الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة قاصدي مرباح ورقلة

كلية الرياضيات وعلوم المادة

قسم الفـــــيزياء

أطروحة: نيل شهادة الماستر

اختصاص: فيزياء طاقوية وطاقات متجددة

من طرف : زروقي شيماء

شعيب نور الهدى

تحت عنوان:

انتاج الهيدروجين الأخضر كمصدر للطاقة في منطقة ورقلة

نوقشت علنا بتاريخ .... /2024/06 من طرف اللجنة المكونة من:

فقيه عبد العالي	أستاذ محاضر قسم - أ -	رئيسا
سوداني محمد البار	أستاذ محاضر قسم - أ -	مشرفا
عبد هلا الزين	أستاذ مساعد قسم - أ -	مناقشا

الموسم الجامعي:2024/2023

شكر وعرفان

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات، والحمد لله الذي أعاننا على إكمال هذا العمل

وإتمامه على أحسن وجه فما كان لشيء أن يجري في ملكه إلا بمشيئته جل شأنه

وعظم قدره، والصلاة والسلام على الحبيب طه الصادق الأمين.

أتوجه بالشكر الخاص إلى أستاذي الفاضل الدكتور سوداني محمد البار على تفضله بالإشراف لإعداد هذا البحث، فجزاه الله عني كل خير على كل المجهودات والنصائح والتوجيهات خلال ا لإشراف على هذه المذكرة

كما أشكر أعضاء لجنة المناقشة على قبولها لمناقشة هذا العمل

ودون أن أنسى أن أتوجه بالشكر الجزيل إلى كل من ساعدنا من قريب ومن الأهل والأقارب والأصدقاء والذي أعاننا من بعيد ولو بالكلمة الطيبة في إنجاز هذا راجينا من الله أن يجزي الجميع عنا الجزاء والثواب.

الاهداء

بسم الله الرحمن الرحيم: (يرفع الله الذين امنوا منكم والذين اوتوا العلم درجات) .... صدق الله العظيم.

من قال انا لها نالها

اهدي ثمرة جهدي المتواضع

الى من وهبوني الحياة والامل ,والنشأة على شغف الاطلاع والمعرفة ومن علموني ان ارتقي سلم الحياة

بحكمة وصبر ,برا واحسانا ووفاءا لهما والداي الغاليين.

الى أبي محمد زروقي سندي ومسندي واتكائي الذي سعى لتوفير كل متطلبات الحياة الى كل قطرة عرق نزلت من جبينه من أجلي حياتنا وما انا عليه الآن.

الى روح من اسميتها جنة الدنيا أمي الغالية كودية شفيقة منبع الحنان والطمأنينة والأمان الى من تعبت وربت وصبرت وانبتت ثمور صالحة ,رحمها الله ورزقها الفردوس الأعلى.

الى من وهبني الله نعمة وجودهم في حياتي الى العقد المتين من كانوا عونا لي في رحلة بحثي

اخواني: يوسف ,عبد الباسط ,عبد الشكور.

اخواتي:اسماء,سميحة,هاجر,بثينة,مريم.

الى جدتي الغالية اطال الله في عمرها الى الاخوال والأعمام والخالات والعمات كل باسمه واسمها.

الى من كاتفتني ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح في مسيرتنا العلميةوانجاز هذا العمل

الى رفيقة دربي: نور الهدى شعيب.

الى صديقات سنين عمري الاوفياء.

وأخيرا الى كل من ساعدني ,وكان له دور من قريب او بعيد في إتمام هذه الدراسة

سائلة المولى عز وجل ان يجزي الجميع خير الجزاء في الدنيا والاخرة.

ثم الى كل طالب علم سعى بعمله ,ليفيد الإسلام والمسلمين بكل ما اعطاه الله من علم ومعرفة.

وآخر دعواهم ان الحمد لله ربي العالمين شيماء زروقي

الإهداء

إلى من كلل العرق جبينه

ومن علمني أن النجاح لا يأتي إلا بالصبر والإصرار

إلى النور الذي أنار دربي والسراج الذي لاينطفيء نوره

بقلبي أبدا من بذل الغالي والنفيس واستمديت منه قوتي

واعتزازي بذاتي والدي العزيز شعيب محمد

إلى من جعل الجنة تحت أقدامها وسهلت لي الشدائد

بدعائها إلى الإنسانة العظيمة أمي شعيب فاطمة التي لطالما تمينت ان تقر عينها

لرؤيتي في يوم كهذا أمي العزيزة إلى ضلعي الثابت وأمان أيامي

إلى من شددت عضدي بهم فكانوا ينابيعا ارتوي منها إلى خيرة أيامي

وصفوتها إلى قرة عيني إلى إخواني وأخواتي الغاليين

الى رفيقة دربي ومشواري الجامعي وإنجاز هذا العمل شيماء زروقي

ولكل من كان عونا وسندا في هذا الطريق

للأصدقاء الأوفياء ورفقاء السنين لأصحاب الشدائد والأزمات إلى من

افاضني بمشاعره ونصائحه المخلصة إليكم أهديكم هدا الانجاز

وثمرة نجاحي الذي لطالما تمنيته ها أنا اليوم

أكملت وأتممت أول ثمراته بفضله

سبحانه وتعالى فالحمد لله على ما وهبني وان يجعلني مباركا وان يعينني

أينما كنت فمن قال أنا لها نالها فانا لها وان آبت رغما عنها أتيت بها

فالحمد لله شكرا وحبا وامتنانا على البدء والختام

وأخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين

شعيب نور الهدى

الفهرس:

المحتويات

شكر وعرفان

الإهداء I

فهرس المحتويات II

قائمة الأشكال III

المقدمة العامة IV

الفصل الأول : الطاقات المجددة

1-1المقدمة : 24

2-1تعريف الطاقة: 24

3-1 تصنيف الطاقة : 24

1-3-1 الطاقة غير المتجددة أو التقليدية: 24

2-3-1 الطاقة المتجددة أو البديلة: 24

4-1 مصادر الطاقة : 25

1-4-1 /الوقود الاحفوري: 25

1-1-4-1 الغاز الطبيعي : 25

2-1-4-1/ الفحم: 26

3-1-4-1 البترول: 26

أ-1-4-1 ايجابيات الوقود الاحفوري : 26

ب-1-4-1 سلبيات الوقود الاحفوري : 27

1-4-2الطاقة الشمسية:..... 27

1-4-2-1 ايجابيات الطاقة الشمسية:..... 28

1-4-2-2 سلبيات الطاقة الشمسية: 29

1-4-3 الطاقة الرياح:..... 29

1-4-3-1ايجابيات الطاقة الرياح :..... 30

1-4-3-2سليبات الطاقة الرياح : 30

1-4-4 طاقة المياه:..... 30

1-4-4-1 ايجابيات الطاقة المياه:..... 31

1-4-4-2 سلبيات الطاقة المياه: 31

1-4-5الطاقة الكتلة الحيوية : 32

1-4-5-1 ايجابيات الطاقة الحيوية:..... 32

1-4-5-2 سلبيات الطاقة الحيوية:..... 32

1-4-6 الطاقة الحرارة الجوفية: 33

1-4-6-1ايجابيات الطاقة الحرارة الجوفية: 33

1-4-6-2 سلبيات الطاقة الحرارة الجوفية :..... 33

1-4-7الطاقة النووية: 34

1-4-7-1ايجابيات الطاقة النووية: 34

1-4-7-2 سلبيات الطاقة النووية:..... 35

1-5 أهمية الطاقة المتجددة:..... 35

الخاتمة..... 36

الفصل الثاني: انتاج الهيدروجين والهيدروجين الاخضر

2-1المقدمة:..... 40

2-2 تعريف الهيدروجين:..... 40

2-3 طاقة الهيدروجين: 40
2-4أنواع الهيدروجين:..... 41
2-4-1الهيدروجين الرمادي: 41
2-4-2الهيدروجين الأسود: 41
2-4-3الهيدروجين الأزرق:..... 41
2-4-4الهيدروجين الأخضر:..... 41
2-4-5الهيدروجين الأصفر:..... 41
2-4-6الهيدروجين الفيروزي: 42
2-4-7تصنيفات أخرى للهيدروجين:..... 42
2-5 إنتاج الهيدروجين : 43
2-5-1الهيدروجين من الوقود الأحفوري: 43
2-5-2الإنتاج من الغاز الطبيعي..... 44
2-5-2-1الإصلاح بالبخار (إصلاح بخار الميثان – SMR): 44
2-5-2-2 الأكسدة الجزئية (POX): 44
2-5-2-3الإصلاح الحراري الذاتي (ATR): 44
2-5-2 الإنتاج من الفحم:..... 45
2-5-3-1التغويزات..... 45
2-5-3-2 التغويز من الفحم..... 45
2-5-3-3التقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون: 45
2-5-4 من الدورات الكيما-حرارية:..... 46
2-5-5 إنتاج الهيدروجين من الكتلة الحيوية 46
2-5-5-1تغويز الكتلة الحيوية : 47
2-5-5-2 التركيب الضوئي الحيوية:..... 47

2-5-6إنتاج الهيدروجين من الطاقة النووية..... 47

2-5-7 إنتاج الهيدروجين من الطاقة الحرارية..... 48

2-5-8 طرق إنتاج غاز الهيدروجين من الماء:..... 49

2-5-8-1 طريقة الإزاحة:..... 49

2-5-8-2طريقة التحليل الكهربائي للماء:..... 49

2-5-8-3 طريقة اختزال بخار الماء بالكربون: 49

2-5-8-4 طريقة لين:..... 49

2-5-8-5 التحليل الكهربائي القلوي..... 50

2-5-8-6التحليل الكهربائي للحمض(غشاء تبادل البروتون) PEM 50

2-5-8-6-1مبدأ عمل الخليةPEM..... 50

2-5-8-7التحليل الكهربائي بارتفاع درجة حرارة PET 51

2-5-8-8التحليل الضوئي للماءPEC..... 51

2-6إنتاج الهيدروجين باستغلال مصادر الطاقات المتجددة:..... 52

2-6-1الطاقة الشمسية:..... Erreur ! Signet non défini.

2-6-2طاقة الرياح..... 53

2-7-3إنتاج الهيدروجين من النظام الهجين :..... 54

2-8تخزين الهيدروجين..... 54

2-8-1تخزين الهيدروجين على شكل غاز..... 54

2-8-1-1ضغط الهيدروجين :..... 54

2-8-2الهيدروجين السائل..... 55

2-8-3تخزين الهيدروجين على شكل صلب :..... 55

2-8-4التخزين بالعناصر: 55

2-8-5أشكال بديلة لتخزين الهيدروجين:..... 55

2-8-6التخزين بالامتصاص في هيدرات المعادن: 56

2-8-7حامل الهيدروجين العضوي السائلLOHC : 56

2-9الهيدروجين الأخضر: 57

2-10إنتاج الهيدروجين الأخضر 58

2-11استخدامات الهيدروجين الأخضر 59

2-12تصدير الهيدروجين؟ 59

2-13خزن الهيدروجين ونقله 60

2-14المخاطر 61

2-15المزايا والعيوب 61

2-15-1المزايا 61

2-15-2العيوب 62

الخاتمة 63

الفصل الثالث :خلايا الوقود الهيدروجينية

3-1المقدمة : 67

3-2لمحة تاريخية: 67

3-3 تعريف خلية الوقود: 67

3-3-1 الوقود المستخدم في خلية الوقود: 67

3-4الاجزاء الخلية الوقود: 68

3-4-1 المصعد: 68

3-4-2المهبط: 68

3-4-3الالكتروليت: 68

3-4-4المحفزات: 68

3-5 مبدأ عمل خلايا الوقود: 69

3-6أنواع خلايا الوقود : 70

3-6-2 خلايا وقود الميثانول المباشر(Direct methanol fuel cells) 70

3-6-3 خلايا الوقود القلوية((Alkaline fuel cells (AFCs) : 71

3-6-4 خلايا وقود حمض الفسفوريك ((Phosphoric acid fuel cells (PAFCs) :..... 71

3-6-5 خلايا وقود الكربونات المنصهرة((Molten carbonate fuel cells (MCFCs) : 71

3-6-6 خلايا وقود الأكسيد الصلب.((Solid oxide fuel cells (SOFCs) : 71

3-7 *مستقبل خلايا وقود الهيدروجين*: 71

3-8 استخدامات خلايا الوقود الهيدروجينية: 72

3-9 تطبيقات خلايا الوقود :..... 73

3-9-1 التطبيقات الثابتة:..... 73

3-9-2 الاتصالات:..... 73

3-8-3 في مجال المواصلات : 73

3-9-3-1 السيارات:..... 73

3-9-3-2 الحافلات: 74

3-9-3-3 الدارجات:..... 74

3-8-3-4 الرافعات وآليات النقل في المصانع: 74

3-9-3-5 القطارات :..... 75

3-9-3-6 الطائرات:..... 75

3-9-3-7 المراكب البحرية: 75

3-9-5 التجهيزات المحمولة:..... 75

3-9-6 التجهيزات الصغيرة:..... 75

3-9-7 في مجال التوربينات الغازية:..... 76

3-10 مشاكل تواجه الخلايا الهيدروجينية:..... 76

11-3 مميزات خلايا الوقود: 77

3 -11-1 قابلة للتجديد ومتوفرة: 77

2-11-3 الكفاءة العالية : 77

3-10-3 يقلل أثار من الكوبون : 77

4-11-3 انبعاثات صفرية : 77

5-11-3تلوث ضوضاء صغيرة جدا : 77

6-11-3 أوقات الشحن السريع : 77

7-11-3 مثالي للتطبيق في المناطق النائية: 78

8-11-3 انخفاض التلوث البصري: 78

12-3عيوب خلايا الوقود: 78

1-12-3 استخلاص الهيدروجين: 78

2-12-3 استثمار كبير من أجل التنمية : 78

3-12-3 مشاكل تنظيمية: 78

4-12-3 تكلفة المواد الخام: 78

5-12-3 سكن الهيدروجين: 78

6-12-3 قابل للاشتعال: 78

13-3 إيجابيات وسلبيات خلايا الوقود: 79

الخاتمة: 80

الفصل الرابع :تحليل ومناقشة النتائج النظرية

1-4المقدمة: 84

2-4 مبدأ العمل: 84

4-2- 1تحليل الماء بالكهرباء: 84

2-2 توليد الكهرباء : 84

4-3الهدف من الدراسة: 84

4-4الأجهزة المستعملة: 85

4-5 خطوات الدراسة: 86

4-5-1تحضير المحلل الكهربائي: 86

4-5-2ربط الأجهزة: 86

4-5-3 مراقبة اللدراسة: 86

4-5تقنيات إنتاج غاز الهيدروجين باستخدام الخلايا الشمسية ذات مركزات الإشعاع: 86

4-7خصائص اللوح الشمسي..... 87

2 تحليل والمناقشة النتائج : 88

2-1 دراسة إنتاج الهيدروجين الشمسي: 88

2-1-1 مردود الألواح الكهروشمسية: 88

2-2 دراسة تغيرات تيار كهربائي بدلالة توتر للألواح الكهروشمسية: 89

2-3 دراسة التيار أعظمي الألواح الكهروشمسية : 89

2-4 دراسة استطاعة و توتر الألواح الكهروشمسية : 90

2-5 دراسة توتر أعظمي الألواح الكهروشمسية: 91

2-3 إنتاج الهيدروجين : 92

2-3-1توليد الكهرباء الشمسية: 92

2-2-3 تحليل الماء: 92

2-3-1-1 إنتاج الهيدروجين في كل ساعة من اليوم: 93

3-3-3 تخزين الهيدروجين : 94

الخاتمة العامة 97

قائمة المراجع ..... Erreur ! Signet non défini.

الملخص : 98

قائمة الأشكال:

رقم الشكل	اسم الشكل
1-1	الغاز الطبيعي
2-1	البترول في الجزائر
3-1	التلوث الناتج عن احتراق الوقود الاحفوري
4-1	توصيل الخلية الشمسية لإنتاج الكهرباء
5-1	المجمع الشمسي الحراري
6-1	استغلال طاقة الرياح في انتاج الكهرباء باستخدام العنفات (مروحية)
7-1	سد لتوليد الطاقة الكهربائية يعمل بالطاقة المائية
8-1	محطة توليد الكهرباء بطاقة الكتلة الحيوية
9-1	الية توليد الكهرباء بالاعتماد على الحرارة الارضية
10-1	مفاعل نووي لتوليد الطاقة الكهربائية
1-2	تمثل الصورة أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام
2-2	مخطط مصادر الطاقة الرئيسية لإنتاج الهيدروجين
3-2	مخطط يوضح طريقة العمل بالطاقة النووية
4-2	رسم يوضح الطريقة الحرارية للماء
5-2	رسم تخطيطي للمعادلة الكيمائية للتحليل الكهربائي للماء
6-2	PEMصورة تمثل الخلية
7-2	التمثيل التخطيطي لنظام شمسي-هيدروجيني
8-2	مخطط رمزي لنظام ريحي-هيدروجيني
9-2	صورة تمثل استخدام الهيدروجين كوقود
10-2	صورة تعبر عن استمداد الهيدروجين من الطبيعة الخضراء

11-2	صورة تمثل كيفية انتاج الهيدروجين الاخضر
12-2	صورة تمثل خزن الهيدروجين
13-2	خزانات الهيدروجين الاخضر
1-3	خلية الوقود الهيدروجيني
2-3	مبدا عمل خلايا الوقود
3-3	صورة تمثل علاقة تسريع توليد الطاقات المتجددة.
4-3	تطبيقات خلايا الوقود الهيدروجيني
1-4	رسم تخطيطي لإنتاج الهيدروجين الأخضر بالطاقة الشمسية
2-4	جهاز تحليل الماء بالطاقة الشمسية

المقدمة العامة

المقدمة العامة:

تمثل الطاقة عصب الحياة في كل مجتمع، بل هي في كثير من الأحيان السبب الرئيسي للصراعات الدائرة بين الدول ,لذلك يجب الوصول إلى مصادر طاقة دائمة وتزويد المجتمع بها.

يبحث الإنسان دوماً عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي يعيشها، ويعاب على الكثير من مصادر الطاقة نضوبها وتكلفة استغلالها المرتفعة والتأثير السلبي لاستخدامها على البيئة، وقد تنبّه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الاستفادة من حرارة أشعة الشمس والتي تتصف بأنها طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان، مجانية متجددة ودائمة لا تنضب، كما تعتبر طاقة نظيفة.

وأدرك الانسان جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والشائعة خاصة النفط والغاز الطبيعي في تلوّث البيئة وتدميرها وكذا تعرضها للنفاذ. [1]

ولكن العلماء كانوا أبعد نظراً فقد عكفوا على الدارسات والتجارب للبحث عن مصادر أخرى للطاقة وبمساعدة حكومات الدول المتقدمة والمتطورة وتزويدها لهم بكافة أشكال الدعم فكانت النتائج مرضية جداً فقد تم تطوير استخدام الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء وتسخين المياه واستخدام طاقات المد والجزر وأمواج البحار كطاقات حركية يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية وقد لاح في الأفق فكرة لفتت الأنظار إليها وعلقت الآمال عليها بشكل غير مسبوق ألا وهي استخدام الهيدروجين كمصدر للطاقة انطلاقاً من كونه أكثر العناصر تواجداً بالكون ونظافة وأماناً. [2]

يعد الهيدروجين الأخضر مصدرا للطاقة النظيفة والمتجددة حيث يتم إنتاجه باستخدام الطاقة المتجددة مثل طاقة الشمس وطاقة الرياح وله العديد من المزايا التي تجعله بديلا واعدا للوقود الاحفوري ومع تطور التكنولوجيا وانخفاض التكاليف من المتوقع إن يلعب الهيدروجين الأخضر دورا رئيسيا في مستقبل الطاقة وهذا مما يجعله خيارا صديقا للبيئة لا ينتج عنه انبعاثات كربونية.

قمنا في هده الدراسة النظرية بنمذجة ومحاكاة استغلال التحويل الكهروضوئي للطاقة الشمسية المنبعثة في منطقة ورقلة بواسطة لوح شمسي من اجل انتاج الهيدروجين الأخضر من خلال عملية التحليل الكهربائي للماء وبذلك حساب كمية الهيدروجين التي يتم تخزينها في كل ساعة خلال اليوم وذلك من أجل يوم شتوي..... ويوم صيفي..... ثم تمت مناقشة النتائج وتحليلها .

حيث تطرقنا في الفصل الأول الى التعرف على الطاقات المتجددة واهم مصادرها وتطبيقاتها ,إما بالنسبة إلى الفصل الثاني ذكرنا كيفية انتاج الهيدروجين والهيدروجين الأخضر وطرقة تخزينه واستغلاله. اما بالنسبة للفصل الثالث ميزنا بأن الهيدروجين يستعمل كوقود والتي سميناها بخلايا الوقود الهيدروجينية في هذا المبحث وهو الفصل الرابع قمنا بدراسة تجريبية تتمثل في إنتاج الهيدروجين الأخضر عبر التحليل الكهربائي للماء بواسطة الطاقة الشمسية في ولاية ورقلة، وذلك بهدف استغلال المياه وحرارة الشمس للحصول على طاقة نظيفة قابلة للاستعمال كوقود. ومن اجل تحقيق هذا الهدف قمنا بإجراء تركيب تجريبي لربط مباشر بين لوح كهر وشمسي ومحلل كهربائي للماء، بالإضافة إلى بعض أجهزة القياس الأخرى التي تساعدنا في دراسة المقادير المتعلقة

بالتجربة و(المتمثلة في الجهد الكهربائي للألواح الكهرو شمسية، التيار المار للمحل الكهربائي للماء وكمية واستطاعة ومردود إنتاج الهيدروجين وتخزينه لاستعماله فيما بعد).

الفصل الأول

1-1المقدمة:

تؤدي الطاقة دورا حيويا لا غنى عنه في عالمنا المعاصر، فقد اتضحت أهميتها في عملية التنمية وارتباطها الوثيق بمختلف مجالات التنمية المستدامة وأبعادها .أيضا ثمة اتجاه عالمي نحو اللجوء إلى مصادر الطاقة المتجددة نظرا لكونها تتميز بديمومة وجودها وعدم نفادها، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية والحرارية، لسد احتياجات الإنسان المتزايدة من الطاقة من ناحية، وخروجا من شبح نفاد موارد الطاقة الأحفورية غير المتجددة وعلى رأسها النفط والغاز من ناحية أخرى. في الفصل الأول، نعرض الطاقة المتجددة وأهميتها ومصادرها وأهدافها ودور الطاقة المتجددة. [3]

2-1تعريف الطاقة:

-الطاقة هي كمية فيزيائية يتم التعبير عنها بوحدة الجول في النظام العالمي للوحدات، ويعبر عن العمل المستخرج أو المطبق على المادة أي انه يمكن أن تتحول المادة إلى طاقة وبالعكس أيضا يمكن ان تتحول الطاقة إلى مادة، تأخذ الطاقة عدة أشكال مختلفة وتكون على شكل طاقة حرارية أو كيميائية أو كهربائية أو نووية أو ميكانيكية أو إشعاعية أو كامنة حيث إذا قمنا بتجميع صيغ كل من هذه الاشكال ، فإنها لن تتغير باستثناء الطاقة الداخلية والخارجية. [4]

3-1 تصنيف الطاقة:

- يمكن تصنيف الطاقة ومصدرها على مدى إمكانية تجدد تلك الطاقة واستمراريتها إلى صنفين :[5]

1-3-1 الطاقة غير المتجددة أو التقليدية:

- وتشمل الوقود الاحفوري مثل النفط ،و الغاز،و الفحم بكل أنواعه و تكونت هذه الأنواع عبر ملايين السنين في باطن الأرض وهي ذات أهمية كبيرة ، لأنها تخزن طاقة كيميائية من السهل إطلاقها كطاقة حرارية أثناء عملية الاحتراق وتشمل هذه المصادر أيضا الطاقة النووية التي تستخدم في عمليات توليد الكهرباء وفي تسيير السفن و الغواصات عن طريق استخدام الحرارة الناتجة عن عمليات الانشطار النووي في المفاعلات النووية وجميع مصادر الطاقة التقليدية تمتاز بأنها ناضبة أي أنها سوف تنتهي عبر زمن معين ،لكثرة استخدامها وهي متوفرة في الطبيعة بكميات محدودة وغير متجددة فضلا على أنها ملوثة للبيئة.

2-3-1 الطاقة المتجددة أو البديلة:

- وهي المصادر التي تتولد بصورة طبيعية ومستديمة وتتميز بأنها متوفرة في الطبيعة بصورة غير محدودة ة أحيانا محدودة ولكنها متجددة باستمرار، فضلا عل أنها نظيفة لا ينتج عن استخدامها أي تلوث بيئي وتشمل هذه المصادر، الطاقة الشمسية التي تعد المصدر الرئيسي للطاقة على سطح الأرض وكذلك طاقة الرياح وطاقة المد والجزر الناتجة عن قوى التجاذب ما بين الأرض والقمر والشمس وطاقة الأمواج وطاقة التدرج الحراري في مياه المحيطات ما بين طاقة الحرارة الجوفية والطاقة المتساقطة المائية. [6]

4-1 مصادر الطاقة:

- إن أهم مصادر الطاقة المستخدمة حاليا، وتلك المتوقعة أن تكون لها شان في توفير الطاقة للبشرية تكمن في:

1-4-1 /الوقود الاحفوري:

- يتشكل هذا الوقود الاحفوري عن طريق عمليات طبيعية كالتحلل اللاهوائي للكائنات الميتة، وعادة ما يتم إنتاجه ملايين السنين وأحيانا يتجاور 650 مليون سنة.

