

تحويل طاقة الأمواج البحرية العرضية إلى طاقة كهربائية على الساحل السوري باستخدام الحاسوب

د. عدنان عمران*
د. مثنى جميل**
منذر سليمان***

(تاريخ الإيداع 7 / 8 / 2011. قُبِلَ للنشر في 29 / 9 / 2011)

□ ملخص □

يتضمن هذا البحث دراسة لإعداد نموذج جديدٍ منطورٍ لتحويل طاقة الأمواج البحرية العرضية إلى طاقة كهربائية وذلك باستخدام توربين هوائي يستمد حركته الدورانية من ضغط الهواء الذي تولده الأمواج البحرية في غرفة عمود تحويل الطاقة الخاص بالنظام المقترح، كما يشمل البحث إعداد برنامج حاسوبي يتم كتابته وتشغيله بمساعدة برنامج الـ (MATLAB) الذي يقوم بحساب المعادلات الرياضية للنموذج وفق خوارزمية عمل تحدد سير تنفيذها، وذلك ضمن الشروط المناخية للساحل السوري، حيث يظهرها بشكل منحنيات واضحة القيمة تمت مناقشتها، بعد ذلك تم التوصل إلى مقترحات مفيدة تهدف إلى بناء النموذج في المستقبل وتطويره.

الكلمات المفتاحية: الموجة البحرية، الطاقة الكهربائية، النموذج الرياضي، برنامج الحاسوب.

* أستاذ - قسم المكننة - كلية الهندسة التقنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ مساعد - قسم الميكانيك - الكلية التقنية العليا - مسقط - عمان.

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

Computer-Based Conversion of Offshore Sea Waves Energy into Electrical Power on the Syrian Coast

Dr. Adnan Omran^{*}
Dr. Muthana A.M. Jamel^{**}
Monzer Suleiman^{***}

(Received 7 / 8 / 2011. Accepted 29 / 9 / 2011)

□ ABSTRACT □

This research includes studying and creating a modern model to convert the energy of offshore sea waves into electrical power by using air turbine which rotates by the air pressure generated by the sea waves within the energy chamber. This study is also concerned with preparing a computer program written and operated by MATLAB. According to the well-known computer flow chart, this will solve the mathematical equation of the present model based on the weather conditions of the Syrian coast; then it converts the results into clear curves and diagrams which will be discussed later. Furthermore, valuable facts and suggestions are obtained to improve the entire model in the future.

Keywords: Sea waves, Electric power, Mathematical model, Computer program

* Professor, Mechanics Department, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Associate Professor, Engineering Department, Higher Technical Collage, Muscat, Oman.

*** Postgraduate Student, Machinery Department, Faculty of Technical Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

إن التقديرات الأولية تشير إلى انخفاض حاد في مخزون الوقود الأحفوري خلال السنوات القليلة القادمة (40-60) سنة، إضافة لما يسببه هذا الوقود من آثار سيئة على البيئة من تلوث الجو وتكون المطر الحمضي، وتسريع في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري، التي ينتج عنها كثير من الآثار السلبية ناهيك عن استخدام الطاقة النووية المكلفة كبديل للطاقة التقليدية والتي تكاد مخاطرها لا تنتهي وأقل هذه المخاطر هو تأثيرها الإشعاعي على البيئة. كل ذلك دفع دول العالم لإيجاد طاقة بديلة تكون أكثر نظافة ويمتثل لليد تحل مكان الطاقة التقليدية الفانية والملوثة للبيئة.

أهمية البحث وأهدافه:

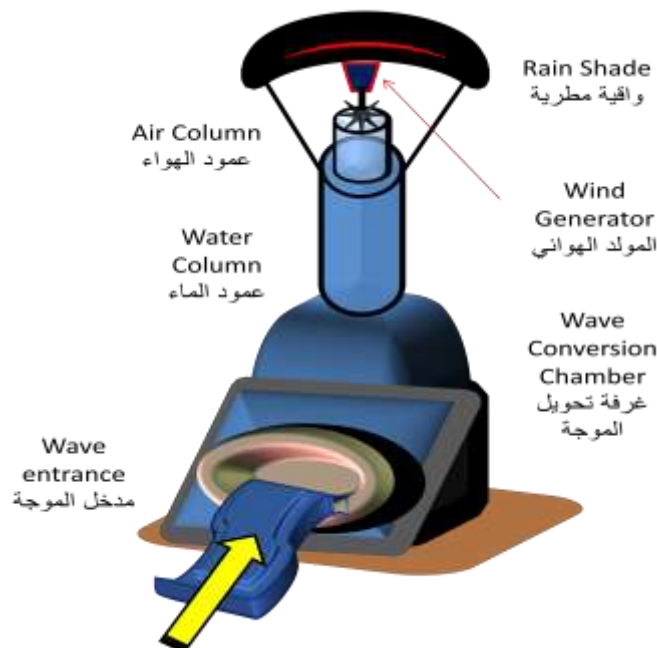
تكمن أهمية البحث في إيجاد بدائل نظيفة ومتجددة وذلك للتخلص من مشاكل الطاقات الأحفورية المستخدمة بشكل أساسي في سورية وما يترتب عنها من مشاكل عدم استقرار بيئي واقتصادي وذلك من خلال الاستفادة من طاقة الأمواج العرضية في الساحل السوري، أما الهدف من البحث فيتلخص في وضع نمذجة حاسوبية بمساعدة برنامج Matlab لنظام يقوم بتحويل طاقة الأمواج البحرية العرضية إلى طاقة كهربائية بشروط الساحل السوري وذلك وفق خوارزمية عمل تحدد سير تنفيذ البرنامج.

