من الألواح الشمسية وهذا لا يتاتي إلا بعدد اكبر من الألواح الشمسية التي يجب تركيبها في منظومة أمان (شكل 7) , وبالمقابل فإن الزيادة في عدد حزم خلايا المحلل سيعطي إمكانية إنتاج كمية أكبر من الهيدروجين الأخضر (الشكل 8) كما ان هذا المخطط هو مؤشر لبناء محطات بسعات إنتاجيه عالية ومعرفة ما يصاحب ذالك من عدد خلايا المحلل الكهربائي وعدد الالواح الشمسية لأي مشروع يخطط لبنائه. وبالاعتماد على النتيجة السابقة في إمكانية تقليص عدد الألواح الشمسية وذالك برفع درجة حرارة تشغيل المحلل الكهربائي و الحصول على كمية ثابتة من الهيدروجين الاخضر, أي و باستخدام عدد اكثر من حزم خلايا المحلل الكهربائي (الشكل 8) وبدون تقليص في عدد الالواح الشمسية بلامكان إنتاج كمية إعلى من الهيدروجين الأخضر. هذا بالاضافة مما ذكر سلفا فإن هناك عوامل اخرى تجعل من كمية الهيدروجين الأخضر المنتج أكبر مما هو موضح بالشكل (8) : ومنها أن قيم قوة الاشعاع الشمسي الأدنى (في فصل الشتاء) هو الذي تم الأخذ به في كل الحسابات التصميمية في هذا المجال البحثي , وبالتالي فإن الزياده في قيم الاشعاع الشمسي (في فصل الصيف) سيؤدي الى ارتفاع في مقدار الطاقة المنتجه من منظومة الألواح الشمسيه وهذا يعني زيادة في طاقة المحلل الكهربائي والتي ستعمل على رفع من كمية الهيدروجين الأخضر المنتج في منظومة المحلل الكهربائي. كما إن كمية الهيدروجين ألأخضر المنتج سيتأثر ايجابا بالموقع الجغرافي للمنطقة التي تم إنشاء منظومة الألواح الشمسية فكلما اتجهنا جنوبا فان قوة الاشعاع الشمسي في ليبيا يكون أكبر وهذا يعني إنتاج الطاقة الكهربائية بسعات أعلى, مع الأخذ في الاعتبار مقدار الفقد الناتج في القدرة نتيجة لنقل الطاقة [11] .



شكل 6: العلاقة بين زيادة عدد خلايا المحلل الكهربائي والطاقة المستهلكة فيه



شكل 7: العلاقة بين زيادة عدد خلايا المحلل الكهربائي وعدد اللألواح الشمسيه



شكل 8: العلاقة بين زيادة عدد خلايا المحلل الكهربائي وكمية الهيدروجين الأخضر المنتجة

5- الخلاصة

في هذه الدراسة تم تصميم ومحاكاة لمنظومة إنتاج الهيدروجين ألأخضر (منظومة أمان) ويستخدم ماء البحر المتوسط كمصدر أساسي لما تحتاجه المنظومة من الماء . إن البدء في الدراسة والبحث في هذا المجال في ليبيا ليس من باب الترف العلمي وانما هو الحاجة الماسه للبحث والتطوير في مصادر أخرى للطاقة المتجدده (كالهيدروجين ألأخضر) يستديم بها النمو الإقتصادي ويزدهر في المستقبل القريب وذالك لما تمتلكة ليبيا من عوامل النجاح (الطاقة الشمسية وماء البحر) في عملية إنتاج الهيدروجين ألأخضر وتسويقه داخليا وخارجيا . لذا فان هذا البحث يهدف الى التنويه إلى أهمية الريادة في هذا المجال سواء من ناحية البحث او في البدء في دراسات و تنفيذ مشاريع في مجال استغلال الطاقات المتجددة بصفة عامة.

ومن خلال عملية المحاكاة لمنظومة أمان لمعرفة تأثير تغير درجة حرارة المحلل الكهربائي علي مقدار جهده وعند كثافة التيار الثابته يتبين أنه كلما تزداد درجة الحرارة إرتفاعا داخل الخلية يتزامن هذا مع انخفاض في جهد الخلية المطلوب لاتمام عملية تفكك جزيئات الماء الى غاز الهيدروجين والأكسجين , مما سينتج عنه استهلاك

اقل للطاقة في المحلل الكهربائي وبالتالي تخفيض في عدد الالواح الشمسية الازمة لتغطية الطاقة الكهروضوئية المطلوبة , وهذا سيؤثر إيجابا في الجانب الاقتصادي للمشروع . بلإضافه لهذا , فإن الزيادة في قيم الاشعاع الشمسي (في فصل الصيف) سيؤدي الى إرتفاع في مقدار الطاقة المنتجه من منظومة اللألواح الشمسيه وهذا يعني زيادة في طاقة المحلل الكهربائي والتي ستعمل على رفع من كمية الهيدروجين الأخضر المنتج في منظومة أمان.

قائمة المراجع

المراجع باللغة العربية

[1] بفلوجمان، ف. دي بلاسيو، ن. 2020م. الآثار الجيوسياسية والسوقيه للاعتمادات الجديدة للهيدروجين المتجدد في عالم الطاقة منخفض الكربون. برنامج البيئة والموارد الطبيعية في مركز بيلفر للعلوم والعلاقات الدولية , جامعة هارفارد تقرير 2020. http://www.belfercenter.org/publication/geopolitical

[2] هيدروجين اوروبا . صناعة الهيدروجين. http://www.hydrogeneurope.eu/hydrogen-industry

[3] أروفو، ك. برادو، ل. 2020م. تحديات وفرص إنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديره من منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا إلى أوروبا. دائرة المكتبة الوطنيه الاردن , 5363 -12- 2020.

[4] Hakim, L. Sylvia, N. Sari, R. 2020. Production of hydrogen from sea water as renewable energy using the electrolysis methode. International Journal of psychosocial Rehabilitation. 2020: 1475-7192.

[5] Gondal, I. Masood, S. Khan, R. 2018. Green hydrogen production potential for developing a hydrogen economy in Pakistan. International Journal of hydrogen energy. 2018: 1-29.

[6] Atilhan, S. Park, S. El-Halwagi, M. Atilhan, M. Moore, M. and Nielsen, R. 2021. Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry. Science Direct. 2021: 31-100668

[7] Dincer, I. 2018. Green method for hydrogen production . International Journal of hydrogen energy. 2012: 1954-1971.

[8] Domenech, R. Santigo, O. Leo, T. 2020. Multicriteria analysis of seawater electrolysis technology for green hydrogen production at sea. Renewable and sustainable energy reviews. 2020: 133-110166.

[9] M. Rashid, M. Al Mesfer, H. Naseem, and M. Danish,. 2020. Hydrogen Production by Water Electrolysis: A Review of Alkaline Water Electrolysis, PEM Water Electrolysis and High

[10] A. Ates, S. Zendehdel and E. Canil, 2017. Solar energy supported hydrogen production: athearetical case study. University of selcuk. 2017 : 2147-9364.

[11] A. Musa, H. Ahmed, K. Abuojlida .2021. Performance Evaluation of PEMFC system using hydrogen produced from solar PV panel energy. MI-STA conference, Tripoli, Libya 2021.

[12] A. H. Abdol Rahim, A. S. Tijani, M. Fadhlullah, S. Hanapi, K. I. Sainan. 2015. Optimization of direct coupling solar PV panel and advance alkaline eletrolyzer system. Energy Procedia: 2015: 204-211.