وتستخرج هذه المواد من باطن الأرض حيث تشترك مصادر الطاقة الأحفورية في مكوناتها في أنها تتكون من مواد هيدروكربونية (مركبات من الكربون والهيدروجين) إضافة إلى بعض الشوائب، ويستخرج هذا الوقود الاحفوري من المواد الأحفورية كالفحم الحجري والبترول والغاز الطبيعي. [7]

1-1-4-1 الغاز الطبيعي:

- الغاز الطبيعي هو مركب كربوني وهو احد المصادر الطاقة البديلة عن النفط ،ويحتل المرتبة الثالثة من حيث الاستهلاك العالمي من الطاقة ويعود تشكل هذا الغاز إلى بقايا المخلوقات الميتة المتواجدة في الطبقات الأرضية..[7]

الشكل (1-1): الغاز الطبيعي.

1-4-1-2/ الفحم:

- يوجد هناك العديد من أنواع الفحم المختلفة منها(الفحم الحجري و الفحم البني و الفحم القطراني) ،حيث يتميز الفحم الحجري من أكثر الأنواع قيمة وذلك لنقاوته و كثافته العالية ،إضافة انه يتكون من عنصر الكربون بشكل أساسي.[7]

1-4-1-3 البترول:

- النفط مادّة طبيعية تستخرج من التكوينات الجيولوجية في جوف الأرض، والتي قد تتجمّع فيها عبر عملية تحوّل بطيئة للمواد العضوية دامت عصوراً وحقبات طويلة نسبياً. يعرّف النفط كيميائياً أنّه مزيج معقّد من الهيدروكربونات؛ وهو يختلف في مظهره ولونه وتركيبه بشكل كبير حسب مكان استخراجه؛ ويعدّ من الخامات الطبيعية، [8] [9]

الشكل(1-2) البترول في الجزائر.

1-4-1-أ ايجابيات الوقود الأحفوري:

✓ يتميز الوقود الأحفوري بامتلاكه كثافة طاقة عالية.

✓سهولة نقله.

✓سهولة التخزين.

✓وبمعالجة الوقود الأحفوري بتروكيميائيا، يمكن الحصول على أنواع مختلفة منه، وخاصة من الوقود الأحفورية السائلة والغازية، حيث يتم استخراج وقود منها وذلك للاستعمالات المختلفة في المحركات والطائرات والسفن بعد المعالجة البتروكيميائية اللازمة. [10]

1-4-1-ب سلبيات الوقود الأحفوري:

✖احتراق الوقود الأحفورية الذي يعدّ من العوامل الرئيسية لتلوث الهواء والتسبب في الاحتباس الحراري ،مما يسبب في ارتفاع درجات الحرارة حول الأرض ويزيد في التصحر و الجفاف .

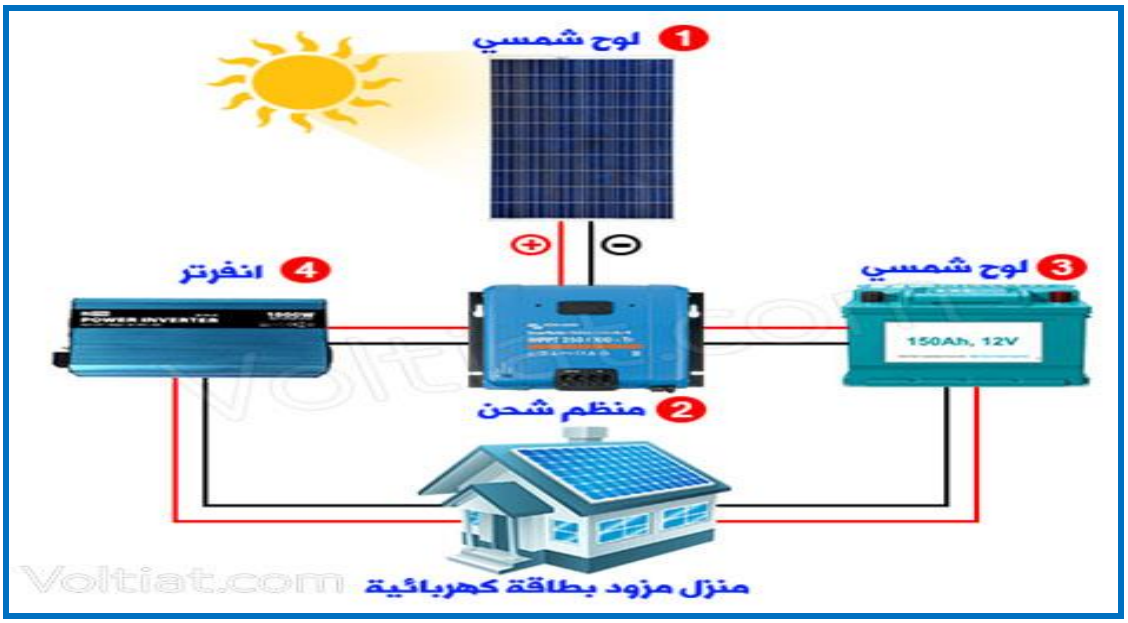
✖وقود غير متجددة.

✖التكلفة العالية لاستخراجه.

الشكل (1-3): التلوث الناتج عن احتراق الوقود الاحفوري.

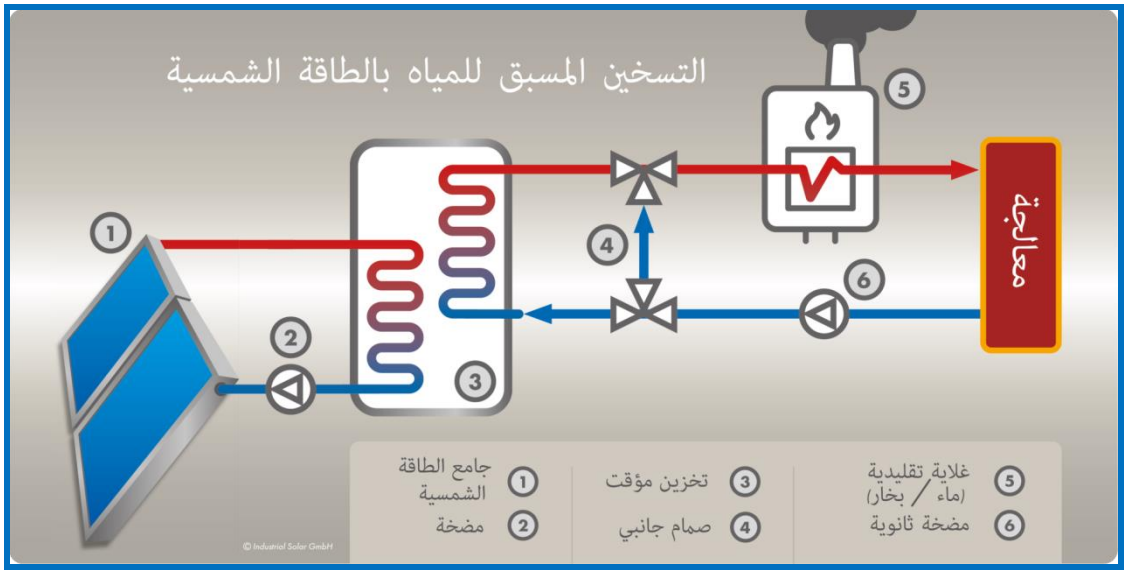
1-4-2الطاقة الشمسية:

- الطاقة الشمسية هي من أحد الطاقات المتجددة وهي عبارة عن الإشعاعات والحرارة الصادرة عن الشمس، اللتين قام الإنسان باستغلالهما لخدمة مصلحته ذلك من خلال استخدام مجموعة من الوسائل التكنولوجية المتطورة حيث يتم تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية وذلك من خلال استخدام محولات كهروضوئية أو محركات حرارية. [11]



الشكل (1-4): توصيل خلية الشمسية لإنتاج الكهرباء.

ويمكن أيضا استخدام الشمس في أنظمة التبريد والتسخين وهي من أبرز الأمثلة على استغلال الطاقة الشمسية كما يتم تقطير وتطهير الماء الصالح للشرب باستخدام الطاقة الشمسية كما يتم استغلالها في توليد درجات الحرارة المرتفعة لاستخدامها في أعمال صناعية، ومن المهم معرفة أن للطاقة الشمسية آثار إيجابية وأخرى سلبية، وهذه الآثار تترتب على طريقة الاستخدام. [11]



الشكل (1-5): المجمع الشمسي الحراري.

1-2-4-1 ايجابيات الطاقة الشمسية:

✓**طاقة متجددة وجديدة:** تعتبر الطاقة الشمسية البديل الأمثل لمنتجات الوقود الأحفوري التي تتضمن النفط، والغاز، والفحم الحجري، ذلك لأن هذه المصادر قاربت على الانتهاء، أما الطاقة الشمسية فهي غير قابلة للنفاذ لاعتمادها على أشعة الشمس التي يُتَوقع أن تستمر بالتوهج لمليارات السنين.

✓**صديقة للبيئة:** إن التكنولوجيا المستخدمة في إنتاج الطاقة الشمسية ليس لها تأثير يذكر على البيئة المحيطة مقارنة بالوقود الأحفوري، أي أنها طاقة آمنة، ونظيفة على جميع الكائنات الحية.

✓**عدم احتياجها للصيانة:** لا تحتاج معدات الطاقة الشمسية إلى صيانة دورية مكلفة، مع وجود حاجة للقليل من الصيانة.

✓**توفير المال:** أن عملية تركيب خلايا الألواح الشمسية في بادئة الأمر مكلفة نوعاً ما، لكن توفيرها للمال يكون كبير جداً على المدى البعيد، فهي تساهم في توليد طاقة كهربائية خاصة بالفرد، وتؤدي لتلاشي فواتير الكهرباء نهائيًا. [12]

1-4-2-2 سلبيات الطاقة الشمسية:

✖اعتماد الطاقة الشمسية على أشعة الشمس التي تسطع خلال النهار، وتختلف كمية الطاقة التي تجمعها الألواح الشمسية باختلاف المواسم واختلاف الوقت على مدار اليوم.

✖جودة الألواح الشمسية في تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء ليست عالية، وتصل فقط إلى 20% بالرغم من تكلفتها المرتفعة.

✖انخفاض القدرة على تجميع الطاقة الشمسية عند تواجد الغيوم، والضباب، والأمطار.

✖تركيب الألواح الشمسية في الخارج وتعرضها باستمرار لأشعة الشمس، مما قد يزيد من تلفها بسبب تعرضها للظروف الخارجية؛ مثل المطر، والثلج، والأوساخ، والغبار، والرياح، واختلاف درجات الحرارة. [12]

1-4-3 طاقة الرياح:

- هي طاقة مستخرجة من الطاقة الحركية للرياح بواسطة دوران عنفات الرياح لإنتاج الطاقة الكهربائية، وهي تعتبر من أنواع الطاقة الكهروميكانيكية. تعد طاقة الرياح أحد أنواع الطاقة المتجددة التي انتشر استخدامها كبديل من بدائل الطاقة. [13] كما نلاحظ الشكل التالي:

الشكل(1-6): استغلال طاقة الرياح في إنتاج الكهرباء باستخدام العنفات (مراوح) .

1-4-3-1ايجابيات طاقة الرياح:

✓طاقة نظيفة ومتجددة.

✓لا ينتج عنها انبعاثات مثل الغازات الدفيئة (غازات الاحتباس الحراري) أثناء التشغيل.

✓تحتاج إلى مساحات متفاوتة على حسب حجم المحطة ونوع الأبراج المستخدمة.

✓وأثرها على البيئة عادة ما يكون أقل إشكالية مصادر الطاقة الأخرى. [14]

1-4-3-2سليبات طاقة الرياح:

✖عدم توفر الرياح في أي مكان.

✖تكلفة عالية في البناء.

✖التوربين الهوائي له صوت مزعج.

✖طاقة أقل من المحطات العامة للوقود الأحفوري. [14]

1-4-4 طاقة المياه:

ـ تعرف الطاقة المائية بأنها أحد أشكال الطاقة المتجددة، والتي يتم إنتاجها باستخدام مياه الأنهار والسدود، حيث يتم الحصول على هذه الطاقة عن طريق الاستفادة من تدفق مياه الأنهار والسدود والتي تعمل على تحريك شفرات التوربينات لإنتاج طاقة ميكانيكية، ومن ثم يقوم مولد بتحويل هذه الطاقة إلى طاقة كهربائية، إذ تعرف الطاقة الكهربائية الناتجة عن هذه العملية باسم الطاقة الكهرومائية، ومن الجدير بالذكر أن الطاقة المائية تمثل حوالي 17% من إجمالي إنتاج الكهرباء.

تمتلك المياه طاقة يمكن الاستفادة منها بشكل كبير في مجالات عدة، مثل التنقل بالسفن واستخدام النواعير في طحن الحبوب وضخ المياه لري المزروعات وتستغل حاليا بشكل واسع في توليد الطاقة الكهربائية باستخدام السدود المائية وظاهرتي المد والجزر في المناطق القريبة من المسطحات المائية. [15]

الشكل (1-7): سد لتوليد الطاقة الكهربائية يعمل بالطاقة المائية.

1-4-4-1 ايجابيات طاقة المياه:

✓طاقة متجددة ونظيفة.

✓أكثر مصادر إنتاج الطاقة استدامة والتي يمكن الوصول إليها اليوم.

✓لا ينتج عنها انبعاثات خطرة.

✓تحسن الوضع السياحي للبلد والمنطقة التي تتواجد فيها.

1-4-4-2 سلبيات طاقة المياه:

✘يؤثر سلبيا على الحياة البحرية.

✘يتطلب إنشاء المحطات الكهرومائية تكلفه أولية مرتفعة عالية.

✖تضع السدود تهديد قائما بشأن إمكانية حدوث فيضانات. [16]

1-4-5طاقة الكتلة الحيوية:

- هي طاقة متجددة متوفرة من موارد مشتقة من المصادر الحيوية. والكتلة الحيوية هي أي مادة عضوية قامت بتخزين ضوء الشمس في شكل طاقة كيميائية. ومن الممكن أن يتضمن شكل الوقود منها الخشب ونفايات الخشب والقش والسماد وقصب السكر، والعديد من المنتجات الثانوية الأخرى الناتجة عن عمليات زراعية متنوعة. [17]

الشكل (1-8): محطات توليد الكهرباء بالطاقة الكتلة الحيوية.

1-5-4-1 ايجابيات الطاقة الحيوية:

✔طاقة متجددة ونظيفة.

✔توجد الكتلة الحيوية في أي مكان على هذا الكوكب وهي أرخص.

✔لا ينتج أي انبعاثات تقريبا من الجسيمات الصلبة أو الملوثات مثل النيتروجين أو الكبريت.

✔هناك أنواع عديدة من الكتلة الحيوية. [18]

2-5-4-1 سلبيات الطاقة الحيوية:

•تحتوي الكتلة الحيوية على رطوبة يجب تجفيفها قبل حرقها.

•تزداد تكلفة استخدام الكتلة الحيوية عندما يكون النقل والتخزين صعبا.

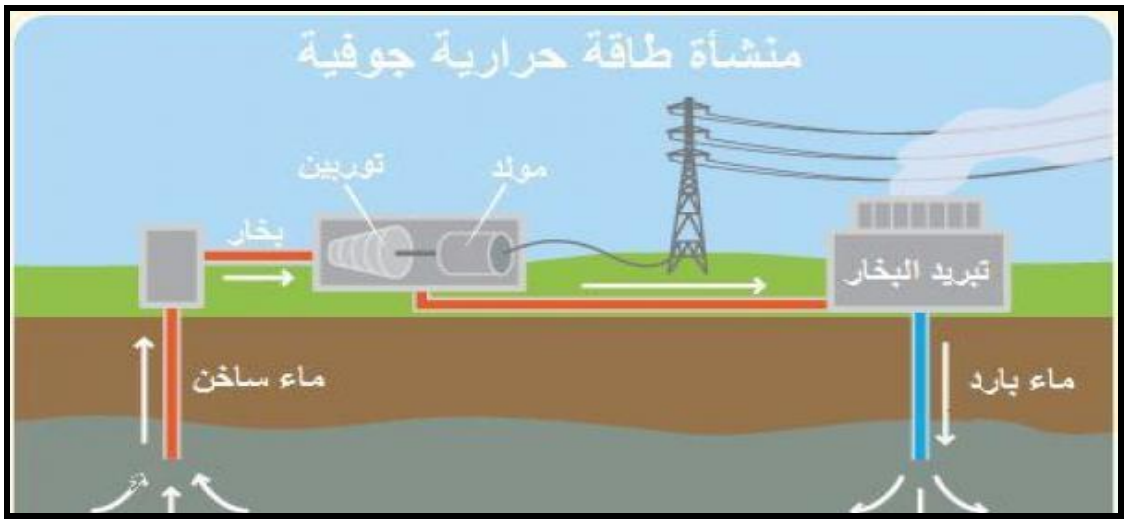
•ينتج عن احتراق الكتلة الحيوية مواد سامة، يجب ان يتم الاحتراق في درجات حرارة أعلى 900 درجة حرارة.

✖على الزعم من إن الكتلة الحيوية موجودة في كل مكان على الأرض فلا يوجد مكان مناسب لاستخدامها بسبب المساحة الكبيرة المطلوبة. [18]

1-4-6 طاقة الحرارة الجوفية:

- هي مصدر طاقة بديل ونضيف ومتجدد، وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات منشأ طبيعي مختزنة في الصهارة في باطن الأرض حيث يقدر أن أكثر من 99 ٪من كتلة الكرة الأرضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها 1000 درجة مئوية. [19]

وترتفع درجة الحرارة بزيادة تعمقنا في جوف الأرض بمعدل نحو 7 و2 درجة مئوية لكل 100متر في العمق أي أنها تصل إلى معدل 27 درجة مئوية على عمق 1Km، ويستفاد من هذه الطاقة الحرارية بشكل أساسي في توليد الكهرباء، ويتطلب ذلك حفر أنابيب كثيرة إلى أعماق سحيقة قد تصل إلى نحو 5Km، وفي بعض الأحيان تستخدم المياه الساخنة للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الأرض.



الشكل (1-9): آلية توليد الكهرباء بالاعتماد على الحرارة الأرضية.

1-4-6-1ايجابيات طاقة الحرارة الجوفية:

✓طاقة متجددة ونظيفة.

✓لا تنتج أي غازات مضرة للبيئة.

✓استخدام مباشر .

✓تستخدم في إنتاج الكهرباء. [19]

2-4-6-1 سلبيات طاقة الحرارة الجوفية:

✖يمكن إنشاء هذه المحطات الحرارية الجوفية فقط في المناطق التي تحتوي على صخور حارة.

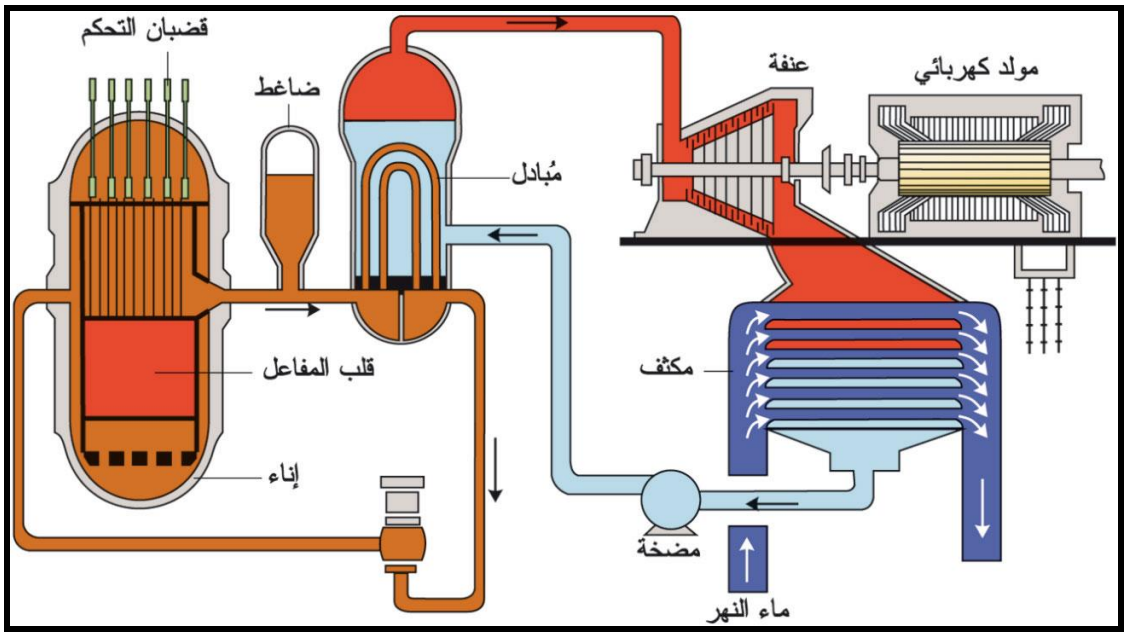
✖تعتبر هذه المحطات مكلفة جدا على رغم من أنها لا تعتمد على حرق الوقود الأحفوري.

✖إمكانية انطلاق غازات ضارة من الحفر التي تم حفرها لاستخراج بخار الماء. [20]

1-4-7الطاقة النووية:

ـ الطاقة النووية هي الطاقة التي يتم توليدها من تفاعلات الاندماج أو الانشطار الأنوية الذرية وتستغل هذه الطاقة في محطات توليد الكهرباء النووية، لتسخين الماء لإنتاج بخار الماء الذي يستخدم بعد ذلك لإنتاج الكهرباء. [21]

_و تعتبر محطات التوليد النووية نوعا من محطات التوليد الحراري البخاري حيث تقوم بتوليد البخار بالحرارة التي تتولد في فرن المفاعل [22]



الشكل (1-9): المفاعل النووي لتوليد الطاقة الكهربائية.

1-4-7-1ايجابيات الطاقة النووية:

✔طاقة نظيفة.

✔لا تعتمد على الوقود الاحفوري.

✔طاقة قوية وفعالة.

✔تكلفة قليلة للوقود أي يحتاج كمية من اليورانيوم لإنتاج الطاقة.

✔الكمية التي ينتجها 28 gمن اليورانيوم تساوي الطاقة التي ينتجها 100000kgمن الفحم. [23]

1-4-7-2 سلبيات الطاقة النووية:

- تكلفة أولية عالية جدا للبناء.
- النفايات المشعة .
- الإشعاعات النووية.
- توفير الوقود .
- غير متجددة.
- الكوارث النووية. [23]

1-5 أهمية الطاقة المتجددة:

ـ تُمثّل الطاقة المتجددة الناتجة من موارد طبيعية المنشأ، أو من عمليات تتجدد باستمرار، ويطلق عليها مسمى الطاقة النظيفة، وتُستخدم في عدة قطاعات منها؛ التدفئة، والنقل، والإنارة، وفيما يأتي ابراز أهمية الطاقة المتجددة:

✓**الاستقلال الاقتصادي والسياسي:**

- . تقلل من الاعتماد على الواردات من الوقود الأحفوري، مما يعزز الأمن الاقتصادي ويقلل من التأثر بالتقلبات السياسية.
- توفر فرص عمل محلية في مجالات تصنيع وتركيب وصيانة مشاريع الطاقة المتجددة.

✓**التكلفة المنخفضة:**

- شهدت تكلفة تقنيات الطاقة المتجددة انخفاضًا ملحوظًا في السنوات الأخيرة، مما يجعلها أكثر تنافسية مع مصادر الطاقة التقليدية.
- توفر استقرارًا في أسعار الطاقة على المدى الطويل، حيث لا تخضع لتقلبات أسعار الوقود الأحفوري

✓**تحسين الصحة العامة:**

- لا تنتج انبعاثات ملوثة للهواء أو الماء، مما يُحسّن من جودة الهواء ويقلل من الأمراض المرتبطة بتلوث الهواء.
- تُساهم في الحد من ظاهرة الاحتباس الحراري وتغير المناخ، مما يُقلل من المخاطر الصحية المرتبطة بهما.

✓**طاقة لا تنفذ:**

- . . مصدر متجدد ومستدام لا ينضب بمرور الوقت، على عكس مصادر الطاقة الأحفورية المحدودة.

- توفر ضمانًا لأمن الطاقة على المدى الطويل، وتُساهم في تحقيق التنمية المستدامة. [24]

الخاتمة:

تعد الطاقات المتجددة مجموعة من مصادر الطاقة التي يمكن تجديدها بشكل مستدام فهي نظيفة وصديقة للبيئة حيث لا تسبب انبعاثات ضارة للغلاف الجوي ولا تساهم في ظاهرة ا لاحتباس الحراري، وبالتالي فأنها تساهم في ضمان استدامة الطاقة على المدى الطويل، ولا تعتمد استنزاف الموارد الطبيعية غير المتجددة.

وعلى الرغم من فوائدها فان الطاقات المتجددة تواجه أيضا تحديات من بين هذه التحديات تكمن تكلفة تحويل البنية اللازمة للتوليد وتوزيع الطاقة المتجددة فان التقدم التكنولوجي والاستثمارات المستمرة في مجال الطاقات المتجددة تساهم في تحقيق التكاليف وتعزيز فعالية استخدامها.

