

دراسة تجريبية لمدى تأثير درجة ميلان عمود تبادل الطاقة في نظام تحويل طاقة أمواج بحرية على مردوده وفقاً لظروف الساحل السوري.

الدكتور سمير كفا*

الدكتور عدنان عمران**

منذر سليمان***

(تاريخ الإيداع 1 / 2 / 2015. قُبل للنشر في 15 / 6 / 2015)

□ ملخص □

يتضمن هذا البحث تصميم وتنفيذ نموذج تطبيقي يحول طاقة الأمواج البحرية العرضية إلى طاقة كهربائية حيث يعمل النموذج تبعاً لنظام عمود الماء المتذبذب مستخدماً عنفة ويلز التي تستمد حركتها الدورانية من ضغط الهواء الذي تولده الأمواج البحرية في غرفة تحويل الطاقة الخاص بالنظام المدروس. يشمل البحث، من خلال إجراء مجموعة تجارب على النموذج، دراسة تأثير بعض متغيرات النظام التكنولوجية على مردوده وبالتالي على عدد دورات العنفة العاملة فيه، وذلك ضمن بارامترات الموجة والشروط المناخية للساحل السوري، حيث تظهر النتائج على شكل منحنيات واضحة القيمة، ليتم التوصل من خلالها إلى توصيات ومقترحات مناسبة لتحسين النظام في المستقبل.

الكلمات المفتاحية: الأمواج البحرية، طاقة كهربائية، النموذج، عنفة ويلز.

* أستاذ - قسم التصميم والإنتاج - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم هندسة الطاقات المتجددة - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالب دراسات عليا (دكتوراه) - قسم المعدات والاليات - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Experimental Study of The Effect of Energy Exchange Column Slope in a Sea Wave Energy Converting System on its Efficiency under the Syrian Coast Conditions.

Dr. Sameer Kafa^{*}
Dr. Adnan Omran^{**}
Monzer Suleiman^{***}

(Received 1 / 2 / 2015. Accepted 15 / 6 / 2015)

□ ABSTRACT □

This research includes designing and executing of an applied model for converting the energy of the offshore sea waves into electrical power. The model runs according to oscillating water column system (OWC) using air turbine, which rotates by the air pressure generated by the sea waves within the energy chamber.

The article studies the effect of technological changes on the efficiency of the model and subsequently the number of its turbine's rotation, within the wave parameters under the Syrian coast conditions. Results in form of clear curves and diagrams will be discussed. They will also be analyzed and considered to achieve a suitable suggestion that can improve the system in the future.

Key words: Sea waves, Electric power, Model, Wells Turbine

^{*} Professor, Department of Design and Production, Faculty of Mechanical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

^{**} Professor, Department of Renewable Energy, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

^{***} Postgraduate Student, Workshop Department, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن القلق الذي ساد ومازال يسود العالم منذ بداية الألفية الثالثة حول مسائل مصادر الطاقة قد دفع إلى البحث عن طرق أفضل لاستخدام هذه المصادر، وأصبح الحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها هدفاً استراتيجياً يتقدم على كافة الأهداف والسياسات لجميع بلدان العالم. وفي هذا المجال لا بد من ذكر الحقيقتين الآتيتين:

* إن الصعوبات المتعلقة بإنتاج الطاقة واستهلاكها ليست آنية بل هي مستمرة ويجب أن نتعلم كيف نتعامل معها.

* إن مشكلة الطاقة هي مشكلة تتصف بالشمولية أي أن جميع الأمم والشعوب معنية بها ومن ضمنها بالطبع القطر العربي السوري.

فمنذ عام 1970 تطور الاهتمام بطاقة الأمواج البحرية عالمياً وذلك نظراً للارتفاع المستمر لتكاليف المنابع التقليدية للطاقة وانخفاض كمياتها بالإضافة إلى ما يصيب البيئة من تلوث.

ويقدر مجلس الطاقة العالمي [1] حجم الطاقة التي يمكن توليدها من أمواج المحيطات بنحو 2 تيراواط «أي مليوني ميغاواط»، وهي ضعف كمية الكهرباء التي ينتجها العالم الآن، هذا وتقدر الطاقة التي يمكن إنتاجها من الأمواج التي تضرب السواحل الأسترالية فقط سنوياً بنحو مليون غيغاواط في الساعة، كما يمكن توفير 25 بالمئة من كهرباء المملكة المتحدة الحالية من مصادر أمواجها. وهناك تقريباً نحو 100 شركة صغيرة حول العالم تعمل في تحويل طاقة أمواج المحيطات إلى كهرباء، ويوجد الكثير من هذه الشركات في أوروبا، حيث تضخ الحكومات هناك الكثير من الأموال بغرض تقليل التكلفة للطاقة الكهربائية المنتجة.

ومن المقدر لمصادر طاقة الأمواج، القريبة من الشاطئ في أستراليا فقط أن تنتج نحو 171 ألف ميغاواط، وهي ما يكفي أربعة أضعاف الاستهلاك الحالي من الطاقة في أستراليا، كما سيتم استيعاب أكثر من 14 ألف عامل في مجال طاقة الأمواج بحلول العام 2050.