توصيف النظام المقترح:

1- مكونات ومبدأ عمل النظام المقترح:

يتكون النظام المقترح والمبين في (الشكل 1) من العناصر الأساسية الآتية:

1. مجمع طاقة الموجة.
2. عمود تحويل الطاقة والذي يتألف من حجرة كل من عمود الماء والهواء.
3. وحدة توليد عنفية (التوربين الهوائي مع المولد).
4. غرفة تحكم.



الشكل (1) يبين المخطط العام لنظام تحويل طاقة الموجة المقترح.

2- مبدأ عمل النظام:

يستمد التوربين الهوائي حركته الدورانية من الهواء المضغوط والمدفوع إليه من حجرة الهواء المتوضعة مباشرة في أعلى حجرة الماء من عمود تحويل الطاقة (اسطوانية الشكل) وذلك بفعل دخول ماء الموجة إلى حجرة الماء فيدور باتجاه عقارب الساعة، وعند انحسار الموجة وانخفاض الماء داخل حجرة الماء يتشكل ضغط هوائي معاكس يؤدي إلى امتصاص الموجة للهواء الجوي الذي يندفع باتجاه التوربين مما يسبب استمراراً في دوران التوربين، وعليه فإن التدفق الدائم لتيار الهواء بالاتجاهين والنتائج عن حركة عمود الماء المتذبذب سوف ينتج حركة كافية لتدوير التوربين بشكل دائم (توربين wells) وبنفس الاتجاه، بغض النظر عن جهة تدفق الهواء خلاله، وعن طريق مولد كهربائي يقوده التوربين يتم إنتاج الطاقة الكهربائية.

طرائق البحث ومواده:

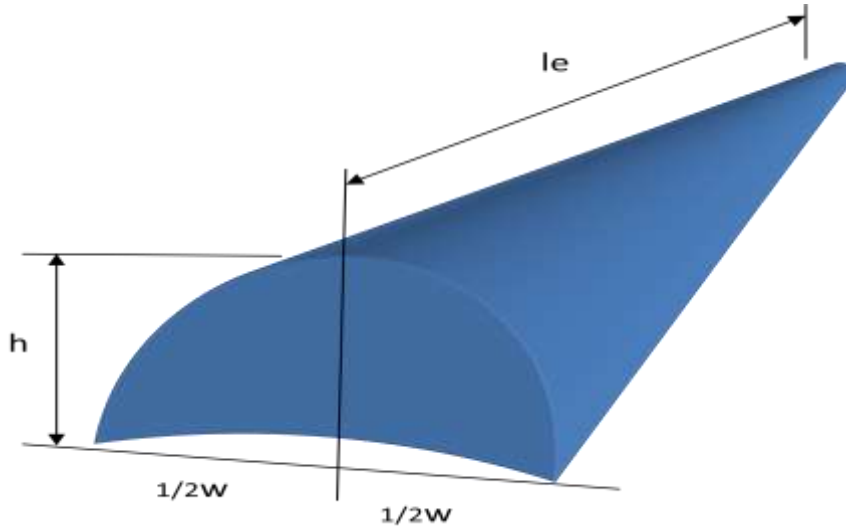
تتضمن طريقة البحث دراسة مواصفات الموجة بشروط الساحل السوري؛ واختيار النظام المقترح الملائم لهذه الشروط؛ ومن ثم وضع موديل رياضي للنظام المقترح، وإنشاء خوارزمية حاسوبية له واختبارها.

الموديل الرياضي للنظام المقترح:

بالرجوع إلى الفقرة التي تم فيها توصيف النظام المبينة بالشكل (1) نلاحظ وجود ثلاث مستويات يتغير فيها مقطع الموجة وبالتالي فان سرعتها تكون متغيرة وفقاً لتغير هذه المقاطع.

1- حساب أبعاد الموجة التي ستدخل في الحسابات التجريبية لاحقاً:

يبين (الشكل 2) أبعاد الموجة قبل دخولها بوابة المحطة.