الطاقات المتجددة تلعب دورا مهما في تنويع مصادر الطاقة وتحسين الاستدامة البيئية، ومن المتوقع أن تستمر التطورات التكنولوجية في هذا المجال مما يعزز اعتمادنا على الطاقات المتجددة ويساهم في الحد من التلوث وتغير المناخ.

قائمة المراجع الفصل الأول:

[1] مذكرات دراسة وتحسين توجيه الضوء الشمس –منيرة ممي-.

[2] كتاب الهيدروجين –وقود المستقبل-

[3] المجلة البحوث القانونية والاقتصادية العدد54 اكتوبر2013

[4] The Feynman lectures on physics; volume1.U.S.A: Addison Wesley.

[5] Robert Gasch, jochen Twele (ed.), wind power plants.fundamentals, design, construction and operation, springer2012. ISBN 978-3-642-22937

[6] كتاب مبادئ الطاقات المتجددة.

[7]https://www.chemistry1science.com/2022/03/blog-post.html

[8] خالد بن سلطان بن عبد العزيز" .البترول: معامل التكرير" .موسوعة "مقاتل من الصحراء"

[9] مصطفى يوسف كافي (2017(، *اقتصاديات الموارد والبيئة*، المنهل

[10]www.alghad.com/m/articels / الطاقة الشمسية إيجابيات و سلبيات /875405

[11] الطاقة الشمسية– إيجابيات وسلبيات www.alghad.com/m/articels/875405 /

[12] موقع موضوع كوم مميزات وعيوب الطاقة الشمسية

[13] https://www.twinkl.com/teaching-wiki/taqt-alryah

[14] .مجلة " دويتشلاند " أون لاين النسخة العربية.

[15] *" معلومات عن طاقة مائية على موقع* enciclopedia-aragonesa.com

[16] ايجابيات وسلبيات الطاقة الكهرومائية –مقالة عربية.

[17] طاقة الحيوية –ويكيبيديا-

[18] ايجابيات وسلبيات الطاقة الحيوية الطاقة المتجددة الخضراء.

[19] مصادر الطاقة النظيفة. الكاتب وهيب عيسى الناصر وحنان مبارك البوقالسة ص3

[20] مميزات وعيوب الطاقة المدية.mawdoo3

hettps://www.almrsal.com/post/451773.4 [21]

https://www.chemistry1science.com/2022/03/blog-post.html [22]

[23] موقع موضوع كوم. مقال آل جابر 8 فيفري www.alghad.com/m/arti2018 .

[24]

موضوع.كوم

: https://mawdoo3.com/%D8%A3%D9%87%D9%85%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D8%B7%D8%A7%D9%82%D8%A9_%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%AA%D8%AC%D8%AF%D8%AF%D8%A9

الفصل الثاني

2-1المقدمة:

إنتاج الهيدروجين يعتبر عملية هامة في العديد من الصناعات، ويمكن ان يتم بواسطة الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة، مما يؤدي إلى إنتاج الهيدروجين الأخضر الذي يعير وقودا نظيفا ومستداما يتم تقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الكهرباء المتجددة في عملية تعرف باسم التحليل الكهربائي [1] [2]

الهيدروجين الأخضر يتميز بعدم انبعاث الغازات الضارة خلال الإنتاج أو الاحتراق، كما انه قابل للتخزين ومتعدد الاستخدامات، حيث يمكن تحويله إلى كهرباء أو غاز اصطناعي للاستخدام في مختلف القطاعات [3]

إنتاج الهيدروجين الأخضر يعد حلا مستداما وفعلا من انبعاثات الكربون، ويشهد اهتماما متزايد من العديد من الدول والشركات نظرا للفوائد البيئية والاقتصادية. [4]

2-2 تعريف الهيدروجين:

الهيدروجين هو عنصري كيميائي له الرمز **H**وله العدد الذري1.يقع الهيدروجين في الجدول الدوري ضمن عناصر الدورة الأولى وفوق عناصر المجموعة الأولى في الظروف القياسية من الضغط و الحرارة يكون الهيدروجين غازا عديم اللون و الرائحة ،سريع الاشتعال ،غير سام ،تنائي الذرة أحادي التكافؤ له الصيغة الجزيئية H_2 .أكثر نظائر الهيدروجين وفرة هو *البروثيوم*، الذي له الرمز ^1H ويتألّف من بروتون واحد فقط دون وجود نيوترونات في النواة.[5]

يعدّ الهيدروجين أخفّ العناصر الكيميائيّة وأكثرها، وفرة في الكون، حيث يشكّل 75% من حجم الكون. إنّ أغلب الهيدروجين الموجود على الأرض يوجد على شكل جزيئي. وذلك بدخوله على شكل رابطة تساهمية في بنية الماء ومعظم المركبات العضوية. [6]

2-3 طاقة الهيدروجين:

الهيدروجين هو عنصر كيميائي و هو غاز عديم اللون و الرائحة و غير سام و هو أخف من العناصر الموجودة في الطبيعة وكتلته الحجمية $M=0.09g/l$ فهو أخف من الهواء بحوالي 14 مرة وله قدرة كبيرة على الانتشار في الجو و وزنه الذري 1.0079 و له نظائر هما الديتريوم و التيتريوم، و مع ذلك، فهو يتواجد في تركيبة مع العناصر الأخرى.الهيدروجين ليس مصدر رئيسي للطاقة.و مع ذلك يصبح حاملا جذابا و مهما للطاقة عندما ينفصل عن العناصر الأخرى باستخدام مصادر الطاقة.و من المفترض أن يكون الهيدروجين الوقود النظيف للطاقة مستقبلا و خاصة لأغراض التخزين ونقل الطاقة.السعة التخزينية لطاقة الهيدروجين ممتازة لأن الحسابات تبين أن كل كيلو غر ام من الهيدروجين يحتوي تقريبا على 33 KWh من الطاقة.[7]..[إن المزايا الرئيسية لاستخدام الهيدروجين للتزويد بالطاقة تتضمن:

✓مصدر طاقة آمن لتخفيض واردات النفط فمن الممكن استخدام الموارد المحلية لإنتاج الهيدروجين مما يؤدي إلى استقلالية مجال الطاقة.

✓الاستدامة من خلال الاستفادة من مصادر الطاقة المتجددة، حيث يمكن إنتاج الهيدروجين من مصادر الطاقة المتجددة.

✓أقل تلوثا من خلال إنتاج صفري للكربون تقريبا، حيث يمكن للهيدروجين أن يحل محل الوقود الأحفوري لتوفير الطاقة الكهربائية ووقود النقل.

✓الجدوى الاقتصادية للهيدروجين التي يتحمل أن يشكل أسواق للطاقة العالمية في المستقبل.

✓يمكن تخزين وتوزيع الهيدروجين بعدة طرق.

2-4أنواع الهيدروجين:

2-4-1الهيدروجين الرمادي:

وهو ينتج من الغاز الطبيعي، الذي يحتوي على هيدروجين لأنه "ميثان"، أي ذرّة كربون من 4 ذرات هيدروجين، وهناك عملية معروفة اسمها "إصلاح الميثان بالبخار"، أي يُستعمل الغاز الطبيعي مادةً خامًا لإنتاج الهيدروجين، ويُستعمل التسخين الحراري من خلال الغاز نفسه، وهي الطريقة الأقل تكلفة والأكثر شيوعًا.

2-4-2الهيدروجين الأسود:

يُستعمل الفحم في إنتاج هذا النوع من الهيدروجين، وذلك من خلال تغويزه، أي تحويله إلى غاز، ومن ثم يمكن استعمال الغاز المنتَج من الفحم في عملية الإنتاج، وأحيانًا يُطلَق عليه "البني"، وهي الطريقة الأكثر تلويثًا للبيئة.

2-4-3الهيدروجين الأزرق:

يمكن إنتاج الهيدروجين الأزرق من إحدى الطريقتين السابقتين، سواء بالفحم أو الغاز، ولكن ما يفرّقه عنهما هو أن عملية الإنتاج تتضمن احتجاز الكربون وتخزينه.

2-4-4الهيدروجين الأخضر:

مع تجنّب استعمال الوقود الأحفوري، يمكن استعمال المياه التي تحتوي على الهيدروجين والأكسجين، ففي حالة إجراء عملية تحليل كهربائي للماء، ينفصل الماء إلى جزيء أكسجين وجزيء هيدروجين، وفي هذه الحالة يتكون الهيدروجين الأخضر، بإشارة إلى أن مصدر الطاقة من المصادر المتجددة.

2-4-5الهيدروجين الأصفر:

يمكن إنتاج الهيدروجين الأصفر من الماء أيضًا، ولكن بدلًا من استعمال الطاقة المتجددة تُستَعمل الطاقة النووية، وأحيانًا يُطلق عليه اسم "الوردي.

2-4-6الهيدروجين الفيروزي:

تجري فيه أكسدة الغاز الطبيعي أو الكتلة الحيوية وعلى الرغم من أن هذه هي التصنيفات المتداولة عالميًا، وفي المؤسسات الدولية الكبرى، فإن لجنة الخبراء في الأمم المتحدة قررت الابتعاد عن التصنيف بالألوان، والاتجاه إلى تصنيفات أخرى قد تعتمد على الانبعاثات، تكون معبّرة بشكل أكبر، ويكون هناك نوع من توحيد المصطلحات.

الشكل(2-1):تمثل الصورة أنواع الهيدروجين حسب المادة الخام.

2-4-7تصنيفات أخرى للهيدروجين:

بعد الحديث عن كيفية إنتاج الهيدروجين، يمكن تصنيف الهيدروجين أيضًا حسب الطريقة والمادة المستعملة في إنتاجه، فالمنتَج من الغاز الطبيعي أو الفحم يسمى هيدروجينيا غير متجدد، بينما إذا كان منتَجًا من الماء، يُطلَق عليه في هذه الحالة هيدروجين متجدد.

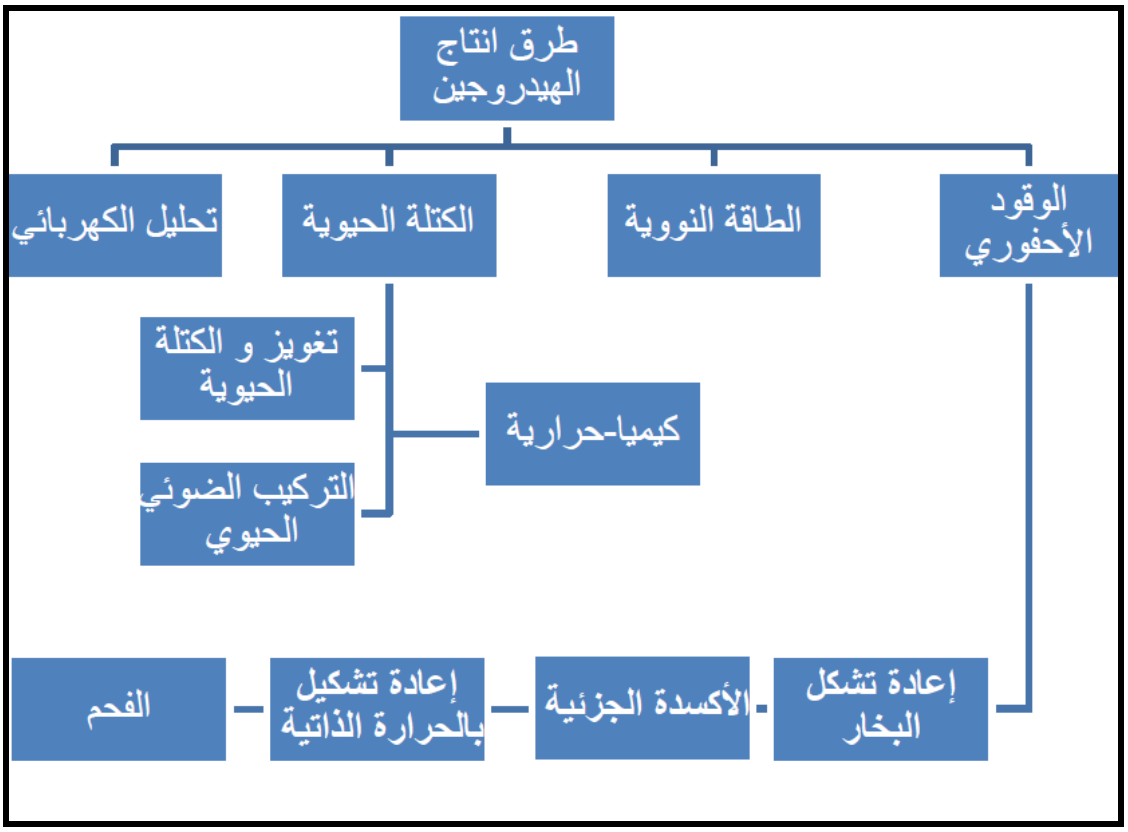
وهناك مسميات أخرى بدأت تظهر على الساحة الدولية، مثل الهيدروجين منخفض الكربون، والهيدروجين الخالي من الكربون.

وهنا نشير إلى أنه في حالة إنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري، فيكون هيدروجينا عالي الكربون، وفي حالة إنتاجه من الوقود الأحفوري مع احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، فيكون منخفض الكربون، أمّا في حالة إنتاجه من الماء، فيكون خاليًا من الكربون.

ويبلغ إنتاج الهيدروجين عالميًا 95 مليون طن متري، بنهاية 2022، مقابل 94 مليون طن العام السابق له (2021)، مع استحواذ الهيدروجين الأخضر ومنخفض الكربون على 1% فقط. [8]

2-5 إنتاج الهيدروجين:

عند الحديث عن كيفية إنتاج الهيدروجين، ينبغي النظر إلى أمرين، الأول هو المادة الخام التي سينتج منها، والثاني هو الوقود المستعمل في عملية الإنتاج، خاصة أنه له عدّة مصادر، غير موجود بصفة عنصر حرّ في الطبيعة إلّا في حالات نادرة جدًا.يمكن إنتاج الهيدروجين من مجموعة متنوعة من المواد الأولية. وتشمل هذه الموارد الأحفورية، مثل الغاز الطبيعي والفحم، فضلاً عن الموارد المتجددة، مثل الكتلة الحيوية والمياه بمدخلات منها مصادر الطاقة المتجددة (مثل ضوء الشمس أو الرياح أو الأمواج أو الطاقة المائية. [8][9]



مخطط الشكل(2-2): مصادر الطاقة الرئيسية لإنتاج الهيدروجين.

2-5-1الهيدروجين من الوقود الأحفوري:

يمكن إنتاج الهيدروجين من معظم أنواع الوقود الأحفوري. يختلف تعقيد العمليات، وفي هذا الفصل تتم مناقشة إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي والفحم بإيجاز ثاني أكسيد الكربون.
يتم إنتاجه كمنتج ثانوي، ويجب احتجاز ثاني أكسيد الكربون لضمان عملية مستدامة (انبعاثات صفرية). ستختلف جدوى العمليات فيما يتعلق بمصنع الإنتاج المركزي أو الموزع.

2-5-2الإنتاج من الغاز الطبيعي

يمكن حاليا إنتاج الهيدروجين من الغاز الطبيعي، عن طريق ثلاث عمليات كيميائية مختلفة:

2-5-2-1الإصلاح بالبخار (إصلاح بخار الميثان – SMR):

يتضمن إصلاح البخار التحويل الماص للحرارة للميثان وبخار الماء إلى هيدروجين وأول أكسيد الكربون (2.1). غالبًا ما يتم توفير الحرارة من احتراق بعض غاز الميثان غاز التغذية. تحدث هذه العملية عادةً عند درجات حرارة تتراوح من 700 إلى 850 درجة مئوية وضغوط تتراوح من 3 إلى 25 بار.

يحتوي الغاز الناتج على حوالي 12% من ثاني أكسيد الكربون، والذي يمكن تحويله أيضًا إلى ثاني أكسيد الكربون ومن خلال تفاعل تحول الماء وغاز الهيدروجين (1.1).

(1.1) $CH4 + H2O + heat \rightarrow CO + 3H2$

(2.1) $CO + H2O \rightarrow CO2 + H2 + heat$

2-5-2-2 الأكسدة الجزئية (POX):

الأكسدة الجزئية للغاز الطبيعي هي العملية التي يتم من خلالها إنتاج الهيدروجين من خلال الجزئي احتراق الميثان مع غاز الأكسجين لإنتاج أول أكسيد الكربون والهيدروجين (1.3). في هذه العملية، يتم إنتاج الحرارة في تفاعل طارد للحرارة، وبالتالي من الممكن الحصول على تصميم أكثر إحكاما حيث لا توجد حاجة لأي تسخين خارجي للمفاعل. يتم تحويل ثاني أكسيد الكربون الناتج بشكل أكبر إلى H2 كما هو موضح في المعادلة (1.1).

(1.3) $CH4 + 1/2O2 \rightarrow CO + 2H2 + heat$

2-5-2-3الإصلاح الحراري الذاتي (ATR):

الإصلاح الحراري الذاتي هو مزيج من الإصلاح بالبخار (1.2) والأكسدة الجزئية (1.3).

التفاعل الكلي طارد للحرارة، وبالتالي يطلق الحرارة. درجة حرارة الخروج من المفاعل تتراوح درجة الحرارة بين 950 إلى 1100 درجة مئوية، ويمكن أن يصل ضغط الغاز إلى 100 بار. مرة أخرى، CO. يتم تحويله إلى H2 من خلال تفاعل تحول الماء والغاز (1.1). ضرورة تنقية المخرجات تضيف الغازات إلى تكاليف المصنع بشكل كبير وتقلل من الكفاءة الإجمالية.

2-5-2 الإنتاج من الفحم:

يمكن إنتاج الهيدروجين من الفحم من خلال مجموعة متنوعة من عمليات التغويز (مثل الطبقة الثابتة، مميعة أو تدفق محصور). ومن الناحية العملية، يفضل استخدام عمليات التدفق المحصور ذات درجة الحرارة العالية لتعظيم تحويل الكربون إلى غاز، وبالتالي تجنب تكوين كميات كبيرة من الفحم، القطران والفينولات. ويرد التفاعل النموذجي لهذه العملية في المعادلة (1.4)، حيث يوجد الكربون تحويلها إلى أول أكسيد الكربون والهيدروجين.

$$C(s) + H2O + heat \rightarrow CO + H2 \qquad \textbf{(1.4)}$$

2-5-3-1التغويزات

هو عملية تحويل المواد التي تحوي في تركيبها على الكربون مثل الفحم والكتلة الحيوية الى أول أكسيد الكربون والهيدروجين وذلك بتفاعل المواد الخام عند درجات حرارة عالية مع كميات من الأوكسجين متحكم بها ينتج عن هذه العملية مزيج غازي يدعى غاز الاصطناع، وتعتبر عملية التغويز من العمليات الفعالة لاستخراج الطاقة من المواد العضوية.

2-5-3-2 التغويز من الفحم

هو عملية كيميائية الهدف منها تحويل الكربون (C) في الفحم إلى مركبات غازية قابلة للاشتعال. كانت العملية تتم في السابق من أجل الحصول على غاز الفحم من أجل استخدامه تستخدم العملية بشكل واسع من أجل الحصول على إنارة املدن، ولكن حاليا غاز الاصطناع المهم في الصناعات الكيميائية.

2-5-3-3التقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون:

ينتج عن جميع عمليات إنتاج الهيدروجين من الوقود الأحفوري انبعاثات ثاني أكسيد الكربون, تختلف كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة حسب محتوى الهيدروجين في المادة الأولية ،حيث يتطلب احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه (CCS) للحصول على هيدروجين نقي (صفر انبعاثات) تُعرف هذه العملية بإزالة الكربون.

خيارات التقاط ثاني أكسيد الكربون:

✓ **ما بعد الاحتراق:**

- يتم إزالة ثاني أكسيد الكربون من غازات العادم من محطات توليد الطاقة.
- يمكن استخدام تقنيات مثل امتصاص الأمين.

✓ **ما قبل الاحتراق**

- يتم التقاط ثاني أكسيد الكربون أثناء عملية إنتاج الهيدروجين.

✓ **احتراق وقود الأكسجين:**

- يتم حرق الوقود الأحفوري باستخدام الأكسجين النقي.
- ينتج عن ذلك غازات عادم غنية بثاني أكسيد الكربون، يسهل فصلها **[9]**

2-5-4 من الدورات الكيموحرارية:

تقوم هذه الطريقة على إنتاج الهيدروجين بواسطة تفاعل الماء مع بعض المواد الكيمائية، ويعد سلسة من هذه التفاعلات يتحول الماء إلى أكسجين وهيدروجين وتعود المركبات الكيمائية إلى حالتها الأصلية، وهناك عديد من المركبات الكيمائية التي يمكن استخدامها في سلسلة التفاعلات لإنتاج الهيدروجين. [10]

تستخدم هذه الدورات الحرارية بما في ذلك الغاز الطبيعي والفحم بالإضافة إلى الكتلة الحيوية لإنتاج الهيدروجين، فبعض العمليات الحرارية تستخدم الحرارة جنبا إلى جنب مع دورات كيميائية مغلقه لإنتاج الهيدروجين من الموارد الأولية مثل دورات) اليود/الكبريت) و (كلور/الحديد) ، ولكن من رغم إنتاج الهيدروجين من هذه التفاعلات إلا أن سلسلة التفاعلات لم تنتهي لذا لبدا من إكمال سلسلة التفاعلات. [11]

2-5-5 إنتاج الهيدروجين من الكتلة الحيوية

في عمليات تحويل الكتلة الحيوية، يتم عادةً إنتاج الغاز المحتوي على الهيدروجين بطريقة مشابهة لتغويز الفحم ومع ذلك، لا توجد مصانع تجارية لإنتاج الهيدروجين من الكتلة الحيوية. حاليا، المسارات المتبعة هي التغويز بالبخار (مباشر أو غير مباشر)، تغويز التدفق المحصور، ومفاهيم أكثر تقدمًا مثل التغويز في المياه فوق الحرجة، تطبيق الدورات الكيميائية الحرارية، أو تحويل المواد الوسيطة (مثل الإيثانول، النفط الحيوي أو الخشب

المذعور). لم يصل أي من المفاهيم إلى مرحلة العرض التوضيحي لإنتاج الهيدروجين. تغويز الكتلة الحيوية هو مجال بحث وتطوير مشترك بين إنتاج الهيدروجين وإنتاج الوقود الحيوي.

✓إعداد الأعلاف وتحديد خصائص المواد الأولية التي ستسمح بها التقنيات للتطوير.

✓ تغويز الكتلة الحيوية وهذا لا يقتصر على الهيدروجين، ولكنه يتعلق بالكتلة الحيوية العامة ومسارات وأبحاث الطاقة المتجددة.

✓التعامل مع الغاز الخام وتنظيفه.

✓مشاكل الواجهة وتكامل النظام وينبغي للمرء أيضا التحقيق في العلاقة بين حجم الإنتاج ومتطلبات جودة الوقود والتفاوتات التي يمكن استيعابها للتقنيات المعنية. [9]

2-5-5-1تغويز الكتلة الحيوية:

تغويز الكتلة الحيوية عبارة عن عملية خاضعة للرقابة تتضمن الحرارة والبخار والأكسجين لتحويل الكتلة الحيوية إلى هيدروجين ومنتجات أخرى دون احتراق. تعتبر هذه التكنولوجيا ناضجة ولديها القدرة على خفض صافي انبعاثات الكربون إذا اقترنت باحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. [12]

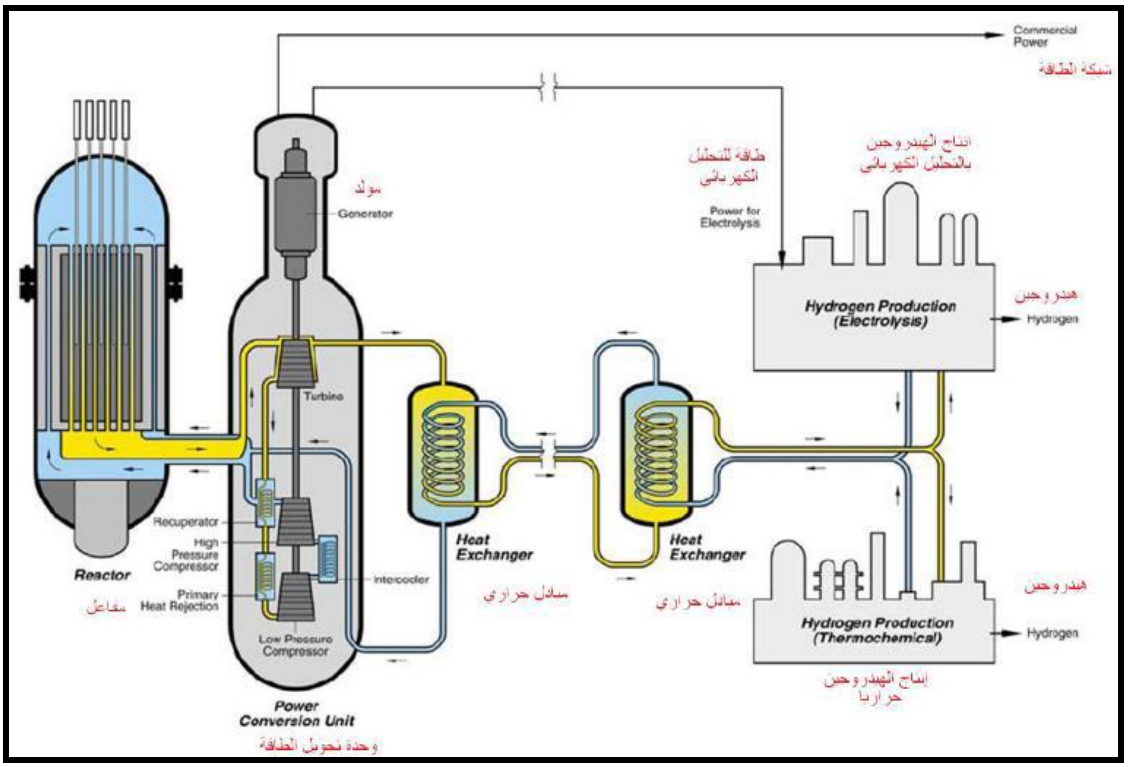
2-5-5-2 التركيب الضوئي الحيوية:

في عملية التركيب الضوئي تقوم أوراق النباتات بامتصاص الفوتونات من الضوء وطاقة هذه الفوتونات تحلل الماء إلى أوكسجين وهيدروجين. بعد ذلك يحصل تفاعل بين ثاني أوكسيد الكربون والهيدروجين لإنتاج المواد الكربوهيدراتية وإطلاق الأوكسجين إلى الجو، إن عملية التفاعل هذه معروفة جيدا، وهي التي تؤدي إلى خلق حالة من التوازن في مكونات الغلاف الجوي، ومن الواضح أن عملية التركيب الضوئي هذا لا تؤدي إلى إنتاج الهيدروجين، لكن هناك عمليات تركيب ضوئي أخرى تؤدي إلى إنتاج الهيدروجين، اذ أن بعض الطحالب التي تنمو في المياه تقوم أيضا بامتصاص الضوء وبعد سلسلة من التفاعلات تقوم بإطلاق الهيدروجين. [13]

2-5-6إنتاج الهيدروجين من الطاقة النووية

تتمتع القوى النووية بمجموعة متنوعة من التطبيقات غير الكهربائية بالإضافة إلى إنتاج الهيدروجين. ومن هذه التطبيقات التدفئة في الأحياء السكنية للمنازل والشركات، والتدفئة والتبريد للأغراض الصناعية وتحلية مياه البحر لزيادة توافر مياه الشرب.