أما الحكومة الأسكوتلندية فقد أعلنت بناء أكبر محطات توليد طاقة الأمواج في العالم قبالة جزر لويس في الجزر الغربية، لتوفر 70 وظيفة وتعزز ريادة أسكوتلندا في مجال الطاقة المتجددة. وصدرت الموافقة على إنشاء المحطة بقوة قدرها 4 ميغاواط في منطقة سيدار بجزر لويس، وأخذت مزرعة الأمواج التجارية خطوة جديدة بحصولها على تمويل من شركة «AWS» [2] لطاقة المحيطات الأسكوتلندية قدره 2.1 مليون جنيه إسترليني.

بدأت البرتغال في العام 2010 بوضع مخطط لإنتاج 45 بالمائة من الطاقة التي تلزمها من مصادر طبيعية كالشمس، الرياح والأمواج، وتقوم شركة «إنيرسيس» البرتغالية بتمويل مشروع لإنتاج طاقة الأمواج في شمال البرتغال، والذي بدأت فيه أعمال التشييد في نهاية العام 2006.

وكما ذكر سابقاً فقد تعددت المشاريع والدراسات العالمية التي ركزت على نوع محدد من هذه المحولات ويعتبر عمود الماء المتذبذب (OWC) اليوم من أفضل هذه المحولات تجارياً واقتصادياً.

علاوة على الدراسات المتعددة السابقة فقد ظهر كثير من الأبحاث التي تناولت تطوير نمذجة وتحليل أداء هذا النوع من المحولات ونوقشت في مؤتمرات علمية دولية نذكر منها: البحث المعتمد في محضر جلسة المؤتمر السابع لطاقة المد والجزر والأمواج المنعقد في البرتغال 2007 والذي درس تطوير نظام توليد طاقة علفي يستخدم مبدأ نظام عمود الماء المتذبذب [3] OWC. والبحث الصادر عن جامعة كورك - أيرلندا عام 2005 الذي يشرح نتائج النمذجة والتحليل لنموذج محول طاقة أمواج (بمقياس 1/4 من prototype) يعمل وفقاً لنظام عمود الماء المتذبذب

بشروط تتصيب بعيداً عن الشاطئ [4]. وأيضاً التقرير الصادر عن منظمة (INORE) العالمية التي تعنى بشؤون الطاقات المتجددة المعتمد في مؤتمر دايفون- إيرلندا في أيار 2010، يبحث في تطوير محول طاقة موجة يعمل وفقاً لمبدأ عمود الماء المتذبذب- منصّب على شواطئ الأطلسي في إيرلندا [5]. إضافة إلى الكثير من هذه الدراسات. وجدير بالذكر بأن الأبحاث والمشاريع السابقة تتناول دراسة وتحليل هذا النوع من المحولات تبعاً لبارامترات الأمواج بشروط المحيطات، كما أن الخريطة العالمية لتوزيع مستويات طاقة الموجة مقدراً بالكيلوات لكل متر طولي من عرض الموجة (kW/m) على سواحل دول العالم [6] لا تظهر مقدار هذه الطاقة على سواحل البحر الأبيض المتوسط، إضافة إلى شحة وجود تجارب لاستخدام مثل هذا النوع من المحولات في حوض المتوسط بشكل عام وفي سورية بشكل خاص. لذلك تم وضع مخطط بحث بحيث يتم تصميم وتنفيذ نموذج تطبيقي لتقييم عمل هذا النظام بشروط ومواصفات موجة الساحل السوري وبعض البارامترات المناخية اللازمة بهدف معرفة إمكانية الاستفادة عملياً من هذه الطاقة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى تصميم نموذج تطبيقي لمحول طاقة أمواج يعمل وفقاً لنظام عمود الماء المتذبذب وتنفيذه ثم تقديم دراسة تجريبية لمعرفة مدى تأثير تغيير زاوية ميلان عمود النظام على بعض بارامتراته وبالتالي على مردوده، تبعاً لشروط طاقة الأمواج العرضية في الساحل السوري.

طرائق البحث ومواده:

- بداية لتحقيق الهدف المذكور أعلاه، لا بد من تحديد النقاط الرئيسية الآتية:
- لمعرفة إمكانية الاستفادة من طاقة الأمواج في البحر الأبيض المتوسط وتحديدًا بالساحل السوري، لا بد من إجراء دراسة ميدانية لمعرفة مواصفات الموجة البحرية في السواحل السورية .
- تصميم وتنفيذ نموذج تطبيقي لنظام عمود الماء المتذبذب اعتماداً على مواصفات الموجة وعلى نظرية التشابه والتحليل البعدي.
- إجراء التجارب على النموذج التطبيقي وأخذ القياسات اللازمة لدراسة تأثير تغير بعض البارامترات التصميمية الهامة للنظام على مردود عمله .
- الخروج بمواصفات تعطينا التصميم الأمثل وهكذا نظام بشروط الساحل السوري.