فقد صُمّمت أنظمة جديدة للطاقة النووية بغية تحسين الاستخدامات الكهربائية وغير الكهربائية بالإضافة إلى التكامل مع المصادر المتجددة. [14]

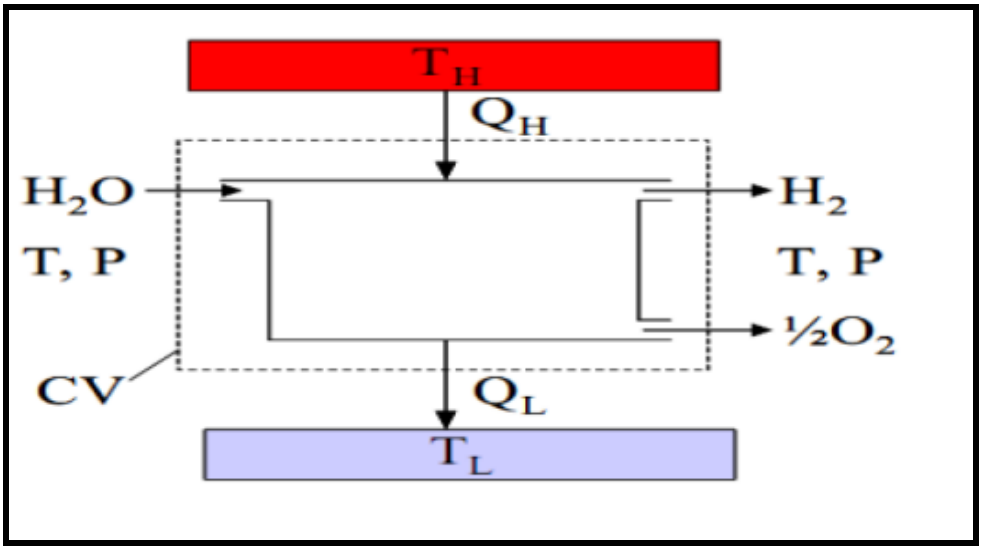


الشكل(2-4): مخطط يوضح طريقة العمل بالطاقة النووية

2-5-7 إنتاج الهيدروجين من الطاقة الحرارية

تستخدم هذه الطريقة لإنتاج الهيدروجين وذلك بالتفكيك الحراري للماء ويتم ذلك بأسلوبين:

✓نعرض الماء إلى الحرارة عالية تفوق 2500 درجة مؤية فيتفكك الماء إلى أوكسجين وهيدروجين ولضمان إنتاج نسبة معتبرة من الهيدروجين يتطلب حرارة عالية إضافة إلى توفير المواد القابلة لتحمل هذه الحرارة هذه العملية غير مرغوب فيها على الغالب وأمرها مكلف وليس بالسهل، كما يو ضح الشكل التالي مايلي: [15]



الشكل (2-5):رسم يوضح الطريقة الحرارية للماء.

2-5-8 طرق إنتاج غاز الهيدروجين من الماء:

يُعَدُّ غاز الهيدروجين مادة وقود محتملة للمستقبل بسبب خفته وقدرته على التوصيل الحراري. يُستخدم في العديد من المجالات مثل اللحام كغاز واقٍ، ووقود للصواريخ، وفي محطات توليد الطاقة كمصدر للكهرباء. هناك العديد من الطرق لإنتاج غاز الهيدروجين، وأهمها:

2-5-8-1 طريقة الإزاحة:

تتم عن طريق تفاعل فلز مع الماء، مثل الصوديوم أو المغنيسيوم، مما يؤدي إلى إزاحة الهيدروجين وتكوين هيدروكسيد الفلز. ومع ذلك، تعتبر هذه الطريقة مكلفة لأنها تستخدم فلزات غير متجددة.

2-5-8-2طريقة التحليل الكهربائي للماء:

تتم عن طريق تمرير تيار كهربائي عبر محلول مائي يحتوي على ملح، مما يؤدي إلى تفكيك الماء إلى هيدروجين وأكسجين. تعتبر هذه الطريقة أكثر فعالية واقتصادية.

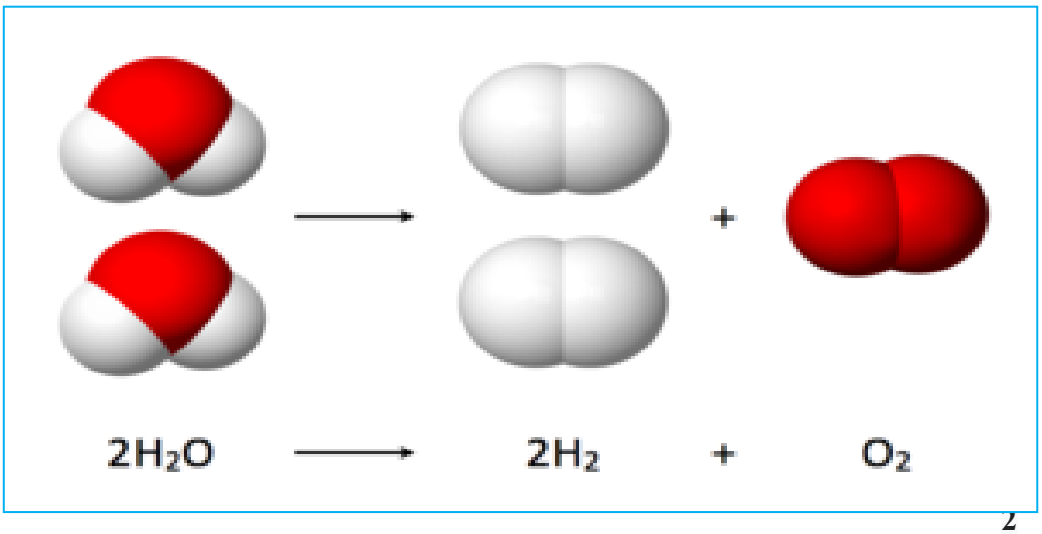
2-5-8-3 طريقة اختزال بخار الماء بالكربون:

تتم عن طريق تفاعل الفحم الحجري مع بخار الماء لإنتاج غاز الهيدروجين وأول أكسيد الكربون. تعتبر هذه الطريقة صناعية وتحتاج إلى تكنولوجيا متطورة

2-5-8-4 طريقة الين:

تتم عن طريق تمرير بخار الماء الساخن على فلز الحديد الساخن ليصل إلى درجة الاحمرار، مما يؤدي إلى تفاعل وتحلل الماء إلى هيدروجين وأكسجين.

يعد إنتاج غاز الهيدروجين من الماء باستخدام الطاقة المتجددة والمستدامة واحدة من أهم التحديات التي يواجهها العلماء والصناعة في سبيل تطوير وقود الهيدروجين كبديل نظيف وفعال للطاقة في المستقبل. [16]



2

الشكل (2-6) :رسم تخطيطي لـلمعادلة الكيمائية للتحليل الكهربائي للماء.

2-5-8-5 التحليل الكهربائي القلوي

يحدث تفاعل بين قطبين كهربائيين في محلول يتكون من الماء والإلكتروليت السائل. عند تطبيق جهد كافي، تأخذ جزيئات الماء الإلكترونات لتكوين أيونات OH وجزيء .H2 تنتقل أيونات OH عبر المحلول باتجاه القطب الموجب، حيث تتحد وتتخلى عن إلكتروناتها الزائدة لتكوين الماء والإلكترونات و.O2

يتم منع إعادة تركيب الهيدروجين والأكسجين في هذه المرحلة عن طريق غشاء التبادل الأيوني IMET®الحاصل على براءة اختراع. غشاء IMET® مصنوع من مواد غير عضوية عالية المقاومة. يبقى المنحل بالكهرباء في النظام بسبب عملية إعادة تدوير ذات حلقة مغلقة وخالية من المضخات. [17]

2-5-8-6التحليل الكهربائي للحمض(غشاء تبادل البروتون)PEM

2-5-8-6-1مبدأ عمل الخلية PEM

يعتمد مبدأ العمل في هذه الخلية على وجود غشاء فاصل أي الالكتروليت والمحفز الذي يصنع عادة من مسحوق البلاتين الذي يكسو ورق الكربون ويوضع الجانب المطلي بالبلاتين جهة غشاء تبادل البروتونات من البلاتين، لدى دخول الهيدروجين (H_2)إلى الخلية يعمل البلاتين على فصله إلى بروتون وإلكترون ويسمح الغشاء الفاصل بمرور البروتونات ولا يسمح بمرور الالكترونات التي تجد وسيلة للعبور إلا من خلال مجمعات التيار، والحصول على تيار كهربائي مستمر(DC)،وفي الناحية المقابلة من الغشاء عند القطب الثاني المهبط (يتحد الإلكترون مع البروتون بوجود المحفز مرة أخرى مع وجود الأوكسجين يتكون الماء(H_2O)وتنتشر الحرارة وتتم التفاعلات فيها ها على الشكل الآتي: [18]

التفاعلات في القطب الموجب(Anode Réaction)

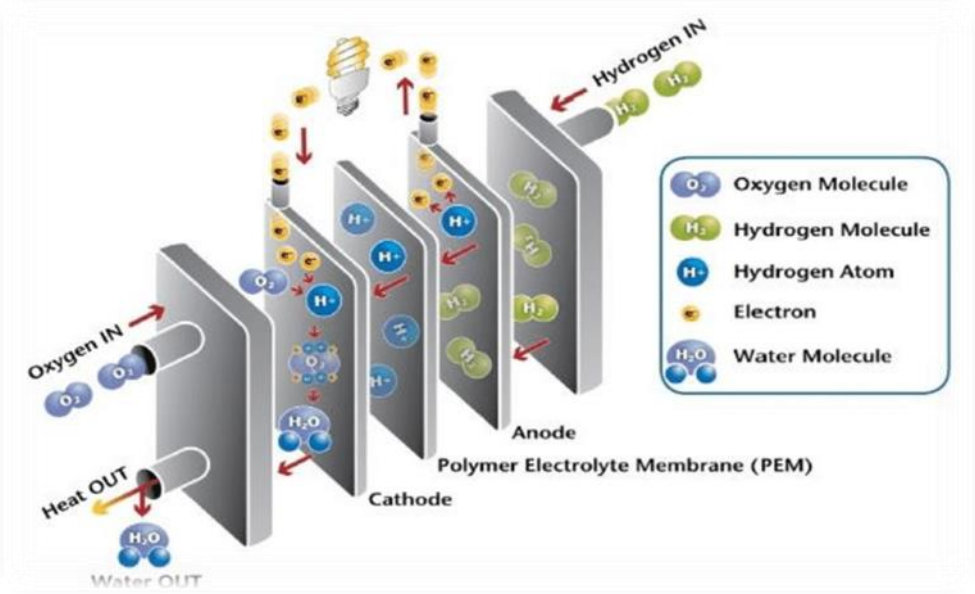
$$2H_2 \longrightarrow 4H^+ + 4e^-$$

التفاعلات في القطب السالب(Cathode Réaction)

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O$$

التفاعل النهائي(OverallCell Réaction)

$$2H2 + O2 \longrightarrow 2H2O$$



الشكل (2-7):صور يمثل خليةPEM.

2-5-8-7التحليل الكهربائي بارتفاع درجة حرارة PET

هذه التكنولوجيا نتيجة لتطور في خلايا الوقود والأهم من ذلك توفير الكهرباء والحرارة من اجل الحفاظ على الحرارة العالية المطلوبة حيث يهدف هذا النوع من التحليل الكهربائي إلى مقارنته بنظام الشمسي أو المفاعل النووي ذوي درجات حرارة عالية _ .تعتبر هذه التقنية مماثلة للتحليل الكهربائي القلوي و لكن تستخدم بخار الماء بدل من الماء السائل حيث أن هذه الطريقة تدرس حاليا إنتاج الهيدروجين مع الأوكسجين كمنتج ثانوي و يمكن أن يكون في المستقبل أكثر فعالية من التحليل الكهربائي للماء و ذلك الا ان بعض الطاقة المطلوبة للتفاعل يمكن توفيرها بالحرارة وهي اقل تكلفة من الكهرباء وهو أكثر كفاءة .ولا يمكن المقارنة بالتحويلات الكيميائية الهيدروكربونية حيث أن هذه التفاعلات التي تعتمد على كفاءتها فقط بل مع اخذ كمية الانبعاثات ل CO2 وبالتالي فان مصادر الطاقة الحرارية كلها غير كيميائية بما في ذلك مصادر طاقة الحرارية الأرضية والمفاعلات

النووية والمجمعات الشمسية [19] .

2-5-8-8التحليل الضوئي للماء PEC

التحليل الضوئي للماء هي طريقة يتم فيها تحليل الماء بالكهرباء الناتجة من المحفز الضوئي مع أشباه الموصلات حيث أن الخلايا الكهروضوئية تكون مغمورة في الماء ومقابلة لأشعة الشمس حيث يتم عنها تحليل الماء إلى أوكسجين وهيدروجين فقط، ويمكن بالأجهزة الضوئية أو الكهر وضوئية وهناك أربعة مراحل رئيسية في هذه الطريقة:

✓لابد أن تكون اللوحة معرضة لأشعة الشمس.

✓تتم عملية الأكسدة في الانود لإنتاج جزيئات الأوكسجين (O).

✓تنتقل الايونات الهيدروجين(H^+)والالكترونات من الأنود إلى الكاثود .

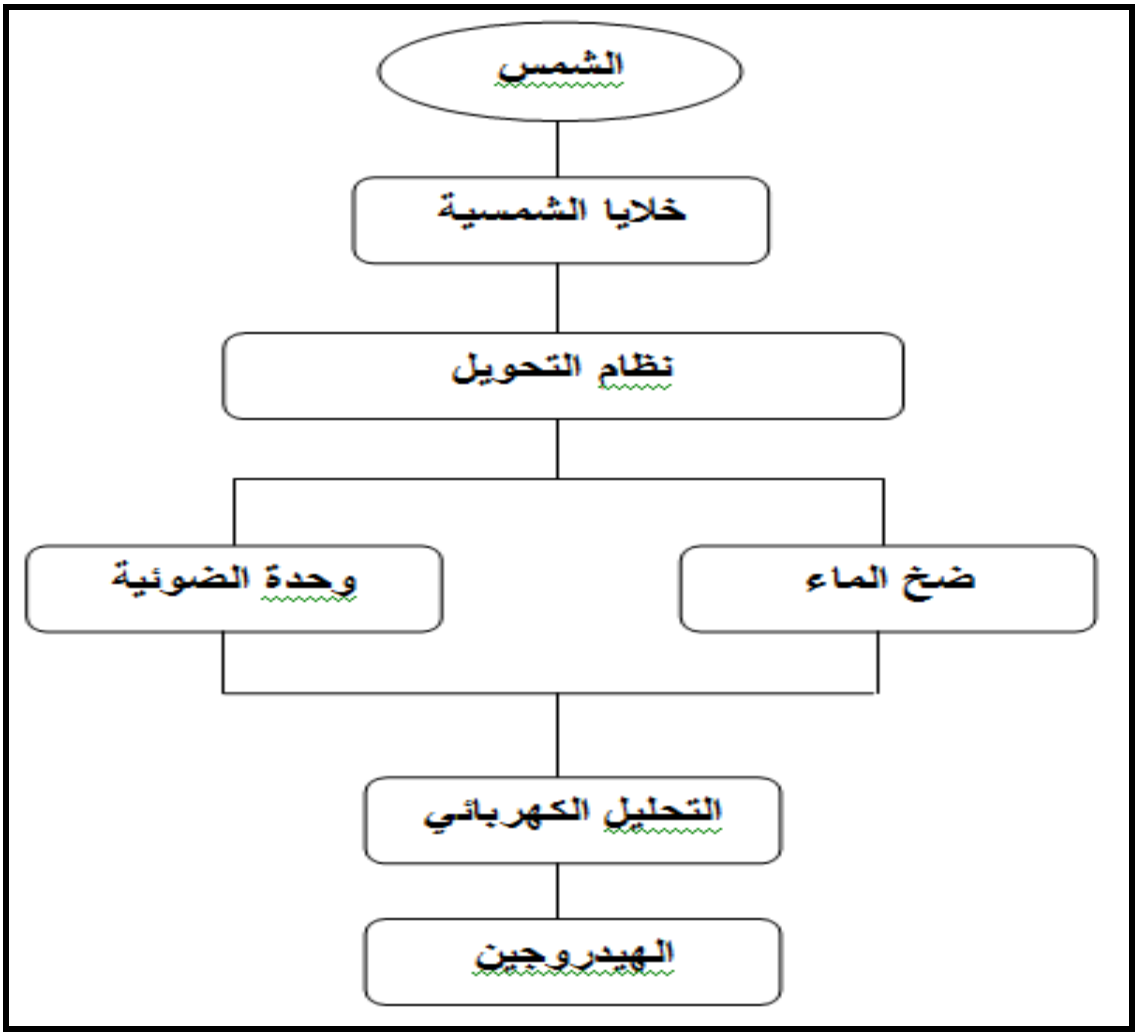
✓تنخفض ايونات الهيدروجين لتشكل جزيئات الهيدروجين(H_2)في الكاثود.

وفوائد هذه الطريقة هي إنتاج المباشر للهيدروجين وتعتبر تكاليف هذه الطريقة في زيادة محتملة من ناحية الكفاءة العامة، وأخيرا فان أهم حاجز تكنولوجي في هذه الطريقة يكمل في صناعة أشباه الموصلات ومن ناحية أخرى فهي قادرة على امتصاص الفوتونات الشمسية. [9]

6-2إنتاج الهيدروجين باستغلال مصادر الطاقات المتجددة:

6-2-1 الطاقة الشمسية

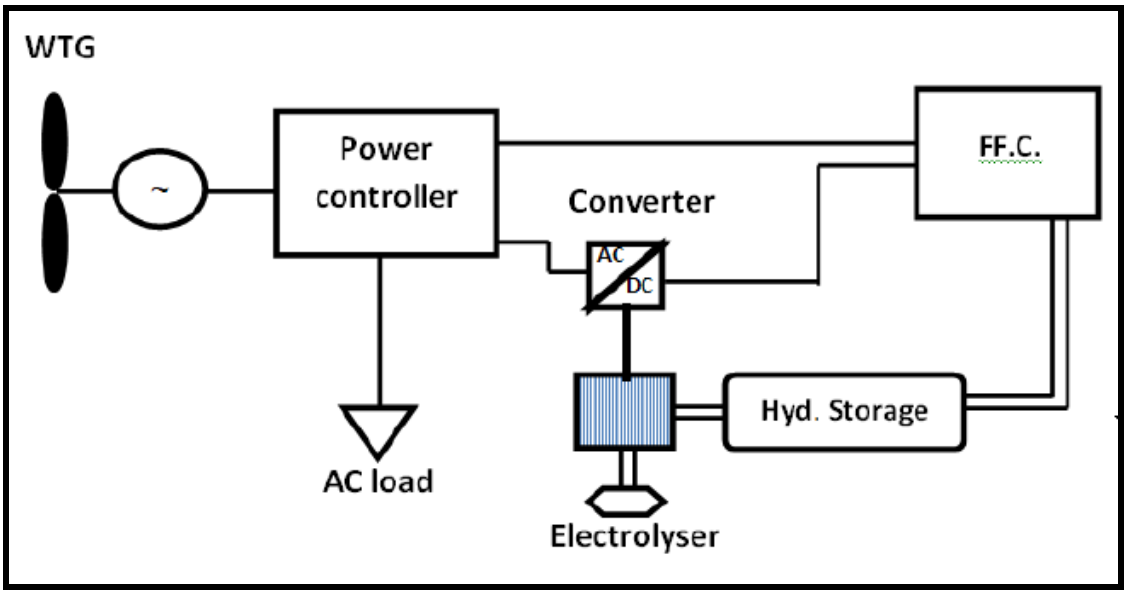
يمكن استخدام الطاقة الكهربائية الناتجة من نظام الطاقة الشمسية للقيام بعملية تحليل المياه ثم إنتاج الهيدروجين وتعد هذه الطريقة من أنظف الطرق المستخدمة لتوليد الهيدروجين. لكن الجانب السلبي الحالي لإنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية هي تكاليف التركيب العالية وكفاءة الهيدروجين أقل من ذلك الناتج من الوقود الأحفوري. [20].



الشكل (2-8): التمثيل التخطيطي لنظام شمسي – هيدروجيني.

2-6-2طاقة الرياح

يستخدم التحليل الكهربائي للماء بواسطة طاقة الرياح، نفس مبدأ التحليل الكهربائي للماء بواسطة الطاقة الشمسية، بينما طاقة الرياح هي أسهل وأنظف طريقة لإنتاج الهيدروجين بالمقارنة مع المصادر المتجددة الأخرى، فهي أرخص وأكثر كفاءة في إنتاج الهيدروجين، لكنها تتطلب بنية صلبة وممتازة لبناء نظام طاقة الرياح. [20]



الشكل(2-9): مخطط رمزي لنظام ريحي – هيدروجيني.

2-7-3إنتاج الهيدروجين من النظام الهجين:

تستخدم أنظمة الطاقة المتجددة الهجينة كحل واعد لمعالجة القضايا المتعلقة بمصادر الطاقة الفردية. وعادة ما يستخدم نظام الطاقة الخضراء الهجين مختلف مصادر الطاقة المتجددة، مثل الرياح والطاقة الشمسية معاً. من فوائد الأنظمة الهجينة أنها تعتمد على مصادر متعددة للطاقة المتجددة لتوفير طاقة متسقة وغير منقطعة. بالتالي فإن توفر الطاقة هذا سيعوض عن عدم وثوقية مصادر الطاقة المتجددة الفردية ويقلل من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. عادة ما تكون هذه الأنظمة قريبة جدا من مكان الطلب وبالتالي فهي تقل فرصة من تكلف كابلات النقل وتسهل الوصول السريع من حيث الإصلاح والصيانة. [20]

2-8تخزين الهيدروجين

يعد الهيدروجين أحد الحلول المتوقعة لحل مشكلة تخزين الطاقة المتجددة والتحكم بمواعيد تغذية الشبكة من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. إن أبرز طرق تخزين الهيدروجين هي: [18]

2-8-1تخزين الهيدروجين على شكل غاز

من مساوئ الهيدروجين أن نسبة الطاقة إلى الحجم منخفضة بالمقارنة مع الغازات الهيدروكربونية أي أنه للحصول على طاقة من الهيدروجين مماثلة لطاقة من غاز هيدروكربوني فإن ذلك يتطلب خزانا بحجم أكبر بكثير. لتخزين الهيدروجين بشكل غاز، يجب ضغطه إلى قيم ضغط (550 بار – 700 بار)وهذه الخزانات مستخدمة في السيارات. [18]

2-8-1-1ضغط الهيدروجين:

يتم ضغط الهيدروجين الغازي :((CGH2) الهيدروجين الغازي المضغوط) وتخزينه في أوعية ضغط الهيدروجين التي يجب أن تكون قادرة على تحمل الضغط العالي جدًا. طريقة التخزين هذه مثالية للتخزين الثابت، على سبيل المثال. في تطبيقات الهاتف المتحرك للسيارات والمركبات التجارية. يعد تخزين الغاز المضغوط عند 700 بار هو الحل الأكثر تقدمًا حتى الآن. [18]

2-8-2الهيدروجين السائل

يمكن تخزين الهيدروجين بشكل سائل من مستوعبات وخزانات بحيث تتحمل ولكن لتحويل الهيدروجين من غاز إلى سائل فإن ذلك يتطلب ضياعات كبيرة في الطاقة وذلك بسبب درجة غليانه المرتفعة 271.20 كلفن الى879.252 درجة مئوية. [18]

2-8-3تخزين الهيدروجين على شكل صلب:

يمكن تخزين الهيدروجين في المادة الصلبة تبعا لطريقتين أساسيتين وذلك حسب نوع ارتباط الهيدروجين بالصلب، فإما أن يكون الارتباط فيزيائي) :physorption) وهي ظاهرة سطحية يتم فيها امتصاص غاز الهيدروجين فيزيائيا من قبل مساحة كبيرة للمادة المتفاعلة. وإما أن يكون الارتباط كيميائي chemisorption) :)وفي هذه الحالة يشكل الهيدروجين مركب كيميائي مع المادة المتفاعلة. عندما يلامس الهيدروجين سطح المادة الصلبة، يتفكك إلى ذرتين هيدروجين منتشرتين في المادة الصلبة التي بدورها تشكل رابطة كيميائية معها. تمثل مواد تخزين الهيدروجين المرتبطة كيميائياً هيدريدات المعدن، يحتوي هيدريد المعادن على اعلي كثافة تخزين للهيدروجين غاز من MgH2 (لـ 36.5 H atoms/cm3)الهيدروجين غاز من(0.99 H atoms/cm3) [18]

2-8-4التخزين بالعناصر:

يمكن تخزين الهيدروجين عن طريق ربطه بعناصر مختلفة يمكن استخراجه منها لاحقا ومن الأمثلة عن هذه الطرق:

•الاهتزاز وهو يعني تراكم جزئيات مادة ما (الهيدروجين في حالتنا هنا) على سطح مادة صلبة وتسمى المازو بهذه العملية يتم تشكيل طبقة من الجزئيات والتيتكون تراكمت بكثافة على سطح ألماز .