1. الدراسة الإحصائية لمواصفات موجة الساحل السوري:

تم الانطلاق بتصميم النظام من دراسات إحصائية تم إعدادها من قبل الباحث وبالإشتراك مع هيئة الأرصاد الجوية لمعرفة مواصفات الموجة بالساحل السوري بالإضافة إلى مجموعة بارامترات مناخية ضرورية للدراسة وكانت النتائج كما هي واردة بالجدول (1) [7]:

الجدول (1) المتوسط السنوي لكل متوسطات القيم الشهرية للبارامترات خلال عام 2010.

متوسط سرعة الموج (m/s)	الشهر	متوسط درجة حرارة المياه °C	متوسط ارتفاع الموجة m	متوسط الضغط الجوي Pascal10 ² ×	متوسط درجة الحرارة الصغرى °C	متوسط درجة الحرارة العليا °C	الشهر/ 2010
4.5	01/2010	17.2	1.41	1016	11.5	18	ك2
4	02/2010	17	1.38	1014	11	17.5	شباط
3.2	03/2010	17.5	1.10	1013	12	21	آذار
2.65	04/2010	19.5	1.00	1012	14.5	22.5	نيسان
1.6	05/2010	21.3	0.93	1011	17	24.5	أيار
1.15	06/2010	23	0.9	1008	19.3	28.2	حزيران
0.9	07/2010	26	0.42	1005	26.3	32.2	تموز
0.7	08/2010	27.2	0.38	1005.5	27.5	32.6	أب
1.8	09/2010	26.5	0.63	1007	24.5	30.8	أيلول
2.1	10/2010	24.5	0.75	1016	18.6	26	ت1
2.5	11/2010	23	0.85	1018	15.8	24.3	ت2
4.1	12/2010	19	1.40	1018	10.8	20.4	ك1
2.43	المتوسط	21.8	0.93	1012	17.4	24.6	المتوسط

انطلاقاً من هذه الموصفات وتحديدياً من متوسط ارتفاع الموجة العلوي خلال عام كام [7]، والتي بلغت 0.93 m ، تم البدء بتصميم نظام عمود الماء المتذبذب، ثم وبمساعدة نظرية التشابه والتحليل البعدي تم الانتقال إلى معرفة بارامترات النموذج التجريبي بمقياس 1/6.

II- مبدأ عمل النظام:

من المعروف بأن انتزاع الطاقة من العنفة تابع لثلاثة بارامترات أساسية وهي:

• توفر طاقة موجة كافية.

• منحي القدرة للنظام المقترح.

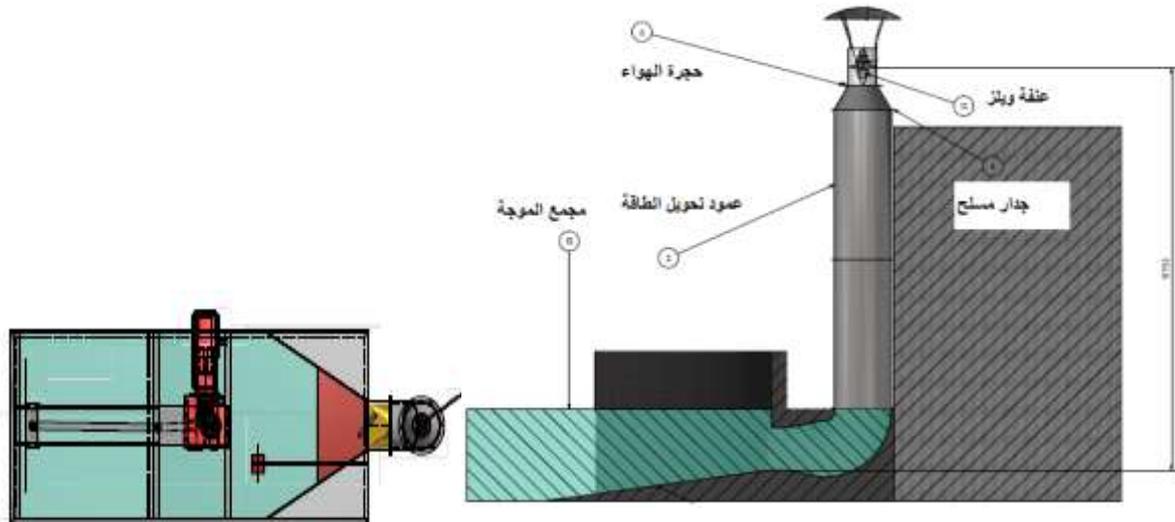
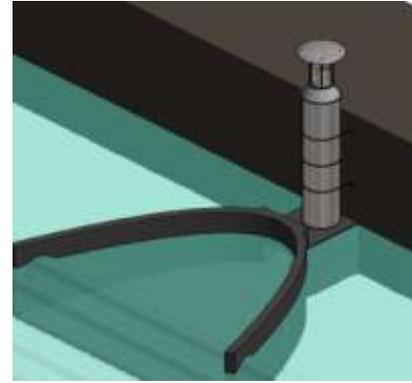
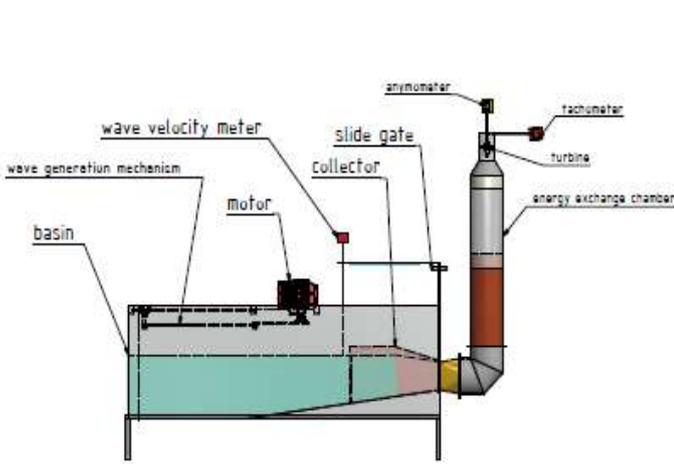
• مقدرة النظام على الاستجابة للتقلبات الريحية وبالتالي الموجية.