•الهيدريد الفراغي – hydrides Interstitial يطلق مصلح هيدريد على المركبات الحاوية على ذرات هيدروجين في روابطها ويتميز الهيدريد الفراغي برابطة معدنية ومن أشهر هذه الهيدريدات الفراغية هو الباليديوم Palladium.

•الهيدريد المعقد مثلNaAlH4. [18]

2-8-5أشكال بديلة لتخزين الهيدروجين:

لاستخدام طريقة بديلة لمواجهة تحديات الحفاظ على الضغط أو درجة الحرارة، يتم استخدام ما يسمى بحاملات الهيدروجين. عندما يتشكل تخزين الهيدروجين، يستخدمون تقنيات تعتمد على الترابط الفيزيائي أو الكيميائي للهيدروجين بمادة أخرى. [21]

2-8-6التخزين بالامتصاص في هيدرات المعادن:

يمكن للهيدروجين أن يشكل مركبًا كيميائيًا بمعدن أو سبيكة، وهو ما يسمى بالهيدريد المعدني، والذي يسمح بتخزين الحالة الصلبة: عندما يتلامس الهيدروجين مع سطح مادة التخزين، تنقسم جزيئات الهيدروجين إلى هيدروجين ذري وتخترق المادة. ومع ذلك، فإن هذا له عيب يتمثل في أن وزن مادة التخزين مرتفع نسبيًا مقارنة بالهيدروجين الممتص. [21]

2-8-7حامل الهيدروجين العضوي السائلLOHC :

تخزن ناقلات الهيدروجين العضوية السائلة (LOHC) الهيدروجين في وسط ناقل سائل عضوي. خلال هذه العملية، يتم تحويل الهيدروجين إلى مادة أخرى عن طريق الترابط الكيميائي، مما يسمح بالتخزين بدون ضغط ونقل كميات كبيرة حتى في درجة حرارة الغرفة. عن طريق عكس التفاعل الكيميائي، يتم إطلاق الهيدروجين من المادة الحاملة.

تتضمن أمثلة أنظمة LOHC هدرجة المواد العضوية، وتشكيل الكحولات مع أول أكسيد الكربون، والاقتران بالزيوت، أو حتى استخدام الأمونيا كمادة حاملة للهيدروجين.

سواء كانت غازية أو سائلة أو ثابتة أو متحركة أو في وسط ناقل صلب، فإن كل طريقة لتخزين الهيدروجين لها مكانها. يفرض التطبيق المحدد استخدام تقنية التخزين، حيث يجب معالجة التحديات التالية:

- ✓يجب مراعاة الكفاءة الكلية لسلسلة تحويل الطاقة (الطاقة الكهربائية إلى الهيدروجين إلى طاقة كهربائية).
- ✓يجب مراعاة القابلية العالية للاشتعال أو مدى قابلية الاشتعال الواسع.
- ✓يعد تخزين الكميات الكبيرة تحديًا نظرًا لحجم التخزين الكبير المطلوب، خاصة في المركبات.
- ✓يمكن للهيدروجين الهروب بسهولة من خلال التسرب.
- ✓التبريد المستمر ضروري عند تخزين الهيدروجين السائل. [21]

الشكل (2-10) :صورة تمثل استخدام الهيدروجين كوقود.

2-9الهيدروجين الأخضر:

الهيدروجين هو أبسط وأصغر عنصر في الجدول الدوري. وبغض النظر عن كيفية إنتاجه، فإنه ينتهي بنفس الجزيء الخالي من الكربون.

ومع ذلك، فإن مسارات إنتاجه متنّوعة للغاية، وكذلك انبعاثات غازات الاحتباس الحراري مثل ثاني أكسيد الكربون (CO2) والميثان.(CH4)

وينتج الهيدروجين الأخضر عند القيام بفصل المياه عن طريق التحليل الكهربائي، والذي يستلزم تمرير تيار كهربائي خلالها.

وبذلك تنفصل جزيئات المياه إلى هيدروجين وأكسجين. وبهذه الطريقة، يمكن استخراج الهيدروجين من المياه، كما ينطلق الأكسجين في الهواء.

يُعرَّف الهيدروجين الأخضر بأنه هيدروجين ينتج عن طريق تقسيم الماء إلى هيدروجين وأكسجين باستخدام الكهرباء المتجددة. هذا مسار مختلف تمامًا مقارنة بكل من الرمادي والأزرق.

يتم إنتاج الهيدروجين الرمادي تقليديًا من الميثان(CH4) ، وينقسم بالبخار إلى الكربون

- السبب الرئيسي لتغير المناخ والهيدروجين.

تم إنتاج الهيدروجين الرمادي أيضًا بشكل متزايد من الفحم، مع انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أعلى بكثير لكل وحدة من الهيدروجين المنتجة، كثيرًا ما يسمى الهيدروجين البني أو الأسود بدلاً من الرمادي.

-على عكس الطاقة المتجددة، يحتاج التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين الأخضر إلى زيادة كبيرة وتقليل تكلفته ثلاث مرات على الأقل خلال العقد أو العقدين المقبلين. [22]

الشكل(2-11):صورة تعبر عن استمداد الهيدروجين من الطبيعة الخضراء.

2-10إنتاج الهيدروجين الأخضر

يتطلب التحليل الكهربائي للماء، في المعتاد، استهلاك قدر كبيرٍ من الطاقة الكهربائية، مما أعاق إنتاج الهيدروجين بتلك الطريقة على مدى عقود. ومع تغير الوضع تبعا للتطور العلمي شهدت آلات التحليل الكهربي زيادة في كفاءتها، إضافة لتَوافُر فائض من الكهرباء المتجددة بكميات كبيرة في شبكات توزيع الكهرباء؛ فعوضًا عن تخزين الكهرباء الفائضة في مجموعات كبيرة من البطاريات، يمكن الاستعانة في عملية التحليل الكهربائي للماء، ومن ثم «تخزين» الكهرباء في صورة هيدروجين.

مع وجود الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، أو في المناطق الغنية بالشمس التي يُعد توليد الكهرباء فيها أرخص كثيرًا من الكهرباء القائمة على الوقود الأحفوري، تقترب أسعار الهيدروجين الأخضر الناتج عن التحليل الكهربائي كثيرًا من أسعار الهيدروجين الرمادي الذي يتم إنتاجه باستخدام الوقود الهيدروكربوني؛ إذ لا يمثل النوع الأخير من الهيدروجين تحسينًا للوقود التقليدي فيما يتعلق بانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتأثيره على التغيير المناخي.

كما يُمكن للهيدروجين الأخضر زيادة نسبة مساهمة الطاقة المتجددة؛ إذ يُمكن تخزينه لفترات أطول، ويمكن نقله إلى أماكن لا تتوفر فيها إمكانية توليد طاقة متجددة، كما أنه يُمكن لباقة متنوعة من القطاعات الصناعية،

كما يعد الهيدروجين ناقلاً للطاقة متعدد الاستخدامات ونظيفاً ويتمتع بالمرونة، ويمثّل في قطاعات كثيرة البديل الأفضل أو الوحيد لوقف انبعاثات الكربون. [22]

الشكل(2-12):صورة تمثل كيفية إنتاج الهيدروجين الأخضر.

2-11استخدامات الهيدروجين الأخضر

يملك الهيدروجين من عناصر القوة ما يجعل الاستغناء عنه أمراً مستبعداً. في أوروبا مثلاً، يمثّل الهيدروجين البديل البيئي الوحيد للغاز الذي يجري توزيعه عبر الشبكة العامة لتدفئة أكثر من 40 في المائة من منازل الاتحاد الأوروبي، ولتوفير نحو 15 في المائة من الطاقة اللازمة للصناعة الأوروبية.

وفي قطاع النقل، يمثّل الوقود الهيدروجيني أحد أفضل الخيارات الواعدة للحدّ من الانبعاثات الكربونية لوسائل النقل، نظراً لكثافته الضئيلة التي تجعل وزنه منخفضاً، ولزمن تعبئته القصير مقارنة بزمن شحن البطاريات المستخدمة في السيارات الكهربائية. ولا تقتصر تطبيقات الهيدروجين على توليد الكهرباء، بل يمكن حرقه أيضاً لتوليد الطاقة في محركات الدفع الصاروخي.

ويُستخدم الهيدروجين لإنتاج حرارة مرتفعة تلبي حاجة الصناعات الثقيلة. كما يمكن توظيفه كمادة خام كيميائية في صناعة الصلب وإنتاج الأمونيا ومعامل التكرير وغيرها، أو كميتان صناعي لتقليل العمليات المسببة في انبعاثات عالية لثاني أكسيد الكربون، كما في إنتاج الإسمنت والصناعات البلاستيكية[22]

2-12تصدير الهيدروجين؟

بالإمكان نقل الهيدروجين للمسافات القصيرة من خلال شاحنات خاصة، ولكن بالنسبة للمسافات البعيدة ستكون السفن والأنابيب هي الأنسب، ونظراً لعدم وجود سفن خاصة الآن لنقل الهيدروجين سوف يتم تصديره من خلال تحويله إلى مادة الأمونيا التي يسهل نقلها على سفن خاصة لذلك. [22]

2-13خزن الهيدروجين ونقله

هناك ثلاث طرق سائدة لخزن الهيدروجين - :

✓كغاز هيدروجين في خزانات ذات ضغط عال وهذه الطريقة لها الأفضلية.

✓كسائل مبرد جدا.

✓ كمزيج من سائل باردو هيدروجين صلب.

✓إمكانية خزن الهيدروجين من خلال امتصاصه في مادة سائلة أو صلبة.

الشكل(2-13):صورة تمثل خزن الهيدروجين.

ورغم أن الطريقتين الأوليتين هما قيد الاستخدام ألان إلا أنهما تحتاجان إلى ظروف محكمة، فضغط الخزان يكون عادة بين 34.5إلى 69 ضغط جوي .

لكي نتمكن من الاستعمال الفعال للهيدروجين كحامل للطاقة في المستقبل، فلابد من اعتماد نظام موثوق به قادر على خزن الهدروجين دونما خطر تسربه وقادر على الاستجابة للمتطلبات الطاقوية سواء من ناحية الجودة أو التكاليف وتنكب حاليا مجموعات من فرق البحث على هذه المسألة التي رصد لها ميزانيات هامة من برامج البحث والتطوير في هذا الميدان. فخزن الهيدروجين على العموم لا يطرح أي مشكل تقني أكثر من الغاز الطبيعي. إلا أن ضعف الكثافة الطاقوية الحجمية لديه تعوق استعماله في حالته الغازية في وسائل النقل نظرا لكبر

حجمه.واستعمال الهيدروجين سائل ينهي مشكلة الحجم، إلا أن التكلفة الطاقوية لتسييل نفس الكمية من الهيدروجين هي أكبر أربعة أضعاف منها عند ضغط الهيدروجين إلى 700 بار. فضغط الهيدروجين إلى 700 بار يستوجب 10% من الكمية الطاقوية المتوفر عليها الغاز قبل ضغطه في حين يستوجب تسييل الغاز 40% من الطاقة الأصلية للغاز قبل تسييله.

يعتبرالخزن الكيماوي للهيدروجين في مواد هيدريدية عن طريق الامتصاص أو الخزن الفيزيائي عن طريق الاهتزاز في كريات دقيقة أو في مواد كربونية ذات بنيات مكونة من أوعية دقيقة، من التقنيات الواعدة والمرشحة لأن تلعب دورا هاما في مجال تخزين الهيدروجين وخاصة فيما يخص استعماله فيا النقل . [18]

الشكل(2-14): خزانات الهيدروجين الأخضر.

2-14المخاطر

مثل أي غاز، يمكن ضغط الهيدروجين وتخزينه في خزانات، ثم استخدامه حسب الحاجة. ومع ذلك، فإن حجم الهيدروجين أكبر بكثير من حجم الهيدروكربونات الأخرى؛ ما يقرب من أربعة أضعاف الغاز الطبيعي.

يتطلب تخزينه ضغطًا يصل إلى 700 مرة من الضغط الجوي العادي أو التبريد إلى 253 درجة مئوية تحت الصفر، وهو ما يقرب من الصفر المطلق. تشير التقديرات إلى أن تكلفة القيام بذلك يمكن أن تضيف أي شيء من 60 سنتًا إلى 7 دولارات للكيلوغرام، مما يجعلها أقل قدرة على المنافسة مع أنواع الوقود الأخرى. علاوة على تكلفة التخزين، هناك مشكلة في الأنابيب .[23].

2-15المزايا والعيوب

2-15-1المزايا

✓**مستدام:** الهيدروجين الأخضر لا ينبعث منه غازات ملوثة سواء أثناء الاحتراق أو أثناء الإنتاج.

✓**قابل للتخزين:** من السهل تخزين الهيدروجين، مما يسمح باستخدامه لاحقًا لأغراض أخرى وفي أوقات أخرى غير مباشرة بعد إنتاجه .

متعدد الاستخدامات:

يمكن تحويل الهيدروجين الأخضر إلى كهرباء أو غاز اصطناعي واستخدامه للأغراض المنزلية أو التجارية أو الصناعية أو التنقل. [24]

2-15-2العيوب

×استهلاك عالي للطاقة:

يتطلب إنتاج الهيدروجين عمومًا والهيدروجين الأخضر خصوصًا طاقة أكثر من أنواع الوقود الأخرى

×قضايا السلامة:

الهيدروجين عنصر شديد التقلب وقابل للاشتعال ولذلك يلزم اتخاذ تدابير أمان شاملة لمنع التسرب والانفجارات. [25]

الخاتمة

سيلعب الهيدروجين دورا حاسما في حل مشكلة الموسمية لمصادر الطاقة المتجددة وتحديات استقرار الشبكة المرافقة لازدياد نسبة التوليد من محطات الطاقة المتجددة فيها. ولكن أمام الهيدروجين اليوم تحديان أساسيان: الأول، اقتصادية الحلول المقترنة بالهيدروجين وخفض تكاليف الإنتاج. ثانيا، زيادة كفاءة حلول نقله وتخزينه .إن اقتصادية الحلول المقترنة بالهيدروجين تتحسن بشكل سريع، ولهذا فمن المحتمل أن نرى في القريب العاجل ثمرة ذلك. [18]

قائمة المراجع الفضل الثاني :

[1]الهيدروجين كمصدر الطاقة خضراء في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

[2] الهيدروجين الأخضر ما كل ما تريد معرفته عن وقود المستقبل

[3] هيدروجين اخضر –ويكيبيديا-

[4] الموقع الحرة

[5]العنصر هيدروجين معمل جيفرسون

[6] " الهيدروجين في الكون" .ناسا. مؤرشف من الأصل في 29 أكتوبر 2014

[7] strategy based on short-term generation scheduling for a renewable microgrid using a

[8] Attaqa (فريق الطاقة الدكتور احمد بدر 2022/06/20)

[9] المرجع من مذكرة HYDROGEN PRODUCTION AND STORAGE

[10]L. Schlapbach, A. Zuttel: "Hydrogen-storage materials for mobile applications", Nature, 414 (15 Nov. 2001), p. 353-357

[11]. F. WERKOFF (CEA) – Mémento de l'hydrogène : fiche 3.2.2 – mars 2007 - Association Française de l'Hydrogène : http://www.afh2.org/

[12]https://ar.kindle-tech.com/faqs/how-do-you-produce-hydrogen-from-biomass

[13] **تكنولوجيا الطاقة البديلة المؤلف : د. سعود يوسف عياش**

[14] https://www.iaea.org/ar/bulletin/alquaa-alnawawiat-walaintiqal-iilaa-alttaqat-alnazifa/akthar-min-mjrd-msdr-lilquaa

[15] المرجع.من مذكرة جراد تاج الدين

[16] المرجع(مجلة عمون).**07-08-2023 02:05 PM**

[17] https://www.accelerazero.com/ar/electrolyzers/alkaline

[18] المرجع:مطبوعة في مقياس خلايا الوقود وإنتاج الهيدروجين من إعداد الدكتور عطية محمد الهادي

Hashimoto A and al., Development of PEM water electrolysis type hydrogen production system for WE-NET, proceedings of 14th WHEC, Montreal, 2002. [19]

[20] Prospect of Green Hydrogen Generation from Hybrid Renewable Energy Sources: A Review

https://www.tuv.com/landingpage/ar/hydrogen-technology/main-navigation/storage/ [21]

https://www.al-jazirah.com/2021/20210205/xy1.htm [22]

https://www.greentechmedia.com/articles/read/green-hydrogen-explained نسخة محفوظة 2021-06-01 على موقع واي باك مشين. [23]

https://www.forbes.com/sites/mikescott/2020/12/14/green-hydrogen-the-fuel-of-the-future-set-for-50-fold-expansion [24]

https://www.pwc.com/gx/en/industries/energy-utilities-resources/future-energy/green-hydrogen-cost.htm [25]

الفصل الثالث

3-1المقدمة:

مع استمرار العالم في البحث عن بدائل مستدامة وصديقة للبيئة للوقود الأحفوري، ظهرت خلايا الوقود الهيدروجيني كحل واعد. تعمل هذه الأجهزة المبتكرة على تحويل الهيدروجين والأكسجين إلى كهرباء، ويكون المنتج الثانوي الوحيد هو الماء. وهذا يجعل خلايا الوقود الهيدروجيني مصدراً نظيفاً وفعالاً للطاقة، مع إمكانية إحداث ثورة في العديد من الصناعات، بما في ذلك النقل وإنتاج الطاقة. في هذا القسم، سوف نتعمق في أساسيات خلايا الوقود الهيدروجيني، ونستكشف كيفية عملها، ومزاياها وعيوبها، وتطبيقاتها المحتملة. [1]

3-2لمحة تاريخية:

- تم اختراع تقنية خالايا الوقود في انجلترا في منتصف القرن التاسع عشر الميلادي على يد السيد وليام روبرت جروgrove William حيث لم يكن يعلم أن عام اختراعه في 1839م سيحل مشكلة تواجه العالم في القرن الواحد والعشرين لاكتشاف خاليا الوقود التي يمكن عن طريقها الحصول على الكهرباء من الهيدروجين أو الكحول دون أي عملية احتراق وبذلك يكون قد حل المعادلة الصعبة، وهي الحصول على طاقة نظيفة من غير أن نلوث البيئة وبأقل الأسعار، حيث إن المشكلة ثلاثية الجوانب: الطاقة، والبيئة، والتكلفة، و هيا الاتجاهات الثالثة التي يصبو العلماء لحلها.

والحل يكمن في هذه الخلية الصغيرة التي تدعى خلية الوقود،ولكن نظرا لعدم جدوى استخدامه في تلك الفترة، لهذا الاختراع حبيس الإدراج لاكثرمن 130 سنة، ولكن عادت خالايا الوقود مرة أخرى للحياة في عقد الستينيات،و ذلك عندما طورت شركة «جنرال إلكتريك» خالايا تعمل على توليد الطاقة الكهربائية اللازمة طالق سفينتي الفضاء الشهيرتين «أبوللو» و «جيمني» وكان ذلك في سنة م 1968 بالإضافة إلى توفير مياه نقية صالحة للشرب ، كانت الخلايا في تلك المركبتين كبيرة الحجم وباهظة التكلفة، لكنها أدت مهامها دون وقوع أي أخطاء واستطاعت أن توفر تيارا كهربائيا وكذلك مصدرا للمياه النقية الصالحة للشرب.[2]

3-3 تعريف خلية الوقود:

- خلية الوقود هي عبارة عن خلية كهر وكيميائية تحول الطاقة الكيميائية في الوقود(سواء كان هيدروجين hydrogen، غاز طبيعي، ميثانولmethanol ، غازولين (gasoline ...وفي المؤكسد) هواءair أكسجين oxygen)إلى طاقة كهربائية ومن حيث المبدأ تعمل خلية الوقود كالمدخر ةBattery ، لكن على عكس المدخرة خلية الوقود لا تفرغ ولا تحتاج شحن وتولد طاقة كهربائية وحرارية طالما هي مغذاة بالوقود والمادة المؤكسدة.

تدمج خالايا الوقود بين جزيئات الوقود والمؤكسد بدون حرق أو توليد تلوث كما في نظم التوليد غير الكفاءة والملوثة التي تستخدم تقنية الحرق التقليدي. [2]

3-3-1 الوقود المستخدم في خلية الوقود:

- الهيدروجين هو الوقود المستخدم حاليا في خالايا الوقود وهناك بعض الغازات الأخرى مثل:

✓النيتروجين Nitrogen من الهواء له تأثير طفيف على أداء خلية الوقود.

✓أول أكسيد الكربون CO والميتان CH4 لهما تأثير مختلف على خالايا الوقود حسب نوعية الخلية. مثال أول أكسيد الكربون CO يعتبر ضار وملوث لخلايا الوقود ذات درجة الحرارة المنخفضة نسبيا مثل خلية الوقود ذات غشاء التبادل البروتوني PEMFC .

✓من جهة أخرى أول أكسيد الكربون يمكن أن يستخدم كوقود مباشر لخلايا الوقود ذات درجة الحرارة العالية مثل خلية الوقود ذات الوسيط الصلب.SOFC

✓كل خلية وقود بوسطها الخاص ومحفزها تستقبل غازات معينة لتكون كوقود لها أو ملوثات تؤثر سلبا على أداء الخلية، لذا نظام تغذية الغاز لابد أن يكون مناسب وخاص لنوع خلية الوقود.

3-4الاجزاء الخلية الوقود:

.وتتكون خلية الوقود من الأجزاء التالية:

❖3-4-1 المصعد:

وهو القطب السالب لخلية الوقود وله عدة مهام، فهو يقود الالكترونات المحررة من جزيئات الهيدروجين. ليتم استعمالها في تغذية دارة كهربائية خارجية. كما انه يحتوي على قنوات ووظيفتها تشتيت غاز الهيدروجين على سطح المحفز .

❖3-4-2المهبط:

وهو القطب الموجب لخلية الوقود، ويحتوي على قنوات لتوزيع الأكسيجين على سطح المحفز، كما انه يقود الالكترونات بالاتجاه الخلفي من الدارة الكهربائية الخارجية للمحفز حيث يمكن أن تتوحد مع الأكسيجين وايونات الهيدروجين ل شكل الماء.