تستمد عنفته النظام المقترح حركتها الدورانية من الهواء المضغوط والمدفوع إليها من حجرة الهواء المتوضعة مباشرة في أعلى حجرة الماء من عمود تحويل الطاقة (اسطوانية الشكل) وذلك بفعل دخول ماء الموجة إلى حجرة الماء فتدور باتجاه عقارب الساعة وعند انحسار الموجة وانخفاض الماء داخل حجرة الماء يتشكل ضغط تخلخل هوائي معاكس يؤدي إلى امتصاص الموجة للهواء الذي يندفع باتجاه العنفة مما يسبب في استمرار دوران العنفة بشكل دائم

وينفس الاتجاه ، بغض النظر عن جهة تدفق الهواء خلاله (توربين wells)، ويتم إنتاج الطاقة الكهربائية من مولد كهربائي تقوده العنفة.

يتكون النظام التطبيقي المنفذ (Model) والمبين في (الشكل 1) والمبني بمقياس 1/6 من نموذج حقيقي (Prototype) تبعاً لنظرية التشابه من العناصر الأساسية الآتية:

- 1- خزان الماء (الحوض).
- 2- ميكانيزم توليد الموجة الاصطناعية المنمذجة.
- 3- مجمع طاقة الموجة.
- 4- عمود تحويل الطاقة.
- 5- بوابة الدخول إلى النظام (متغيرة الفتحة).
- 6- وحدة توليد عنفيه (التوربين الهوائي مع المولد).



الشكل (1) يبين : اليمين - المخطط العام لمحطة تحويل طاقة الموجة (Prototype).

اليسار - المخطط العام للنموذج التجريبي للنظام (Model).

III- التحليل البعدي ونمذجة النظام:

لتصميم ومن ثم تنفيذ نموذج تطبيقي للنظام المدروس (Model) بمقياس (1/6) من نموذج حقيقي (Prototype) لابد من إجراء تحليل بعدي للنظام (Dimensional Analysis) وتطبيق نظرية التشابه (Similarity theory) على مواصفات الموجة الحقيقية من جهة وعلى جميع بارامترات النظام الحقيقي المدروس من جهة أخرى.

الانتقال من الأبعاد الحقيقية للنظام (Prototype) إلى أبعاد النموذج التطبيقي (Model) وفق نظرية التشابه.

ملاحظة: يرمز للدلالة على الأبعاد الحقيقية للنظام بالدليل P ولأبعاد النموذج التطبيقي بالدليل m .

- نمذجة الموجة:

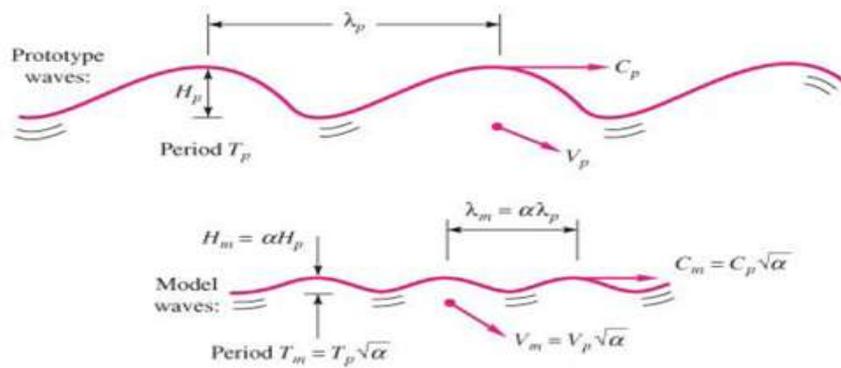
انطلاقاً من الدراسة الإحصائية للموجة المذكورة سابقاً، تم معرفة مواصفاتها عند مدخل النظام وكانت النتائج كما يأتي:

متوسط طول الموجة الحقيقي $\lambda_p = 12.56 \text{ m}$

متوسط ارتفاع الموجة السنوي $h_p = 0.93 \text{ m}$

متوسط زمن الموجة $t_p = 2.8 \text{ sec}$

سرعة الموجة عند مدخل المجمع $(Vw1)_p = 4.42 \text{ m/sec}$



Free surface flows are kinematically similar with length and time scales related by the Froude number.