❖3-4-3الالكتروليت :

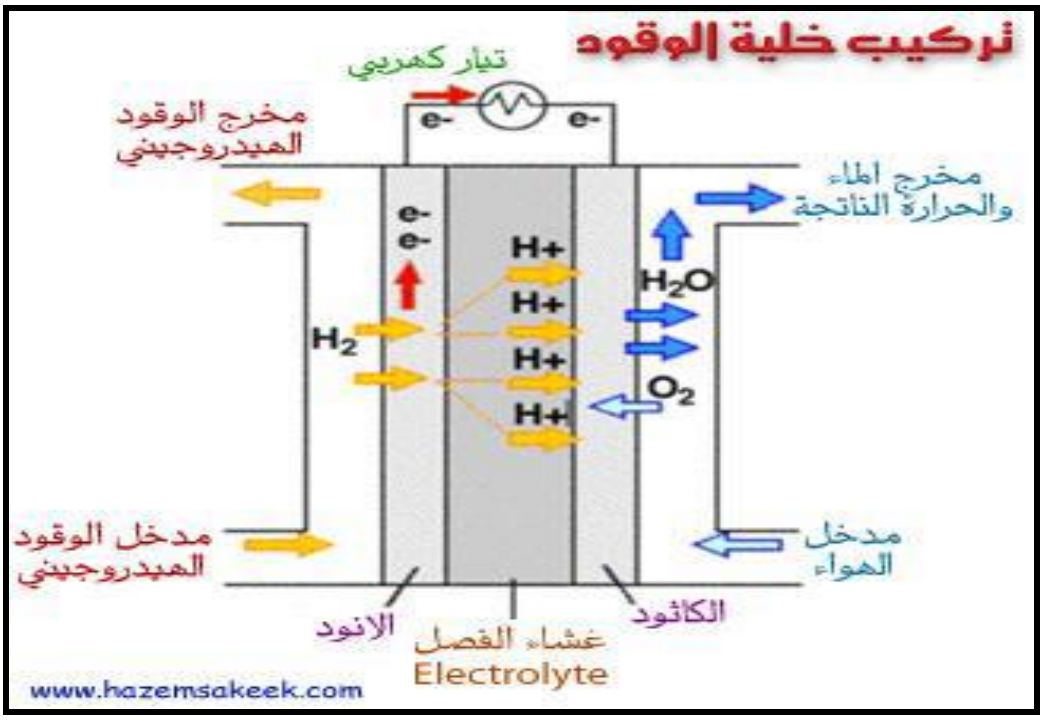
وهو المادة التي تنقل الايونات المشحونة وتمررها من القطب الى قطب أخر باتجاه واحد وتمنع مرور الالكترونات من خلاله .

❖3-4-4المحفزات:

وهي مؤلفة من مواد خاصة تعمل فيها معادن نادرة كالبالتين والنيكل، وان استخدام هذه المحفزات في النظام تسهل تفاعل الأكسيجين مع الهيدروجين. تصنع عادة من حرق البالتين الذي يكسو ورق الكربون أو القماش بطبقة رقيقة جدا.

❖3-4-5مجمع التيار ثنائي القطبية:

يعمل على تجميع الالكترونات من الأقطاب وتوزيع الوقود عليها، ويصنع من معادن موصلة أو مطلية بالذهب ذات صلابة ميكانيكية جيدة ويكون على طرفي الخلية. [2]



الشكل (3-1): خلية وقود هيدروجيني.

3-5 مبدأ عمل خلايا الوقود:

✓ينساب الوقود الهيدروجيني على صفيحة المصعد، في الوقت الذي ينساب فيه الأوكسجين على الصفيحة المقابلة وهي المهبط

✓يسبب غشاء الفصل (catalyst- الذي يوجد منها عدة أنواع منها قد تصنع من البلاتين) انشقاق جزيء الهيدروجين إلى ذرتين تنشق كل منهما إلى أيون موجب وإلكترون سالب.

✓تسمح صفيحة المحلل(electrolyte)- فقط بمرور الأيونات (البروتونات) حاملة الشحنات الموجبة عبرها في حين تمنع مرور الإلكترونات، فتقوم هذه الأخيرة بالحركة عبر دارة وصل خارجية موصولة مع المهبط فتتحرك الالكترونات نحو المهبط فينشأ تيار كهربائي

على المهبط تتحد الأيونات الهيدروجينية الموجبة مع الكتروناتها السالبة ومع الأوكسجين ليتشكل الماء الذي يتدفق خارج الخلية. [3]

والتفاعلات الكيمائية في خلية الوقود هي :

عند الانود:

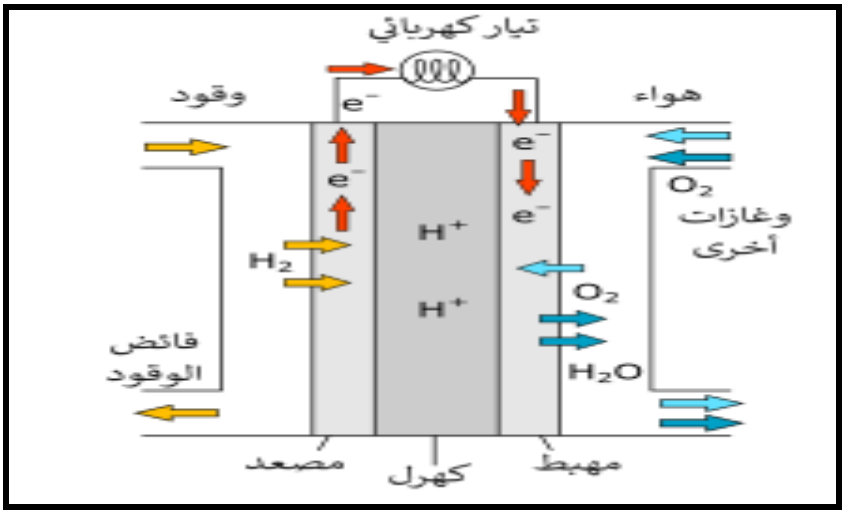
$$2H_2 \rightarrow 4H^+ + é4$$

عند الكاتود:

$$O_2 + 4H^+ + é4 \rightarrow 2H_2O$$

التفاعل الكلي:

$$2H_2 + O_2 \rightarrow O + 2H_2$$



الشكل (3-2): مبدأ عمل خلايا الوقود.

3-6أنواع خلايا الوقود:

تُصنف خلايا الوقود تبعا للإلكتروليت المستخدم بداخلها، وفيما يأتي أشهر أنواع خلايا الوقود:

3-6-1 خلايا وقود غشاء البوليمر(Polymer electrolyte membrane (PEM)) :

تسمى هذه الخلايا أيضا باسم خلايا وقود غشاء تبادل البروتينات، وتتميز هذه الخلايا بأنها ذات طاقة عالية ووزن منخفض وحجم صغير مقارنة بباقي الخلايا الأخرى، وتعتمد هذه الخلايا على البوليمر الصلب كإلكتروليت، وتستخدم أيضًا أقطاب كربون تحتوي على محفز من البلاتين.

يعمل هذا النوع من الخلايا عند درجة حرارة 80 مئوية، وهي درجة حرارة منخفضة نسبيًا تتيح تشغيل الخلايا بسرعة، وتؤدي إلى تآكل أقل لمكونات النظام مما ينتج عنه متانة أكثر للخلايا، وتستخدم هذه الخلايا في تطبيقات النقل، مثل تشغيل السيارات والشاحنات الثقيلة.

3-6-2 خلايا وقود الميثانول المباشر (Direct methanol fuel cells) :

تعمل معظم خلايا الوقود بواسطة غاز الهيدروجين الذي يغذي النظام مباشرة بالوقود، بينما تعمل هذه الخلايا

بواسطة الميثانول النقي الذي يخلط بالماء ويغذي أنود الخلية بشكل مباشر. وتمتاز خلايا وقود الميثانول بكثافة طاقتها العالية وسهولة نقل الميثانول مقارنة بالهيدروجين لأنه سائل، وتستخدم هذه الخلايا في الهواتف المحمولة أو أجهزة الحاسوب المحمول.

3-6-3 خلايا الوقود القلوية(Alkaline fuel cells (AFCs)) :

تعد خلايا الوقود القلوية من أوائل الأنواع التي تم تطويرها، إذ كانت مستخدمة على نطاق واسع في برنامج الفضاء الأمريكي لإنتاج الطاقة الكهربية والمياه على متن المركبات الفضائية، وتستخدم هذه الخلايا محلول هيروكسيد البوتاسيوم كإلكتروليت.
وفي السنوات الأخيرة أصبحت تشبه في عملها خلايا وقود غشاء البولمر باستثناء أنها تستخدم غشاء قلويًا بدلًا من الغشاء الحمضي المستخدم في خلايا البوليمر، وقد أظهر كفاءة تتجاوز 60% في تطبيقات الفضاء.

4-6-3 خلايا وقود حمض الفسفوريك (Phosphoric acid fuel cells (PAFCs)) :

يعد هذا النوع من خلايا الوقود الحديثة من أكثر الخلايا المستخدمة تجاريًا، ويستخدم فيه حمض الفسفوريك كإلكتروليت بالإضافة لأقطاب من الكربون المسامية تحتوي على محفز بلاتيني، وتستخدم في نطاق محدود مثل حافلات النقل نتيجة لثقل وزنها وارتفاع تكلفتها مقارنة بباقي الأنواع الأخرى.

5-6-3 خلايا وقود الكربونات المنصهرة(Molten carbonate fuel cells (MCFCs)) :

يعد هذا النوع من خلايا الوقود الحديثة من أكثر الخلايا المستخدمة تجاريًا، ويستخدم فيه حمض الفسفوريك كإلكتروليت بالإضافة لأقطاب من الكربون المسامية تحتوي على محفز بلاتيني، وتستخدم في نطاق محدود مثل حافلات النقل نتيجة لثقل وزنها وارتفاع تكلفتها مقارنة بباقي الأنواع الأخرى .

6-6-3 خلايا وقود الأكسيد الصلب(Solid oxide fuel cells (SOFCs)) :

تستخدم هذه الخلايا إلكتروليتًا من الخزف الصلب، وتعمل عند درجة حرارة مرتفعة جدًا تصل إلى 1000 درجة مئوية، مما يؤدي إلى تقليل التكلفة نتيجة لعدم احتياج محفزٍ من المعادن الثمينة.

وتصل كفاءة إنتاج الطاقة الكهربية من هذه الخلايا إلى 60%، ويمكن أن تصل لنحو 85% في التطبيقات المصممة لالتقاط واستخدام الحرارة المهدورة في النظام[4]

7-3 مستقبل خلايا وقود الهيدروجين:

وبينما نتطلع إلى المستقبل، تمتلك خلايا الوقود الهيدروجيني إمكانات هائلة للعب دور محوري في التحول إلى اقتصاد الطاقة النظيفة. إن التقدم في تكنولوجيا خلايا الوقود، إلى جانب تطوير بنية تحتية قوية للهيدروجين، سيمكن من اعتمادها على نطاق واسع علاوة على ذلك، يمكن دمج خلايا الوقود مع مصادر الطاقة المتجددة، مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، لتخزين الطاقة الزائدة وتوفير إمدادات طاقة موثوقة. ومع البحث المستمر والاستثمار، تستعد خلايا الوقود الهيدروجيني لدعم مستقبل أرصدة الوقود البديل.

يعد فهم الأعمال الداخلية لخلايا وقود الهيدروجين أمراً بالغ الأهمية لفهم إمكاناتها كحل مستدام للطاقة. على الرغم من التحديات والقيود، توفر خلايا الوقود الهيدروجيني مزايا رائعة ويمكن أن تكون محركاً رئيسياً في رحلتنا نحو مستقبل أكثر اخضراراً واستدامة. ومن خلال تبني هذه التكنولوجيا والاستثمار في تطويرها، يمكننا تمهيد الطريق لعالم أنظف وأكثر ازدهارا. [5]

الشكل(3-3): صورة تمثل علاقة تسريع توليد الطاقات المتجددة.

3-8 استخدامات خلايا الوقود الهيدروجينية:

ان خلايا وقود الهيدروجين تنتج الكهرباء بتفاعل كهربائي كيميائي باستخدام الهيدروجين والأوكسجين .وهذه الخلية الكهروكيميائية تستخدم إنتاج الطاقة الكهربائية بتزويد الخلية بغازي الأوكسجين والهيدروجين على نحو مستمر. ويوجد أنواع متعددة من الخلايا الوقودية التي يمكن تصنيفها، فهناك أنواع خاصة لوسائل النقل وأخرى مخصصة للاستخدام المنزلي .وتعد خلايا الوقودية من أكثر وسائل توليد الطاقة حفاظا على البيئة، ولهذا تحظى باهتمام كبير لتطويرها وتسخيرها مستقبلا في تسيير السيارات وإمداد المنازل بالتيار الكهربائي. ويعد هذا النوع من الوقود الصديق للبيئة وبديلا جيدا للوقود الحالي المستخدم في وسائل النقل التقليدية، بالإضافة لأهميته البالغة للبلدان الفقيرة أو التي تعاني نقصا من موارد الطاقة.

تستخدم خلايا الوقود الهيدروجينية لتسيير المركبات الفضائية منذ منتصف القرن العشرين وهي تقانة مثالية لتسيير المركبات وتوليد الطاقة الكهربائية، فال ينتج عنها سوى الحرارة وبخار الماء. !! وهي ببساطة خالايا وقود كهر وميكانيكية تحول وقود الهيدروجين إلى كهرباء دون احتراق، وهذا ما يجعل طريقة توليد الكهرباء مثالية بيئيا. وثمة عدد هائل من التطبيقات لهذه التقانة مثل تأمين الطاقة الرئيسة للبنية والمصانع، وتغذية الهواتف النقالة والحواسيب المحمولة .وقد بدأت شركات صناعة السيارات تنتج بالفعل سيارات تعمل بالطاقة الهيدروجينية (خلايا الوقود) إذ طرحت شركة تويوتا على نطاق واسع سيارة (ميراي) منذ العام 2014 وبدأت منذ ذلك التأريخ

تنتشر أيضا محطات تعبئة السيارات بالطاقة الهيدروجينية، ولكن الاتجاه في صناعة السيارات ما يزال محدودا أو في بداية الطريق مما يجعل ثمنها مرتفعا، فسيارة ميراي على سبيل المثال تباع بحوالي مائة ألف دولار. وتعتبر الصين الرائدة في تخفيض التكاليف حيث تستعد لإطلاق سيارات في هذا العام (2021) تعمل بالطاقة الهيدروجينية وبكلفة مقاربة لكلفة السيارات التي تعمل بالبطارية[6]

3-9 تطبيقات خلايا الوقود:

استخدمت خلايا الوقود بداية في التطبيقات الفضائية ثم بدأت تتطور وتنتشر أكثر في الأوساط العسكرية حيث تم الاعتماد على خلايا الوقود كمصدر احتياطي بسبب وثوقيتها العالية .حالياً تسوق جميع شركات السيارات منتجاتها الجديدة الهجينة التي تستخدم خلايا وقود بالإضافة إلى استخدام خلايا الوقود الذي بدأ ينتشر في الحافلات والقطارات الطائرات والدارجات الصغيرة.

انتشرت خلايا الوقود أيضاً في تطبيقات الصغيرة كالهواتف الخلوية cellular phones والحواسيب النقالة laptop computers وغيرها .ويتم حالياً دارسة إمكانية استخدام خلايا الوقود لتغذية المستشفيات والبنوك وأجهزة الصراف الآلي.
تطبيقات خلايا الوقود متعددة ولا تنتهي ومع تطور التقنية تزداد مجالات استخدامها.

3-9-1 التطبيقات الثابتة:

تم حالياً تركيب 2555 نظام خلايا وقود حول العالم في المستشفيات والفنادق والمكاتب والمدارس بالإضافة إلى استخدام خلايا الوقود كمحطات كهربائية موصولة مع شبكة الكهرباء العامة لتأمين دعم للشبكة أو محطات كهربائية مستقلة في المناطق التي يصعب ربطها مع الشبكة.

تعمل أنظمة خلايا الوقود بكفاءة % 15 بدون ضجيج وبدون تلويث الهواء .air pollution عند استخدام خلايا الوقود في نظام توليد مشترك حيث يستفاد من الطاقة الحرا رية الناتجة يمكن رفع الكفاءة إلى85 %.

3-9-2 الاتصالات:

مع زيادة استخدام الحواسيب والانترنت وشبكات الاتصالات ظهرت الحاجة لمصدر أكثر وثوقيه كمصدر تغذية وقد أثبتت خلايا الوقود أن وثوقيتها99.99 % يمكن الاستعاضة عن المدخرات بخلايا وقود لتزويد استطاعة تصل إلى 5 kW فهي صامتة وصديقة للبيئة ويمكن تصميمها لتكون متينة أي تتحمل الظروف الجوية المحيطة . فهي تستخدم حالياً كمصدر طاقة رئيسي أو كمصدر دعم في أبراج الاتصالات cell towers ونقاط التحويل telecom switch nodes.

3-8-3 في مجال المواصلات:

3-9-3-1 السيارات

ليس من الغريب أن نجد السيارات في مقدمة تطبيقات الخلايا الهيدروجينية فهي التي تعد من أكثر الجوانب استخداماً للوقود الأحفوري فقد رأينا في السنوات العشر الماضية أن جميع مصانع السيارات تعمل على تطوير مركبات جديدة تعمل بشكل هجين غالبا حيث يتم تغذيتها عن طريق خلايا الوقود الهيدروجيني ولا ينتج عنها من عادم سوى الماء النقي بالإضافة إلى إن بعضها قد طرح في الأسواق التجارية حالياً سيارات تغذى كلياً من خلايا الوقود.

لابد من التنويه أن جنرال (موتورز) General motors' (وتويوتا) Toyota (وديملر كريسلر-Daimler Chrysler)) والتي تشكل حوالي % 40 من مجموع الاستثمارات في مجال السيارات في العالم تقوم بدعم أبحاث تطوير خلايا الوقود (fuel cell)حتى تكون الاختيار الصديق للبيئة بدلاً من هناك نوعان من محركات السيارات الهيدروجينية.

الأول :يستخدم الهيدروجين كبديل للنفط في محركات الاحتراق الداخلي.

الثاني :يستخدم الهيدروجين في خلية الوقود لإنتاج تيار كهربي لتشغيل محركات كهربائية.

ولقد تم تطوير نماذج سيارات مختلطة بمعنى أنها تسير إما بالنفط أو الهيدروجين.

ومن نتائج البحث أن طرحت شركة (ديملر) سيارات من فئة A-class المزودة بخلايا الوقود، وكذلك قدمت شركة تويوتا سيارتين صغيرتين تعملان أيضاً بخلايا الوقود بالإضافة إلى إنتاج شركة سيمنز (Siemens) لناقلة صغيرة(Truck)تستخدم التكنولوجيا نفسها هذا الذي شجع شركة فولكس فاجن (VW) لدعم الأبحاث في مجال خلايا الوقود أيضاً. بالإضافة إلى طرح شركة هيونداي سيارة هيونداي ix35 كما أن الصناعة الألمانية قد عملت في مجال خلايا الوقود الهيدروجيني بشكلٍ حثيثٍ وقد تجلى ذلك بسيارات BMW وسيارات مرسيدس فئة B التي تعمل بالوقود الهيدروجيني.

3-9-3-2 الحافلات:

تم خلال السنوات الأربع الماضية استخدام أكثر من 55 حافلة تعمل على خلايا الوقود في أوربا وأمريكا الشمالية والجنوبية وشرق أسيا واستراليا فالكفاءة العالية لخلايا الوقود بالإضافة إلى الملوثات المنخفضة جداً لأن الهيدروجين ينتج من مصادر متجددة قد حسن من نوعيه الهواء كثيرا خاصة في المناطق التي تعتبر من أكثر المناطق تلوثاً بالعالم مثل الصين.

3-9-3-3 الدارجات:

بالرغم من حجمها الصغير العديد من الدرجات تعتبر ملوثاً للهواء، فغازات العادم لها ملوثة جداً إذا ما قورنت بحجمها الصغير .فهي تنتج أول أكسيد الكربون carbon monoxide وهيدروكربون hydrocarbons بكميات مشابهة لما تنتجه شاحنة ديزل .لذا تعتبر الدارجات التي تعمل على خلايا الوقود حلاً مناسباً لبلدان مثل الهند وآسيا حيث يستعمل العديد من السكان الدارجات كوسائل نقل.

3-8-3-4 الرافعات وآليات النقل في المصانع:

إضافة إلى ميزة التقليل من الغازات الضارة المنبعثة تتميز الرافعات التي تعمل على خلايا الوقود بأنها تحتاج إلى صيانة اقل بكثير من الآليات العاملة على الكهرباء حيث تحتاج إلى شحن بطارياتها بشكل دوري واستبدال متكرر لأنها تتلف بسرعة حيث أن العمل في هذا المجال يحتاج إلى توقف وإعادة تشغيل سريع ومتكرر، لذا تعتبر خلايا الوقود ذات أداء ممتاز وخرج كهربائي ثابت وبالإضافة إلى أنها لا تعاني من انخفاض الجهد الذي يحدث عند تفريغ المدخرات الكهربائية.

3-9-3-5 القطارات:

يتم تطوير خلايا الوقود لاستخدامها بالقطارات للتخلص من الغازا ت الضارة التي تنتجها حيث يقوم مشروع بتطوير أكبر وسيلة مواصلات تعمل على خلايا الوقود بالعالم وهي قاطرة 1 MW للاستخدامات العسكرية والتجارية.

3-9-3-6 الطائرات:

يتم الاهتمام بتقنية خلايا الوقود التي تغذي الطائرات عسكرياً بسبب الضوضاء المنخفض لها والحجم الصغير وإمكانية استخدامها في الجو من أكبر الشركات التي تطور هذه التقنية هي شركة بوينغBoeing .

3-9-3-7 المراكب البحرية:

تعهدت آيسلاندا بتحويل أسطول صيدها الواسع لاستعمال خلايا الوقود كمصدر تغذية مساعد في نهاية عام 2515للتمهيد لتحول جميع الأسطول لتعمل على الخلايا الوقودية كمصدر أساسي .فمحركات خلايا الوقود ذات كفاءة أعلى من محركات الاحتراق بالإضافة إلى مميزاتها الأخرى من تخفيف التلوث.

3-9-3-5 التجهيزات المحمولة:

يمكن أن تزودنا خلايا الوقود بالطاقة حيث لا تكون الشبكة الكهربائية متوفرة حيث تستخدم في حالات الطوارئ وفي التطبيقات العسكرية فهي أكثر كفاءة من البطاريات وتعمل لفترة أطول وأخف وزناً.

3-9-3-6 التجهيزات الصغيرة:

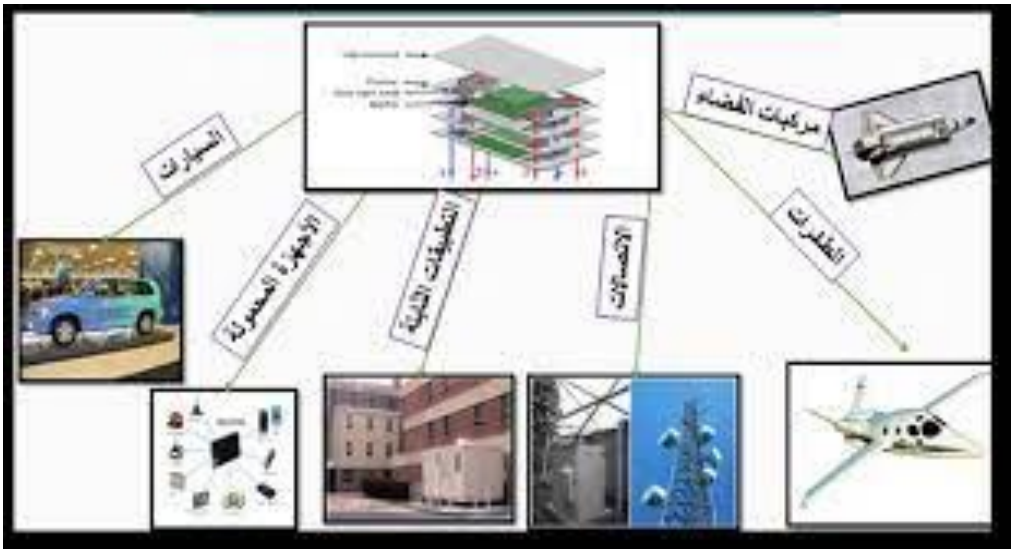
خلايا الوقود من أنسب مصادر الطاقة بالنسبة للأجهزة الإلكترونية الصغيرة نظرا لصغر حجمها، وقدرتها على توليد كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية بالنسبة إلى الحجم الصغير .حيث تستخدم خلايا الوقود حالياً في الهواتف الخلوية والحواسيب النقالة والساعات وغيرها من التطبيقات الصغيرة .فأجهزة الشحن المعروضة في السوق الآن يمكن ان تشحن الحاسب عشرين ساعة تقريباً والهاتف الخلوي لثلاثين يوم .أيضاً تم استخدامها في أجهزة كشف الدخان وأجهزة الإنذار وكاميرات المراقبة .العديد من هذه التجهيزات تعرض سنوياً في معرض خلايا الوقود EXPO FC المقام في طوكيو سنوياً .حيث طرحت شركة سوني العام الماضي شاحن متنقل هو عبارة عن جهاز هجين بين خلية وقود ومدخرة ليثيوم.وقد طرحت شركة توشيبا (TOSHIBA) من خلال معرض "هانوفر "للتجارة (Industrial trade fair) جهاز الكومبيوتر المتنقل) Notebook (المزود بخلية الوقود

المصغرة، وهي تسمح للجهاز بالعمل لمدة أسبوع كامل دون توقف من غير مساعدة أو توصيلات بأي مصدر طاقة أخر.

3-9-7 في مجال التوربينات الغازية:

التوربينات الغازية هي التي تنتج الحركة الدورانية اللازمة الدوارن المولد (Generator) وبالتالي توليد الكهرباء، وقد تم اكتشاف أنه بتزويد التوربينات الغازية بمجموعة مضغوطة من خلايا الوقود، فإن ذلك يساعد على توليد كهرباء بجهد مرتفع نسبياً، وبالتالي تحسين كفاءة الكهرباء المولدة.

وفي دراسة نشرها مركز تسويق التكنولوجيا التابع لهيئة الإذاعة البريطانية /BBC marketing) technology)أكدت أن مبيعات خلايا الوقود في عام 2003 قد وصلت إلى 1.3 بليون دولار، في حين أنها حققت 355 مليون دولار عام 1998 وذلك بزيادة % 30 وهذا الذي يثبت الاتجاه العالمي لاستخدام خلايا الوقود في التطبيقات المختلفة. ولهذا فإن الأبحاث تتجه في الحصول على مواد جديدة يمكن استخدامها في هذه الخلايا بدلاً من المواد عالية التكلفة وما ا زل العمل قائماً على تطوير الخلايا، وتقليل سعرها ووزنها وحجمها وزيادة كفاءتها وطاقتها مما يجعلها مناسبة للعديد من التطبيقات العملية الأخرى. [7]



الشكل (3-4): تطبيقات خلايا الوقود الهدروجيني.

3-10 مشاكل تواجه الخلايا الهيدروجينية:

بعد أن تعرفنا على مزايا خلايا الوقود لابد وأننا تسألنا عن عدم استخدامها بشكل واسع النطاق السبب يكمن في العديد من المشاكل التي اعترضت انتشار هذا المصدر من الطاقة.

كما علمنا أن خلايا الوقود تستخدم الأكسجين والهيدروجين لإنتاج الكهرباء، وبتأمين هذين الغازين يمكننا الحصول على مصدرٍ مستمر للطاقة وبالنسبة لغاز الأكسجين فيتم الحصول عليه من الهواء حيث يتم سحب الهواء إلى الكاثود للحصول على الأكسجين مباشرةً ولكن المشكلة الحقيقة تكمن في غاز الهيدروجين بسبب

صعوبة تخزينهِ وندرة وجوده حار في الطبيعة فتكلفة الحصول على غاز الهيدروجين خاماً باهظة مما يجعل النفط يتفوق على الخلايا الهيدروجينية في التكلفة حيث أن المطلوب حتى تصبح خلية الوقود اقتصادية أن تكون تكلفتها أقل ب 255 مرة عما هي عليه الآن ولذلك الكثير من الأبحاث حالياً تتوجه إلى البحث عن مصدر أمن ورخيص لغاز الهيدروجين يتيح نشر هذه الخلايا واستخدامها على نطاقٍ أوسعٍ. [7]

3-11 مميزات خلايا الوقود:

توفر تقنية خلايا وقود الهيدروجين مزايا عديدة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى وهي تشمل:

✓3 -11-1 قابلة للتجديد ومتوفرة:

الهيدروجين هو المكون الأكثر وفرة في الكون وعلى الرغم من التحديات المتعلقة بإزالته من الماء فهو مصدر وفير ومتجدد بشكل فريد للطاقة، وهو مثالي للمتطلبات المستقبلية الخالية من الكربون لإمدادات الطاقة والحرارة المشتركة، ويتميز بأنه أكثر قوة وكفاءة في استخدام الطاقة مقارنة بالوقود الأحفوري، كما توفر تقنية خلايا وقود الهيدروجين مصدر طاقة عالي الكثافة مع كفاءة طاقة ممتازة.

✓3-11-2 الكفاءة العالية:

تعتبر خلايا وقود الهيدروجين طريقة فعالة لإنتاج الطاقة مقارنة بمصادر الطاقة الأخرى مثل العديد من حلول الطاقة الخضراء، ولذلك توفر معدل إنتاج أعلى لكل كجم من الوقود.

✓3-10-3 يقلل أثار من الكربون:

مع عدم وجود انبعاثات لا تقوم خلايا وقود الهيدروجين بتفريغ غازات الاحتباس الحراري مما يشير إلى عدم وجود مسار كربوني أثناء التشغيل.

✓3-11-4 انبعاثات صفرية:

لا تنتج خلايا وقود الهيدروجين انبعاثات غازات الاحتباس الحراري كمصدر للوقود الأحفوري وبالتالي تقليل الثلوث وتعزيز جودة الهواء.

✓3-11-5تلوث ضوضاء صغيرة جدا:

لا تسبب خلايا وقود الهيدروجين تلوثًا ضوضائيًا مثل مصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل طاقة الرياح، حيث تكون المركبات التي تعمل بالهيدروجين أكثر هدوءًا من تلك التي تستخدم في محركات الاحتراق الداخلي التقليدية.

✓3-11-6 أوقات الشحن السريع:

إن وقت شحن وحدات الطاقة لخلية وقود الهيدروجين سريع بشكل استثنائي مقارنة بوقت شحن السيارات التقليدية بمحركات الاحتراق الداخلي (ICE) وأسرع بشكل ملحوظ من السيارات الكهربائية التي تعمل بالبطاريات.

✓3-11-7 مثالي للتطبيق في المناطق النائية:

تسمح القيود المحلية بتوافر الهيدروجين من خلال الإنتاج المحلي والتخزين ليكون بديلاً للطاقة القائمة على الديزل والتدفئة في المناطق البعيدة، وذلك يؤدي إلى تقليل الحاجة إلى نقل الوقود وتحسين نوعية الحياة لأولئك الذين يعيشون في المناطق النائية من خلال توفير طاقة غير ملوثة نحصل عليها من موردطبيعي متاح بسهولة.

✓3-11-8 انخفاض التلوث البصري:

يمكن أن توفر بعض مصادر الطاقة منخفضة الكربون بعض المشاهد البصرية السيئة، بينما لا تحتوي خلايا وقود الهيدروجين على متطلبات مساحة مكافأة مما يعني تلوثًا بصريًا أقل.

3-12عيوب خلايا الوقود:

بالرغم من المزايا الرائعة التي ذكرناها لخلايا الوقود إلا أن بالبحث عن الخلايا الوقود ظهرت بعض العيوب، فيما يلي نتعرف عليهم:

✖3-12-1 استخلاص الهيدروجين:

يوجد الهيدروجين بمفرده ولذلك يجب استخراجه من الماء عن طريق التحليل الكهربائي أو عزله عن الوقود الأحفوري الكربوني، وتحتاج كلتا الطريقتين إلى قدر ملحوظ من الطاقة لتحقيقها.

✖3-12-2 استثمار كبير من أجل التنمية:

تتطلب خلايا وقود الهيدروجين التمويل لتطويرها إلى الحد الذي تصبح فيه مصدر طاقة قابل للتطبيق.

✖3-12-3 مشاكل تنظيمية:

هناك قيود حول المشكلات التنظيمية المتعلقة بالهيكل الذي يمثل نماذج النشر التجارية، فبدون أطر تنظيمية واضحة للسماح للمشاريع التجارية بتحقيق أساس التكلفة والإيرادات يمكن أن تكافح المشاريع التجارية للوصول إلى قرارالاستثمار المالي(FID) .

✖3-12-4 تكلفة المواد الخام:

قد تحتاج إلى المعادن الثمينة مثل الإيريديوم والبلاتين كمحفزات في خلايا الوقود وبعض أنواع المحلل الكهربائي للماء، ولذلك تكون التكلفة الأولية لخلايا الوقود عالية جداً .

✖3-12-5 سكن الهيدروجين:

يعتبر طريقة النقل والتخزين للهيدروجين أكثر صعوبة من الوقود الأحفوري، ولذلك توجد تكاليف إضافية يجب مراعاتها لخلايا وقود الهيدروجين كمصدر للطاقة.

✖3-12-6 قابل للاشتعال:

الهيدروجين هو مصدر وقود شديد الاحتراق مما يسبب مخاوف واضحة تتعلق بالسلامة، حيث يحترق غاز الهيدروجين في الهواء بتركيزات تتراوح من 4 إلى 75٪[8].

13-3 إيجابيات وسلبيات خلايا الوقود:

1-13-3 ايجابيات خلايا الوقود:

✓ تعد خلايا الوقود طاقة نظيفة ولا تنتج من ثاني أكسيد الكربون الملوث للبيئة.
✓ لا تحتاج إلى إعادة شحنها مثل البطاريات.

✓ تعمل باستمرار ما دامت متصلة بمصدر طاقة.

✓ توجد بها أجزاء متحركة ولا يصدر عنها ضوضاء.

✓ قابلة للتطوير بدرجة عالية جدًا.

✓ مكن تشغيلها في الاتجاه المعاكس؛ لتوليد الهيدروجين من الكهرباء والماء.

2-13-3سلبيات خلايا الوقود:

✖كلفتها مرتفعة جدًا نتيجة لارتفاع سعر البلاتين المستخدم بها.

✖ما زالت تحتاج إلى تطوير.

✖ تحتاج إلى الوقود لكي تعمل باستمرار.

✖ تتأثر متانتها كلما ارتفعت درجة الحرارة.

✖ وجد نقص في الهيدروجين إذ لا يتوفر بسهولة.

✖ كثافة وقود الهيدروجين منخفضة مقارنة بالبنزين.**[9]**

الخاتمة:

تعتبر خلايا الوقود عبارة عن نظام كهروكميائي، تقوم بتحويل الوقود) الهيدروجين، الميثان.... الخ (إلى طاقة كهربائية عن طريق تفاعلات كيميائية بسيطة، وتعتبر هذه الخلايا أيضا أنها مصدر لطاقة وتتميز أنها غير مضرة للبيئة. خلايا الوقود أنواع كثيرة وتصنف حسب المواد المكونة لها، وتعتبر خلايا وقود الأكسيد الصلب من أهم أنوا هذه الخلايا وأكثر تطور. [2]

قائمة المرجع الفصل الثالث:

[1] خلايا الوقود الهيدروجيني تعزيز مستقبل أرصدة الوقود البديل

[2] مطبوعة خلايا الوقود وإنتاج الهيدروجين من إعداد: الدكتور عطية محمد الهادي

[3] الهيدروجين وقود المستقبل 2015/2014 من أعداء الأستاذ لؤي حمورة

[4] مقالة علمية الطاقة الهيدروجينية من إعداد تدريسيين في قسم الفيزياء أ.م.د.أحمد فاضل مخبير ، م.د.علاء عزيز عباس ، م.م.فراس كاظم نصيف

[5]
موضوع.كوم
: https://mawdoo3.com/%D8%A8%D8%AD%D8%AB_%D8%B9%D9%86_%D8%AE%D9%84%D8%A7%D9%8A%D8%A7_%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D9%88%D8%AF

[6] خلايا الوقود الهيدروجيني تعزيز مستقبل أرصدة الوقود البديل

[7] الهيدروجين وقود المستقبل 2015/2014 من أعداء الأستاذ لؤي حمورة

[8]https://www.almrsal.com/post/1140043

[9]
موضوع.كوم
: https://mawdoo3.com/%D8%A8%D8%AD%D8%AB_%D8%B9%D9%86_%D8%AE%D9%84%D8%A7%D9%8A%D8%A7_%D8%A7%D9%84%D9%88%D9%82%D9%88%D8%AF

الفصل الرابع

4-1المقدمة:

في هذا الفصل سيتم التعرف على كل ما يتعلق بالدراسة االنظرية المتمثلة في إنتاج هيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية التي تقوم بتحويل الطاقة الكهربائية من الخلايا الشمسية إلى غاز الهيدروجين عن طريق تحليل المياه و وهو عملية فصله إلى عناصره الأساسية المكونة له (الهيدروجين و الأكسجين) و استخدامها في تطبيقات مختلفة ،وتتم عملية تحليل الماء بتمرير تيار كهربائي بين قطبين مغموسين في الماء ، ويمكن الحصول على هذا التيار من الألواح الكهروضوئية وتستخدم هذه العملية بشكل خاص للحصول على غاز الهيدروجين الذي يستخدم كوقود في مجالات عديدة .

4-2 مبدأ العمل:

يتضمن إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية عمليتين رئيسيتين:

4-2-1تحليل الماء بالكهرباء:

المحلل الكهربائي هو جهاز يستخدم الطاقة الكهربائية لفصل المياه إلى الهيدروجين وأكسجين يتكون من اثنين من الأقطاب الكهربائية

القطب الموجب (الانود): يفقد الالكترونات أثناء عملية التحليل الكهربائي.

القطب السالب (الكاثود): يكتسب الالكترونات أثناء عملية التحليل الكهربائي.

الغشاء: يفصل بين القطبين ويسمح بمرور الايونات فقط.

عندما يتم توصيل المحلل الكهربائي بمصدر الطاقة الكهربائية (من الخلايا الشمسية) تتدفق الالكترونات من القطب السالب الى القطب الموجب عبر الدائرة الخارجية. وفي نفس الوقت تتأكسد جزيئات الماء عند القطب الموجب مما ينتج عنه أكسجين وحرارة وتختزل ايونات الهيدروجين عند القطب السالب مما ينتج عنه غاز الهيدروجين.

معادلة التفاعل الكيميائي:

$$2H2 + O2 \rightarrow 2H2O + \text{الطاقة الكهربائية}$$

4-2 توليد الكهرباء:

الخلايا الشمسية هي عبارة عن أجهزة شبه موصلة تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية.

تتكون الخلايا الشمسية من مواد مثل السيلكون أو مركبات أشباه الموصلات الأخرى.

عندما يضرب ضوء الشمس الخلية الشمسية، فانه يحرر الالكترونات، مما يخلق تيارا كهربائيا.

4-3الهدف من الدراسة:

تهدف الدراسة إلى:

فهم مبدأ التحليل الكهربائي للماء: تهدف الدراسة النظرية إلى شرح مبدأ التحليل الكهربائي للماء، وهو عملية فصل جزيئات الماء إلى غاز الهيدروجين وغاز الأوكسجين باستخدام تيار كهربائي.

تحقيق مصدر طاقة مستدامة وصديقة للبيئة:

الهيدروجين وقود نظيف لا ينتج انبعاثات ضارة عند احتراقه مما يجعله بديلا مثاليا للوقود الاحفوري. إما الطاقة الشمسية فهي مصدر متجدد وفير مما يضمن استدامة إنتاج الهيدروجين على المدى الطويل.

تخزين الطاقة بكفاءة عالية

الهيدروجين وسيلة فعالة لتخرين الطاقة الشمسية الفائضة حيث يمكن تحويلها إلى هيدروجين خلال النهار واستخدامه لتوليد الكهرباء وتشغيل المركبات في الليل.

4-4الأجهزة المستعملة:

الألواح الشمسية الكهروضوئية.

محلل كهربائي للماء.

الماء.

الشمس (الإشعاع الشمسي).

أقطاب كهربائية: لتوصيل التيار الكهربائي إلى المحلل الكهربائي.

أسلاك كهربائية: لتوصيل اللوح الشمسي بالمحلل الكهربائي.

خرطوم مطاطي: لربط الخزان بالمحلل الكهربائي.

خزانات الماء: تستخدم لتخزين الماء المستعمل في عملية التحليل الكهربائي للماء.

خزانات الهيدروجين: تستخدم لتخزين الهيدروجين المنتج.

أنظمة التحكم: للتحكم في عملية إنتاج الهيدروجين وضمان سلامتها وكفاءتها.

مقياس التيار الكهربائي.

مقياس الجهد الكهربائي.

مقياس ضغط غاز الهيدروجين.

منظم تدفق غاز الهيدروجين.

5-4 خطوات الدراسة:

1-5-4تحضير المحلل الكهربائي:

ملء المحلل الكهربائي بالماء.

توصيل الأقطاب الكهربائية بالمحلل الكهربائي، مع مراعات العلامات الموجبة والسالبة.

2-5-4ربط الأجهزة:

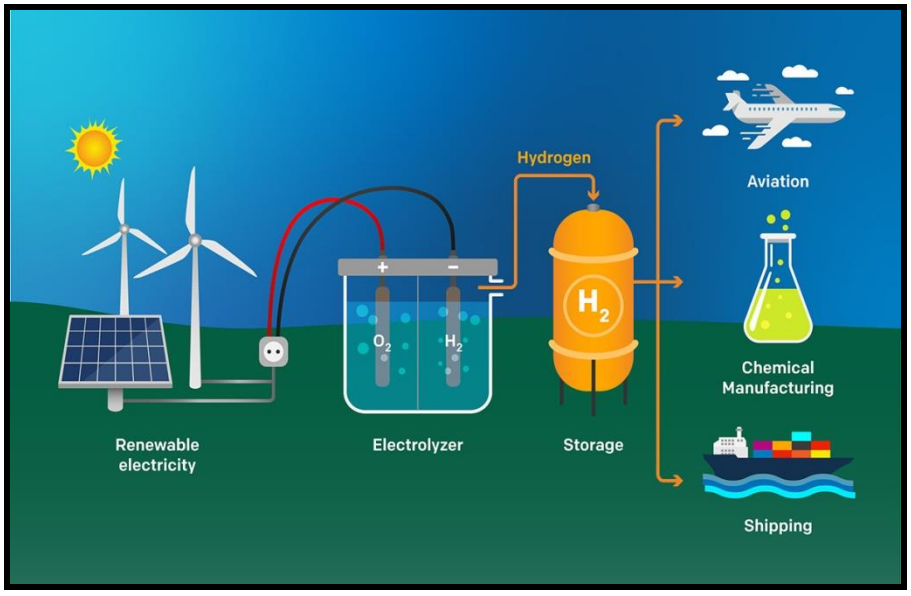
توصيل اللوح الشمسي بالمحلل الكهربائي باستخدام الأسلاك الكهربائية.

ربط الخزان بالمحلل الكهربائي باستخدام الخرطوم المطاطي.

تعريض اللوح الشمسي لأشعة الشمس:

التأكد من ان اللوح الشمسي يتعرض لأشعة الشمس المباشرة.

3-5-4 مراقبة الدراسة:

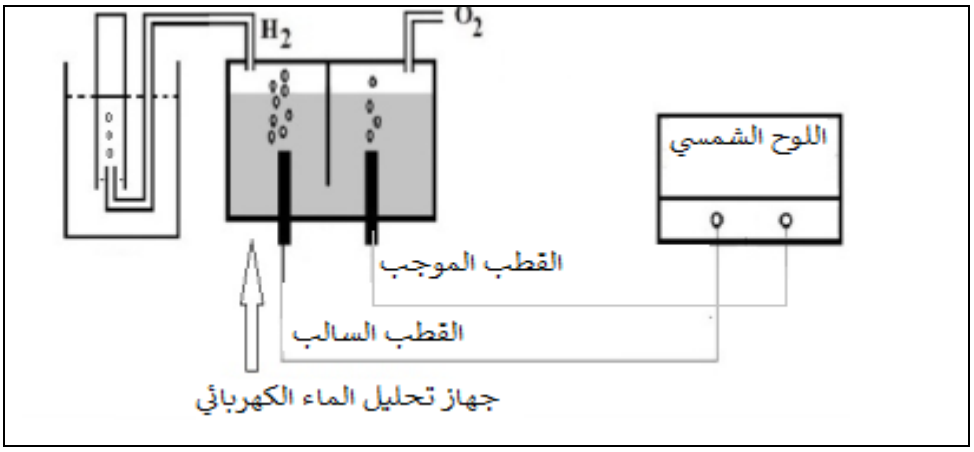


الشكل(4-1) :رسم تخطيطي انتاج الهيدروجين الأخضر بالطاقة الشمسية.

5-4تقنيات إنتاج غاز الهيدروجين باستخدام الخلايا الشمسية ذات مركزات الإشعاع:

إن الهدف الأساسي لهذا المشروع هو توليد غاز الهيدروجين باستخدام الطاقة الشمسية نظرا لأن هذه الطريقة في إنتاج الهيدروجين تعتمد على مصادر لا تنضب وهي الماء والإشعاع الشمسي والذي يمكن تحويله إلى طاقة

كهربية بواسطة الخلايا الشمسية المصنوعة من السيلكون، وتكمن أهمية غاز الهيدروجين الشمسي كحل أمثل لتوفير ونقل الطاقة وتوفير الهيدروجين كوقود للسيارات وكذلك متطلبات الصناعة على تنوعها وخصوصاً في المناطق النائية. ويمكن كذلك الاستفادة من الأكسجين (الشق الآخر للهيدروجين في مكونات الماء) في المستشفيات النائية والأغراض الصناعية الأخرى، وتكمن هذه الطريقة في استخدام الإشعاع الشمسي وتجميعه بواسطة مركزات الإشعاع الشمسي حيث تسقط على ألواح شمسية سيليكونية لإنتاج كهرباء. وفي نفس الوقت، تستغل الطاقة الشمسية بتأثيرها الحراري للحصول على ماء مقطر لاستخدامه في المحلل الكهربي الذي يحول الطاقة الكهربية المولدة من الخلايا الشمسية في تحليل الماء إلى هيدروجين وأكسجين واستخدام كليهما في الأغراض المختلفة [1]



الشكل (4-2): جهاز تحليل الماء بالطاقة الشمسية.

وبما إن استخدام هذا النظام يكون من اجل إنتاج الهيدروجين بشكل أساسي تعرف كفاءة هذا النظام بنسبة طاقة الهيدروجين الناتجة عن عملية التحليل إلى طاقة. [2]

4-7خصائص اللوح الشمسي

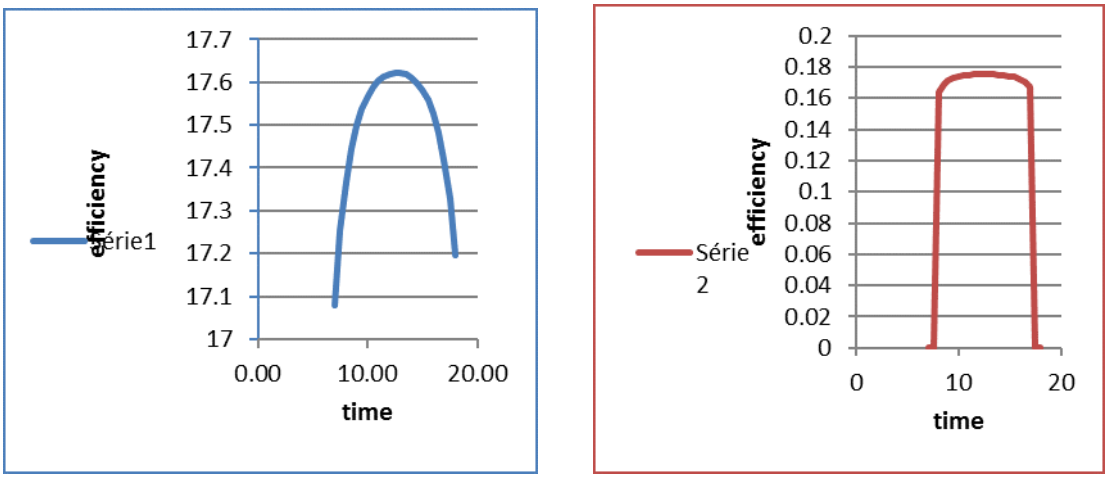
البند	100W Sun power flexible solar panel
رقم الموديل	FFXS-100W
حجم اللوحة الشمسية	1050*540*2.5mm
الوزن الصافي للمنتج	2.74 KG
الخلية الشمسية: الطاقة الشمسية	Sun power solar cell
الكفاءة	21.50%
الطاقة القصوى(مساء)	100W
الجهد عند الطاقة القصوى	17.6(V)
التيار عند أقصى طاقة	5.68(A)
تيار الدائرة القصيرة	6.25(A)

جهد الدائرة المفتوحة	20.8(V)
عدد الخلايا والوصلات	32pcs(4*8)
الموصل	MC4
صندوق التوصيل	IP65
درجة حرارة التشغيل	- 40ºC-+85ºC

2 تحليل والمناقشة النتائج:

1-2 دراسة إنتاج الهيدروجين الشمسي باستخدام المعالج ماتلاب والرسم ببرنامج الإكسل في دراستنا هذه خلال يوم شتوي 15 جانفي ويوم صيفي 15 جويلية.

1-1-2 مردود الألواح الكهروشمسية:



الشكل (4-3): منحنى تغيرات المردود بدلالة الزمن (15جانفي و15 جويلية).

تحليل مقارن:

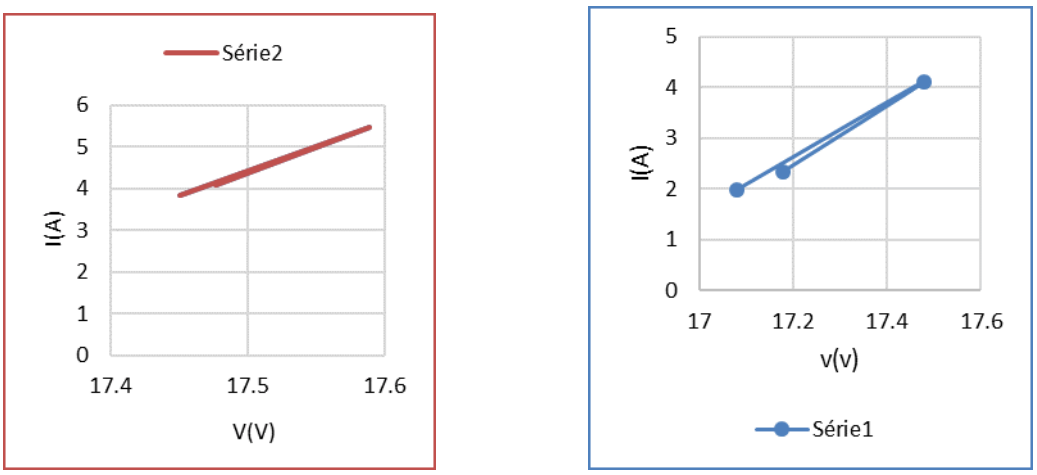
يظهر الرسم البياني المقدم (4-1) تغيرات المردود بدلالة الزمن حيث تختلف كمية الطاقة الشمسية المتولدة من الألواح الشمسية خلال 15 جانفي و15 جويلية حيث نلاحظ:

عند الساعة 07:00 h الصباح يكون المردود منعدم يوم 15 جانفي بينما في يوم 15 جويلية توجد نسبة معتبرة من المردود ويرجع ذلك إلى عدم وجود أشعة الشمس وقد يحدث الضباب في بعض الأحيان في ورقلة خاصة الصباح الباكر في الشتاء مما قد يؤثر على سطوح الشمس, اما بالنسبة ليوم 15 جويلية تكون أشعة الشمس قوية وبوفرة.