وفق عامل التحويل $\alpha = (1/6)$ النموذج بمقياس (1/6 من الأصل)، وجميع العلاقات الرياضية موضحة بالشكل (2) حيث تصبح مواصفاتها كالآتي [8].

متوسط طول الموجة في النموذج $\lambda_m = \alpha \cdot \lambda_p = 2 \text{ m}$

متوسط ارتفاع الموجة في النموذج $h_m = \alpha \cdot h_p = 0.155 \text{ m}$

متوسط زمن الموجة في النموذج $t_m = \frac{t_p}{\sqrt{\alpha}} = 1.155 \text{ sec}$

سرعة الموجة عند مدخل النظام $(Vw1)_m = \frac{(Vw1)_p}{\sqrt{\alpha}} = 1.8 \text{ m/sec}$

وعليه عندما يتم نمذجة السرعة عند مدخل النظام فإنه وحسب معادلة الاستمرار (جداء المقطع الأول في السرعة عنده يساوي إلى جداء المقطع الثاني في السرعة عند هذا المقطع أي $V_1 A_1 = V_2 A_2$)، تكون بقية السرع داخل النظام محققة لأن التشابه الهندسي قد تم تحقيقه بالنسبة لجميع أبعاد ومقاطع النموذج.

- نمذجة عمود تحويل الطاقة:

إن مواصفات عمود تحويل الطاقة بعد نمذجته بمقياس 1/6 (للأبعاد الهندسية) تصبح كالآتي:

$$(d_{cw})_m = 1.4 / 6 = 0.25 \quad \text{m} \quad \text{قطر عمود الماء للنموذج}$$

$$(d_{ca})_m = 0.7 / 6 = 0.12 \quad \text{m} \quad \text{قطر عمود الهواء للنموذج}$$

$$h_{wn})_m = 8.33 / 6 = 1.38 \quad \text{m}$$

$$(y_{an})_m = 1.67 / 6 = 0.27 \quad \text{m} \quad \text{ارتفاع عمود الهواء للنموذج}$$

- مواصفات العنفة المستخدمة:

تم استخدام عنفة من نوع (Wells turbine)، تدور بنفس الاتجاه بغض النظر عن جهة تدفق الهواء عليها، والتي تتمتع بالمواصفات الآتية:

بروفيل الشفرة من نوع (NACA 0020) المتناسقة الشفرات [9] حسب المنظمة العالمية لعلوم الطيران (National Advisory committee for Aeronautics).

$$(d_{ca})_m = 120 \text{ mm} = 12 \text{ cm} \quad \text{المحيط بالعنفة}$$

ومنه قطر العنفة المصنعة (بعد ترك خلوص من الحهتين 4 mm) 116.6 mm

$$\alpha = 17^\circ \quad \text{زاوية الهجوم للعنفة المصنعة محلياً (المبينة في الملحق)}$$

أنصاف أقطار كل من الدوار والسرة ونسبتهما وعدد الشفرات وطول وتر الشفرة المستخدمة على الترتيب هي:

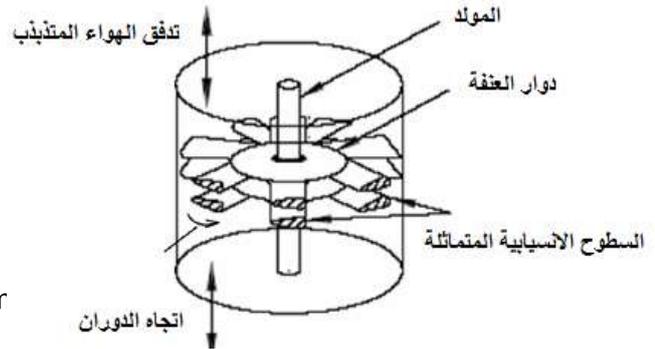
$$R_{tip} = 58 \text{ mm} = 5.8 \text{ cm}$$

$$R_{hub} = 29 \text{ mm} = 2.9 \text{ cm}$$

$$R_{hub} / R_{tip} = 0.5$$

$$\text{Number of blades} = 6$$

$$\text{Chord}(c) = 28.6 \text{ mm} = 2.86 \text{ cm}$$



الشكل (3) يبين أجزاء توربين wells المستخدم [9].