عند الساعة 08:00 h يزداد المردود تدريجيا يوم 15 جانفي مع مرور الوقت في الوح الشمسي إلى ان يصل الي قيمتها القصوى عند الساعة 13:00 h التي تبلغ 0.1753% يرجع ذلك لوجود الإشعاع الشمسي الذي يزيد مردود الألواح الشمسي عند ما يكون موجه مباشرة نحو الشمس. بينما في يوم 15 جويلية يزداد المردود أكثر كلما زاد الزمن ويبلغ أعلى قيمة 17.66%.

عند الساعة [14:00 h ← 17:00h]يتناقص مردود ألوح الشمسي مع مرور الوقت إلى إن يصل إلى قيمة دنيا تبلغ 0.1675%، يوم 15 جانفي ويوم 15 جويلية يبلغ 17.11%ويقل مردود ألوح الشمسي عندما تنخفض درجة حرارتها، تم تنعدم عند الساعةh 18:00وهذا يعود لغروب الشمس في الفترة المسائية.

2-2 دراسة تغيرات تيار كهربائي بدلالة توتر للألواح الكهروشمسية:



الشكل(4-4) : منحنى تغيرات التيار بدلالة التوتر.

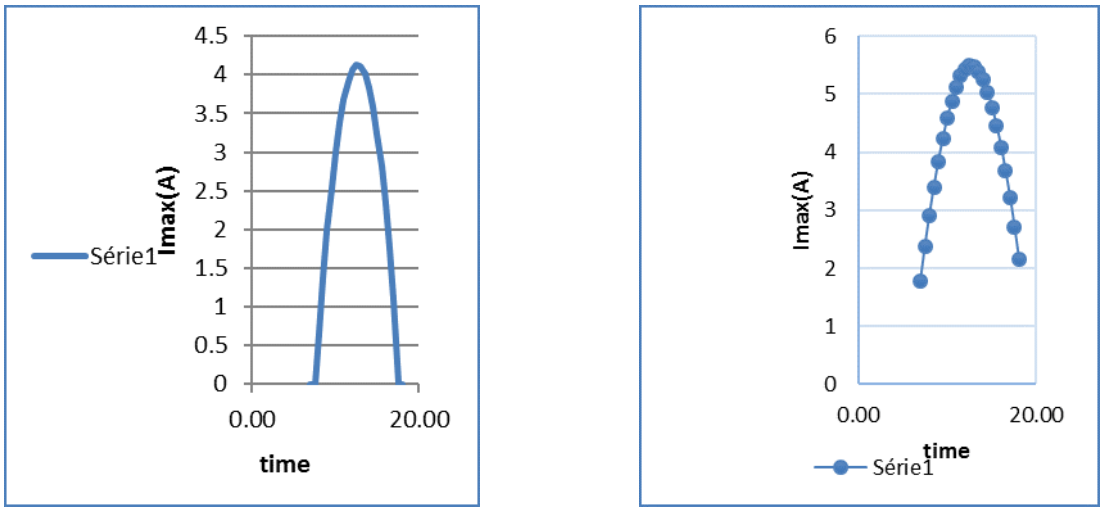
تحليل مقارن:

يظهر المنحى المقدم (4-2) تغيرات التيار الكهربائي بدلالة التوتر في ولاية ورقلة خلال 15جانفي و15 جويلية في أوقات 09:00hو 13:00 hو 16:00h. حيث نلاحظ:

عند [09:00 h ← 13:00h] يزداد التيار الكهربائي بزيادة الجهد الكهربائي اللذين يصلان إلى قيمتهم القصوى عند الساعة 13:00h حيث يبلغ v=4.1052A و I=17.4792v يوم 15 جانفي, اما يوم15 جويلية كانت v=17.6(v) وI=5.66(A)هذا يرجع إلى كلما زاد الجهد الكهربائي ، زادت مقاومة السلك لمرور التيار الكهربائي للوح الشمسي.

عند [16:00 h ← 13:00h]نلاحظ انخفاض في التيار الكهربائي إلى ان يصل قيمة أدنى I=2.33A يوم 15 جانفي ويوم 15 جويلية I=4(A) ينخفض التيار الكهربائي مع انخفاض الجهد الكهربائي فعندما يمر التيار الكهربائي في السلك يولد حرارة. هده الحرارة تزيد من مقاومة السلك مما يؤدي إلى انخفاض التيار الكهربائي

3-2 دراسة التيار أعظمي الألواح الكهروشمسية:



الشكل (4-5) : منحنى تغيرات تيار أعظمي بدلالة الزمن.

تحليل مقارن:

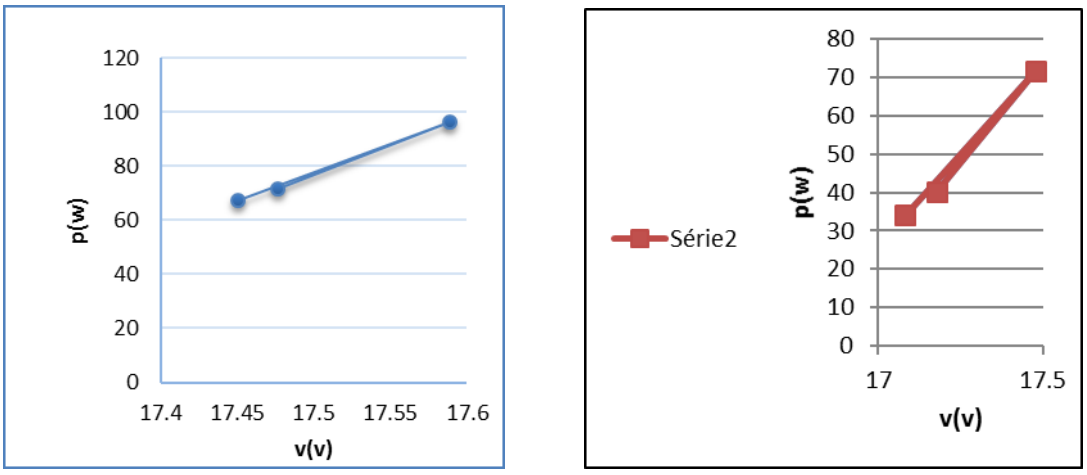
يظهر المنحى المقدم (4-3) تغيرات التيار أعظمي بدلالة الزمن خلال15 جانفي و15 جويلية لولاية ورقلة حيث نلاحظ:

عند الساعةh 07:00 يكون التيار الكهربائي منعدم يوم 15 جانفي بينما يوم 15 جويلية يكون عند القيمة Imax=1.75(A).

عند الساعة [08:00h←13:00h] يزداد التيار الكهربائي مع مرور الوقت حيث يبلغ تيار أعظمي قيمته في منتصف النهار التي تقدر قيمتها Imax=4.55(A) يوم 15 جانفي ويوم15 جويلية بلغ Imax=5.85(A) وهذا يرجع لشدة الإشعاع الشمسي كلما كانت الشمس أكثر سطوعا تكون الشمس في أوجها يزيد تيار أعظمي كهربائي للوح الشمسي.

[$18:00h$←13:00h] ينخفض تيار أعظمي كهربائي تدريجيا مع انخفاض الشمس في السماء وهذا يرجع إلى ارتفاع درجة حرارة اللوحة الشمسية حيث يوم 15 جانفي يتناقص حتى ينعدم لغياب الشمس بينما يوم 15 جويلية يثبت عند القيمة Imax=2.1(A) وهذا لعمل تخزين اللوح الشمسي.

4-2 دراسة استطاعة وتوترالألواح الكهروشمسية:



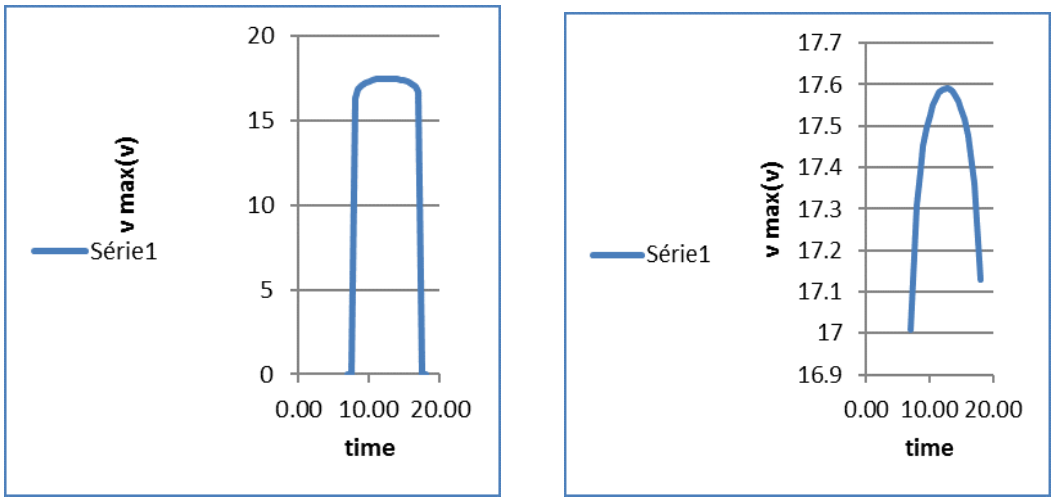
الشكل (4-6) : منحنى تغيرات الاستطاعة بدلالة التوتر.

تحليل مقارن:

يظهر المنحى (4-4) العلاقة بين الاستطاعة بدلالة التوتر في ولاية ورقلة خلال يوم15جانفي و15 جويلية في أوقات 09:00*h* و 13:00 h و 16:00h. حيث نلاحظ:

عند [09:00 h ← 13:00h] تزداد الاستطاعة بزيادة التوتر الكهربائي اللذين يصلاني إلى قيمتهم القصوى *p=71,4792w* ، *v=17,4792* يوم 15 جانفي P=98(w) و V= 17.6(*v*) عند الساعة 13:00h وهذا يرجع إلى تزايد استطاعة اللوح الشمسي مع زيادة التوتر اللوحة الشمسية تؤدي إلى زيادة تدفق التيار الكهربائي عبر اللوحة الشمسية .عند [13:00h ← 16:00*h*] نلاحظ انخفاض في الاستطاعة مع زيادة توتر اللوحة الشمسية أكثر ،تؤدي إلى زيادة المقاومة الداخلية للوحة الشمسية و انخفاض تدفق التيار الكهربائي .

5-2 دراسة توتر أعظمي الألواح الكهروشمسية:



الشكل (4-7) : منحنى تغيرات توتر أعظمي بدلالة الزمن.

تحليل مقارن:

يظهر المنحى المقدم (4-5) علاقة توتر أعظمي بدلالة الزمن خلال يوم 15جانفي و15 جويلية لولاية ورقلة حيث نلاحظ:

في الساعة 0700: صباحا يوم 15 جانفي يكون التوتر الاعظمي منعدم بينما يوم 15 جويلية يكون التوتر عند القيمة $V=17(v)$ ثم يبدأ تزايد التوتر الاعظمي مع مرور الوقت.

وهذا يعود إلى وكمية الإشعاع الشمسي مع ازدياد ساعات النهار، ويصل إلى قيمة قصوى في منتصف النهار $v_{max=17,4816v}$ لان عند منتصف النهار تكون كمية الإشعاع الشمسي في أقصي حدها. يبدأ توتر أعظمي في الانخفاض مع بداية غروب الشمس.

3-2 إنتاج الهيدروجين:

يُعدّ التحليل الكهربائي للماء باستخدام الطاقة الشمسية تقنيةً واعدةً لإنتاج الهيدروجين النظيف، وهو وقود قابل للاحتراق، وتتكون عملية التحليل الكهربائي للماء باستخدام الطاقة الشمسية من الخطوات التالية:

2-3-1توليد الكهرباء الشمسية:

✓يتم استخدام الألواح الشمسية لتحويل ضوء الشمس إلى كهرباء.

✓تعتمد كفاءة هذه العملية على نوع الألواح الشمسية وظروف الإضاءة.

3-2-2 تحليل الماء:

✓يتم استخدام الكهرباء المتولدة من الألواح الشمسية لتشغيل مُحلل كهربائي.

✓يتكون المُحلل الكهربائي من زوج من الأقطاب الكهربائية (إيجابي وسلبي) مغمورة في الماء.

✓عندما يتم تطبيق التيار الكهربائي، يتم تحليل الماء إلى هيدروجين (H2) وأكسجين (O2) عند الأقطاب الكهربائية. [3]

$$2H_2O_{(l)} \rightarrow 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

1-1-3-2 إنتاج الهيدروجين في كل ساعة من اليوم:

$$2H^+ + é2 \rightarrow H_2$$

$$1H_2 \rightarrow 2é$$

(1) $1\ mol\ (\ H_2\ ) \rightarrow 2N_A\ é = 2\ F$

(2) $n\ (mol) \rightarrow It$

حيث لدينا:

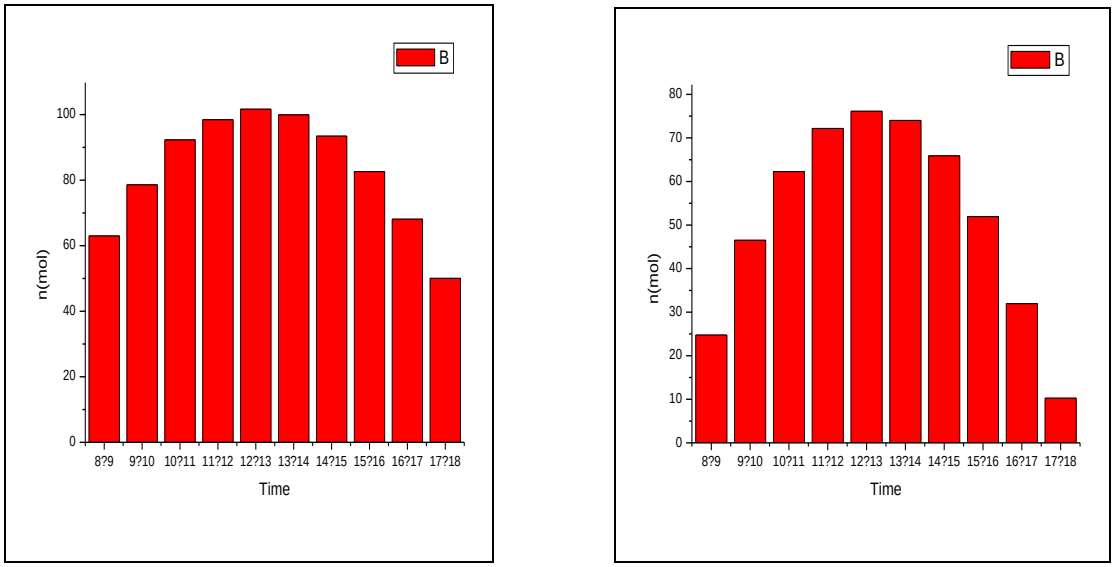
$N_{A=6.02*10^{-23}}$ mol^-1

$é=1,6*\ 10^{-19}$ C

t =3600 h

(3) $n = \frac{It}{2F}$

حيث سنقوم بحساب كمية الهيدروجين المنتج خلال كل ساعة في فترتين الصباحية والمسائية في يوم15 جانفي و15 جويلية لولاية ورقلة من العلاقة رقم (3).



الشكل (4-8): أعمدة بيانية لإنتاج الهيدروجين بدلالة الزمن (15 جانفي و15 جويلية).

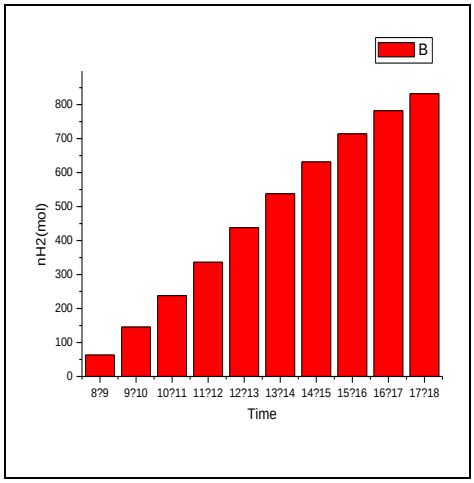
تحليل مقارن:

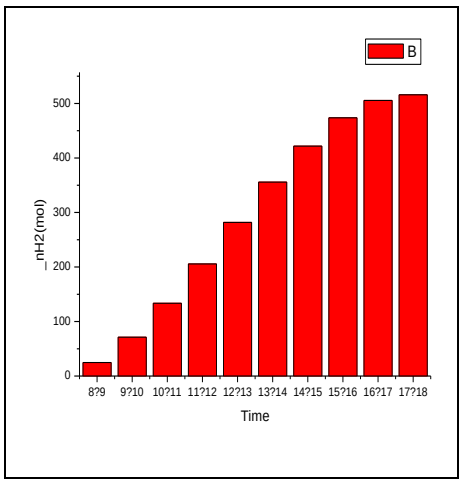
يظهر الشكل (4-11) أعمدة بيانية لمتوسط كمية الهيدروجين التي يتم إنتاجها بواسطة لوح شمسي في كل ساعة خلال 15ر جانفي و15 جويلية, حيث نلاحظ:

إنتاج الهيدروجين في تزايد خلال ساعات النهار إلى يصل إن إلى قيمة القصوى على الساعة [12:00h ←13:00h] التي تقدر ب *mol* 76,11 =nيوم 15 جانفي و n=98mol يوم 15 جويلية هذا يعود إلى تزايد كمية الهيدروجين المنتجة مع زيادة شدة ضوء الشمس، ويكون إنتاج الهيدروجين أعلى في فترة ما بعد الظهر مقارنة بالصباح . ثم يتناقص في إنتاج الهيدروجين المنتجة خلال المساء هذا يرجع إلى انخفاض أشعة الشمس أو ربما بسب تغيرات في الطقس إلى غروب الشمس ليتم تخزين الهيدروجين المنتج للاستغلال في تطبيقات عديدة.

3-3-3 تخزين الهيدروجين:

تم جمع الهيدروجين الناتج عن عملية التحليل الكهربائي وتخزينه في خزان
يمكن استخدام الهيدروجين المخزن لاحقًا في مجموعة متنوعة من التطبيقات. [4]





الشكل (4-9): أعمدة بيانية لتخزين الهيدروجين الأخضر بدلالة الزمن (15 جانفي و15 جويلية).

تحليل مقارن:

تمثل الأعمدة البيانية تخزين الهيدروجين بدلالة الزمن بواسطة التحليل الكهربائي للماء عن طريق انتاج تيار كهربائي من الطاقة الشمسية بدلالة الزمن خلال يوم 15 جانفي و15 جويلية حيث نلاحظ:

تزايد مستمر في تخزين الهيدروجين في بداية الصباح يكون التخزين قليل ثم يتزايد بتزايد الزمن الى ان يصل الى اعلى قيمة خلال الزمن (18:00-17:00) $n(H_2)$= 500mol يوم 15 جانفي ويوم 15 جويلية n=800(mol)هذا يعود الى وجود طاقة شمسية كافية لانتاج الهيدروجين وتخزينها.

[1]المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية https://www.nriag.sci.eg/Tico/page3.html

[2] استخدام الألواح الكهروضوئية في تحليل المياه | E-Mufeed

[3]. موقع – ويكيبيديا –

[4]. الموقع الجزيرة نت –استخدام الطاقة الشمسية إنتاج الهيدروجين رخيص ومستدام و أكثر كفاءة

الخاتمة العامة

تعد الطاقات الغير متجددة مثل الوقود الاحفوري مصدر رئيسي لاضطراب الحياة المعاصرة بسبب كثرة استهلاكها وارتفاع أسعارها بحيث أصبحت طاقة مستنزفة ومكلفة نتوقع نضوب مصادرها مستقبلا ،والتي نتج عنها احتراقها لإنتاج الطاقة غازات دفيئة ملوثة منبعثة إلى الغلاف الجوي مثل ثاني أكسيد الكربون والذي يؤدي إلى تلوث البيئة. هذه الأسباب والدوافع جعلت المؤسسات العلمية والبحثية تعمل على إيجاد بدائل غير ملوثة وغير مكلفة تمكننا من الإنتاج بموارد غير ناضبة وتلبي متطلبات البيئة والحياة، مع إمكانية التخزين والنقل بطرق متعددة.

تعد كل من تغويزات الفحم وإعادة تشكيل البخار وتغويز الكتلة الحيوية والتقاط وتخزين ثاني أكسيد الكربون

ومختلف الدورات الكيموحرارية طرق عملية لإنتاج الهيدروجين. بحيث يستعمل غاز الهيدروجين كخلية وقود تستغل في تطبيقات واستعمالات بحاجة إلى الوقود.

في هذا المبحث قمنا بدراسة نظرية تتمثل في إنتاج الهيدروجين الأخضر عبر التحليل الكهربائي للماء بواسطة الطاقة الشمسية في ولاية ورقلة، وذلك بهدف استغلال المياه وحرارة الشمس للحصول على طاقة نظيفة قابلة للاستعمال كوقود. ومن اجل تحقيق هذا الهدف قمنا بإجراء تركيب تجريبي لربط مباشر بين لوح كهر وشمسي ومحلل كهربائي للماء، بالإضافة إلى بعض أجهزة القياس الأخرى التي تساعدنا في دراسة المقادير المتعلقة بالتجربة و(المتمثلة في الجهد الكهربائي للألواح الكهروشمسية، التيار المار للمحل الكهربائي للماء وكمية واستطاعة ومردود إنتاج الهيدروجين وتخزينه). وقد حصلت التجربة إلى النتائج التالية:

✓زيادة كل من المردود والتيار الاعظمي في فصل الصيف والشتاء ليومي 15جانفي و15جويلية نتيجة ارتفاع درجة الحرارة كلما مر الزمن خاصة الفترة الصباحية.

✓زيادة كل من الاستطاعة والتيار والتوتر الاعظمي نتيجة زيادة جهد الألواح الكهروشمسية صيفا وشتاءا.

✓ بلوغ أعلى القيم في منتصف النهار لكلا اليومين نتيجة زيادة الإشعاع الشمسي آنذاك.

✓الانخفاض لكل المقادير المدروسة يعود إلى غروب الشمس في المساء.

✓زيادة إنتاج الهيدروجين كلما زاد الزمن نتيجة زيادة قوة الإشعاع الشمسي حيث بلغ اعلى قيمة التي تقدر ب $n= 76,11mol$يوم 15 جانفي و n=98mol يوم 15 جويلية.

✓زيادة تخزين الهيدروجين كلما زاد الزمن نتيجة قوة الإشعاع الشمسي ثم يبدأ بالانخفاض نتيجة غروب الشمس والذي وصل الى اعلى قيمة خلال الزمن (18:00-17:00) $n(H_2)= 500mol$ يوم 15 جانفي ويوم 15جويلية n=800(mol).

الملخص :

الهدف من هذه الدراسة هو استغلال الطاقات المتجددة للحصول على طاقة بديلة ونظيفة اقل تكلفة واقل ضرر على البيئة. والتي تطرقنا لها وهيا إنتاج الهيدروجين وبصفة خاصة إنتاج الهيدروجين الأخضر وتخزينه. حيث قمنا بالعمل التجريبي وهو التحليل الكهربائي للماء بواسطة الطاقة الشمسية ,تمت الدراسة خلال يوم من الشتاء ويوم من الصيف. وقد تبين لنا ان الهيدروجين الأخضر يمكن استعماله كوقود في عصرنا الحالي ومستقبلا في عدة استعمالات وتطبيقات منها في مجال المواصلات والاتصالات الشبكية وفي مجال التوربينات الغازية وغيرها. وهذا بفضل ما تتمتع به ولاية ورقلة من إمكانيات وهي وجود مصادر مائية كافية لتغذية عملية التحليل الكهربائي , توفر أشعة شمسية عالية وهذا ما تعرفه الولاية من المناخ الغالب فيها ,توفر مساحات شاسعة من الأراضي غير المستغلة التي يمكن استخدامها لبناء محطات طاقة شمسية ومرافق إنتاج الهيدروجين الأخضر.

الكلمات المفتاحية: الطاقات المتجددة ,انتاج الهيدوجين ,الهيدروجين الأخضر, الطاقات الشمسية ,الوقود الهيدروجيني, التحليل الكهربائي للماء.

Abstract

The aim of this study is to exploit renewable energies to obtain alternative and clean energy that is less expensive and less harmful to the environment. Which we addressed is the production of hydrogen, especially the production and storage of green hydrogen. We conducted the experimental work, which is the electrolysis of water using solar energy. The study was conducted during a winter day and a summer day. It became clear to applications, including in the field of transportation and network communications and in the field of gas turbines and others and us that green hydrogen can be used as a fuel in our current era and in the future in several uses. This is thanks to the capabilities of the state of Ouargla, which is the presence of sufficient water sources to feed the electrolysis process, the availability of high solar radiation, which is what the state knows from the prevailing climate in it, and the availability of vast areas of unused land that can be used to build solar power stations and green hydrogen production facilities

Keywords: Renewable energies, hydrogen production, green hydrogen, solar energy, hydrogen fuel, water electrolysis.