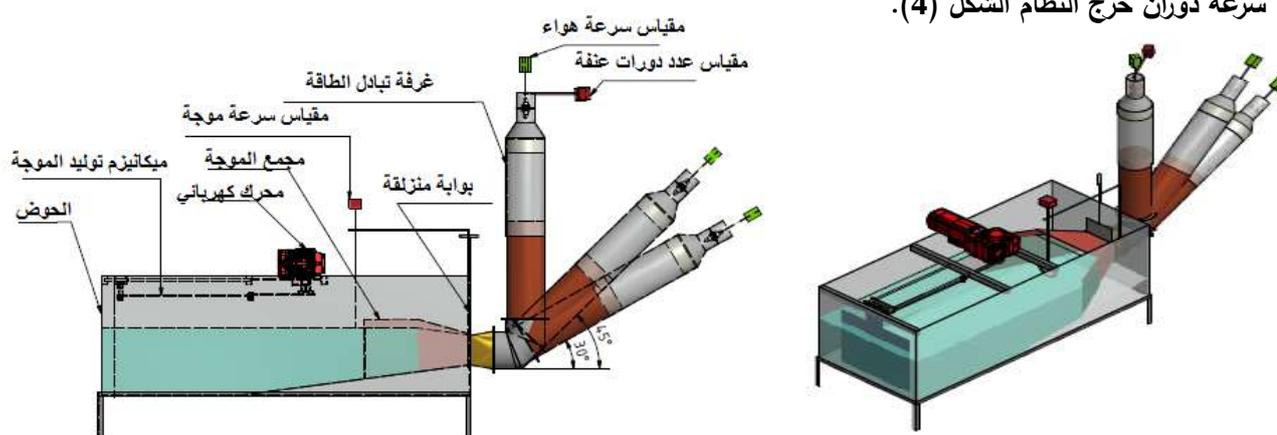
النتائج والمناقشة:

تم مخبرياً دراسة العلاقة بين بارامترات النظام على النموذج التطبيقي المنفذ الشكل (1- يسار) وأجريت القياسات والتجارب الآتية:

- 1 دراسة تغير ارتفاع عمود تحويل الطاقة للنظام ونسبة طول عمود الماء لعمود الهواء وأثره على سرعة دوران العنفة وبالتالي على مردود عمل النظام .
- 2 دراسة تغير فتحة بوابة دخول النظام وأثرها على سرعة دوران العنفة وبالتالي على مردود النظام.
- 3 دراسة تغير ميلان عمود الماء/الهواء وأثر ذلك على مردود عمل النظام وذلك بثلاثة زوايا مختلفة 90° ، 45° و 30° .

وقد تم ذلك كله تجريبياً على النموذج الاختباري المبين سابقاً (الشكل 1) وتم أخذ القراءات بمساعدة الأجهزة التالية: مقياس Anemometer لقياس سرعة الهواء من نوع (Prova-AVM-03) ومقياس Digital Tachometer ليزري لقياس سرعة دوران العنفة، ومقياس لقياس سرعة الموجة وارتفاعها في القنوات المفتوحة من نوع (Akim Universal Current Meter -32). (الصور الفوتوغرافية للنموذج مع المقاييس تظهر في الملحق).
والنتائج المدرجة أدناه تدرس العلاقة بين :

تغير بارامترات النظام من: ارتفاع عمود التحويل (ماء + هواء)، فتحة بوابته وزاوية ميلانه وأثر ذلك على سرعة دوران خرج النظام الشكل (4).



الشكل (4) يبين : المخطط العام للنموذج المقترح لتحويل طاقة الموجة بالحالات الثلاثة لميلان عمود التحويل.

تم دراسة تغير ارتفاع عمود تحويل النظام بحالات ميلانه الثلاثة عند فتحات بوابة متعددة وعلاقة ذلك بسرعة دوران العنفة المدروسة.

وكانت مراحل العمل المخبري كالتالي:

- 1 حالة كوع 90° قائم الزاوية لعمود التحويل تم اختبار ما يأتي:
- عند أبعاد بوابة ثابتة وقدرها 25×20 cm تم أخذ قياسات سرعة الدوران وسرعة الهواء عند مخرج النظام وعند نسب ارتفاع متغيرة (هواء + ماء) لعمود تحويل الطاقة.

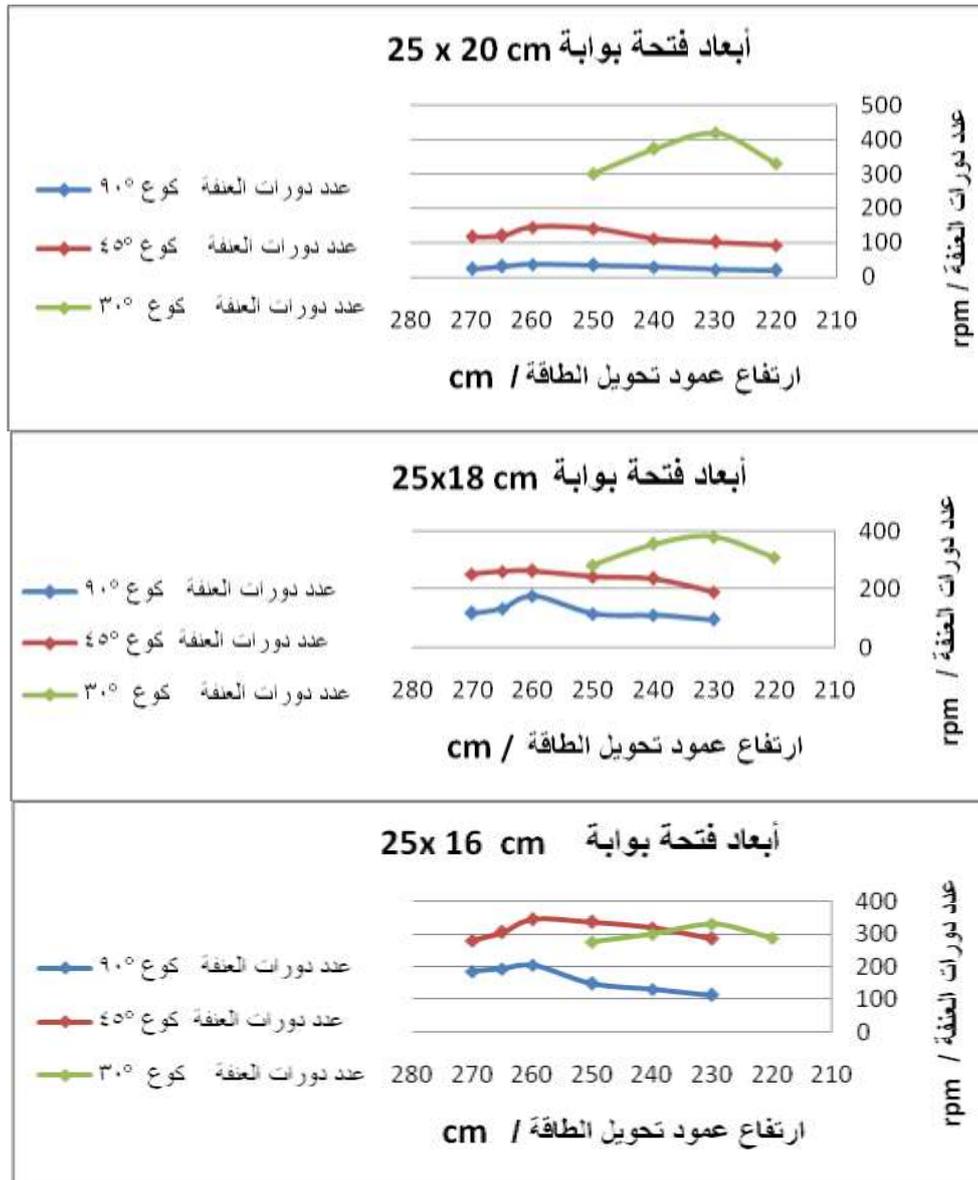
• تم تغيير فتحة البوابة بحيث أصبحت (25 x 18 cm)، ثم (25 x 16 cm)، ثم (25 x 14 cm) وأجريت القياسات السابقة نفسها.

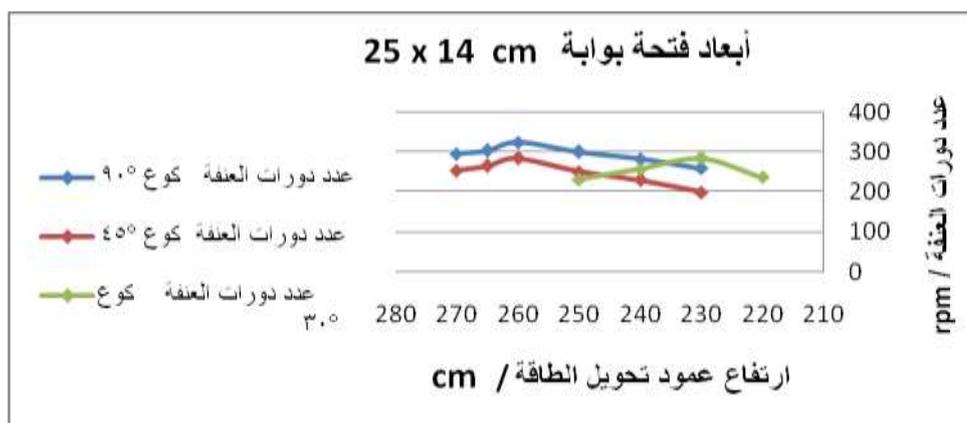
2 أعيدت نفس الاختبارات وأخذت نفس القياسات السابقة في حالة زاوية ميلان لعمود التحويل وقدرها 45°.

3 تم تكرار الخطوات السابقة عند زاوية 30°.

تم تمثيل جميع القياسات التي أخذت لكل الحالات المذكورة أعلاه بيانياً وأدرجت تتابعاً في الشكل (5) المبين

أدناه :





الشكل (5) يبين نتائج تغير ارتفاع عمود التحويل (ماء + هواء) وفتحة بوابته عند زوايا متعددة وأثره على سرعة دوران عنفة النظام.

يتبين من تحليل نتائج الخطوط البيانية السابقة بأن أفضل حالة هي عند زاوية ميلان لعمود التحويل مقدارها 30° وفتحة بوابة قدرها 25 x 20 cm مع ارتفاع عمود تحويل قدره 230 cm حيث يظهر عدد دورات عنفة أعظمي وقدره 418.4 rpm.

الاستنتاجات والتوصيات:

- من الدراسة النظرية ومقارنتها بالنتائج العملية ومناقشة هذه النتائج (المبينة في الشكل 5) يمكن استنتاج ما يأتي:
1. إن تصميم نظام تحويل طاقة الأمواج تطلب دراسة مسبقة ومتكاملة للموقع البحري المطلوب إقامة المشروع فيه وهذه الدراسة طالت مواصفات الموجة بشروط الساحل السوري وركزت على النواحي الآتية: سرعة الأمواج ، ارتفاعها ، طولها، عرضها و مدى توفرها السنوي.
 2. إن مردود النظام يعتمد على عوامل كثيرة و متعددة الجوانب، ففي النظام العرضي المدروس يعتبر كل من سرعة، طول، ارتفاع الموجة، أبعاد فتحة دخولها وقطر وارتفاع غرفة تحويل الطاقة من العوامل المؤثرة على المردود والتي تم اختبارها وقياسها.
 3. يعتبر عمود تحويل الطاقة المستخدم للكوع 90° هو الأسوأ من حيث المردود، ويلاحظ أنه بانخفاض قيمة زاوية ميلان عمود الطاقة عن الأفق يتحسن عدد دورات العنفة وبالتالي مردود النظام.
 4. يعتبر كوع 30° المستخدم في عمود تحويل الطاقة هو الأفضل، لأنه يعطي أعظم مردود مقارنةً مع باقي حالات ميلان عمود التحويل الأخرى.
 5. إن ارتفاع عمود تحويل الطاقة الأمثل عند كوع 30° هو 230 cm .
 6. أفضل أبعاد فتحة بوابة للنظام عند كوع 30° هو 25 x 20 cm .
 7. إن نموذج عمود الماء المتذبذب المقترح يملك قيمة كافية لكي يؤدي عمله بكفاءة بشروط الساحل السوري.
 8. يمكن الانتقال إلى التطبيق العملي لتصميم وتنفيذ هذا النظام بالأبعاد الحقيقية بسهولة ويسر وفق نظرية التشابه البعدي العكسية.

التوصيات:

- 1 تغيير تصميم النظام من عمود تحويل طاقة شاقولي إلى أفقي (حالة زاوية ميلان صفرية) ليصار إلى مقارنة نتائج بارامترات النظام ومردوده بوضعية الميلان المثلى (30) لعمود التحويل الشاقولية.
- 2 - عند التنفيذ يوصى بأن يكون السطح الداخلي لغرفة عمود الماء أملساً كفاية وذلك لتقليل مفاقد طاقة الماء الناتجة عن الاحتكاك عند المرور فيها.
- 3 - للحصول على استطاعة كهربائية مركبة وقيم استثمارية مفيدة اقتصادياً يوصى بتركيب وبناء مزرعة تتضمن تكرار النموذج المقترح عشر مرات بنفس الموقع على الأقل.
- 4 إدخال النموذج التطبيقي المنفذ ونتائج البحث ومنهجيته في المناهج التدريسية في الأقسام التي تدرس الطاقات المتجددة بحيث تصبح رافداً لمصادر توليد الطاقات النظيفة بالإضافة إلى كونها علماً.
- 5 الانفتاح على التجارب العالمية في هذا المجال في الدول المتقدمة والاستفادة من تطبيقاتها.
- 6 اختبار نفس الأسلوب لدراسة بارامترات أخرى للنظام من أجل تطويره وإيجاد حلول مثلى لمشاكل أخرى مع إضافة قيود جديدة لتقريب أكثر من الواقع الصناعي.

المراجع:

- [1]WORLD ENERGY COUNCIL." *Survey Of Energy Resources*".22nd. ed., Reportof the world energy council, 2010, 563.
- [2]AWS Ocean Energy Ltd , *Scottish wave energy company*.
www.awsocan.com
- [3] The 7th European Wave and Tidal Energy Conference"*The Development of a Turbo-Generation System for Application in OWC Breakwaters*".Portugal,2007, 16.
- [3] ALCON, RAY.; HUNTER, SCOTT.; SIGNORELI, CHRIS.; OBEYESEKERA, RANJL.; FINNINGAN,TIM.; DENNISS, TOM. *Results of the Testing of the Energetech Wave Energy Plant at Port Kembla*.Energetech Australia. PTY Limited,October 26, 2005.
- [4] CASHMAN, DAVID, P. DARA. LO, SULLVAN. EGAN, MICHEL. G.; and Hayes, John. G. *Modeling and Analysis of an Offshore Oscillating Water Column Wave Energy Converter*. Hydraulics and Maritime Research Centre, University College Cork, Ireland.2006.
- [5]D,CARR.; A, McNABOLA.; and L.W, Gill.*Developing Rock Oscillating Water Column Wave Energy Conversion in Ireland* .Report on the Fourth Annual Symposium, Devon, UK.May 2010.
- [6] THORPE, T .W.VIA WEC .*Approximate Global Distribution of Wave Power Levels*. Nov, 2009.
- [7]SULEIMAN, MONZER.*Converting the offshore sea waves energy into electrical power on the Syrian coast by using the computer*. Inpartial fulfillment of the requirements for the degree of master degree of master of sciencetechnical engineering, University of Tisherrn, December, 2011.
- [8]BAHRAMI, M. *Fluid Mechanics, Dimensional analysis and similarity*. December, 2009, page 8-9.
- [9] SETOGUSHI, TOSHIAKI.*The Study on the Hysteretic Characteristics of the Wells Turbine in a Deep Stall Condition*.a dissertation,Submitted to Department of Energy and Material Science and Engineering,Saga University, Japan, March 2006.