الشكل (2) يبين شكل الموجة قبل دخولها بوابة المحطة

مساحة مقطع الموجة بشكل تقريبي (مع اعتبار أن مقطع الموجة مثلثي الشكل):

$$A = 0.5 \times w \times h \quad [m^2] \quad (1)$$

وبالتالي حجم الموجة الكلي:

$$V = A \times l_e = 0.5 \times w \times h \times L_e \quad [m^3] \quad (2)$$

هذا ويعطى كل من زمن وطول وعرض الموجة اعتماداً على سرعتها بالعلاقات الآتية [1]:

$$t = V_{w1} \times 2 \pi / g \quad [sec] \quad (3)$$

$$L = g t^2 / 2\pi \quad [m/sec] \quad (4)$$

$$w = 2 \times V_{w1} \times t \quad [m] \quad (5)$$

وعليه تكون كتلة الماء الكلية للموجة هي:

$$m_w = V \times \rho_w \quad [kg] \quad (6)$$

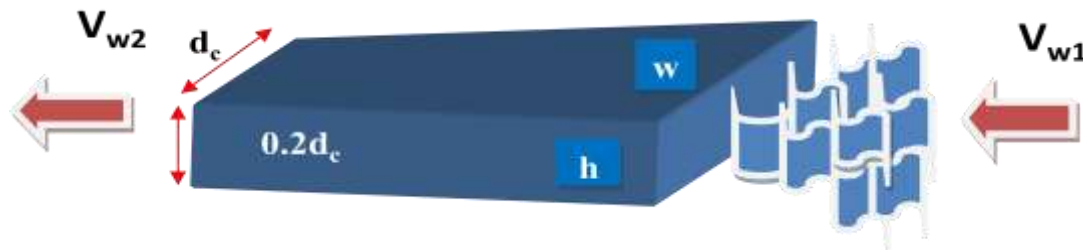
حيث t - زمن الموجة [sec]؛ ρ_w : كثافة ماء البحر [kg/m³].

أما معدل تدفق ماء الموجة:

$$m_{wt} = \frac{m_w}{t} \quad [kg / sec] \quad (7)$$

3- حساب سرعة الموجة في مقطع المستوي الأول (مجمع طاقة الموجة):

هو شكل هندسي يشبه متوازي المستطيلات، يشغل الحيز الذي يبدأ من مدخل مجمع طاقة الموجة القمعي الشكل حيث السرعة هي V_{w1} ويتناقص تدريجياً حتى أصغر عرض له، عند بوابة المحطة، المستطيل الشكل وحيث السرعة V_{w2} .



الشكل (3) يبين مقطع في مجمع طاقة الموجة.

نلاحظ من (الشكل 3) بأن مقطع مدخل المجمع يمثل مساحة مستطيل طول ضلعه هو عرض الموجة وعرضه يمثل ارتفاع الموجة وبالتالي مساحته تساوي: $A_1 = 0.5 w \times h$

أما المعادلة الرياضية لسرعة الموجة عند دخولها مجمع طاقتها V_{w1} فتعطى بالعلاقة التجريبية الآتية [1]:

$$V_{w1} = (2 \times g \times h)^{0.5} \quad [m/sec] \quad (8)$$

كما نلاحظ بأن مقطع الخروج يمثل مساحة مستطيل طول ضلعه يساوي قطر عمود الماء d_c وعرضه يساوي $0.2 d_c$ (الذي يحقق أفضل ارتفاع لعمود الماء h_{w1} يناسب ساحلنا) وبالتالي مساحته: $A_2 = 0.2 d_c \times d_c$ أما سرعة الماء عند مقطع الخروج (عند مدخل بوابة المحطة) فتعطى بالعلاقة الآتية:

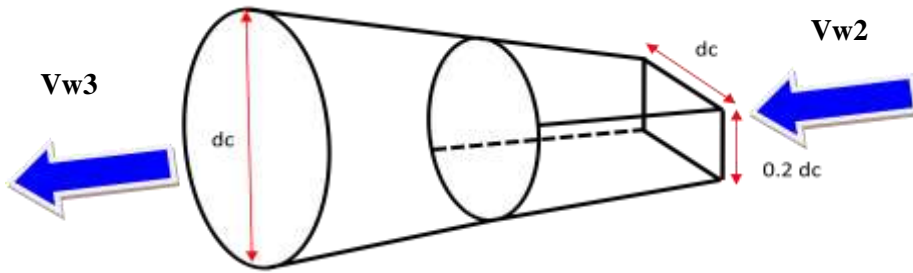
$$V_{w2} = \frac{V_{w1}}{K_1} \quad [m/sec] \quad (9)$$

حيث K_1 - عامل تبدل سرعة الماء تبعاً لتقلص حجمه من مفاص الموجة الأصلي إلى مقطع مستطيل [2].

4- حساب سرعة الموجة في مقطع المستوي الثاني:

ويشغل المنطقة الواقعة بين بوابة المحطة حيث سرعة الماء V_{w2} ومدخل عمود الماء حيث السرعة V_{w3} ،

يلاحظ من (الشكل 4) بأن منطقة الخروج من هذا المستوي تشبه شكل اسطوانة مقطوعها عبارة عن دائرة قطرها هو d_c قطر عمود الماء.



الشكل (4) يبين مقطع بين بوابة المحطة ومدخل عمود التحويل (عمود الماء).

وبالتالي فإن مساحة مقطع الخروج (مدخل عمود الماء) تساوي: $A_3 = \pi \cdot r_c^2$

وتعطي علاقة سرعة الماء عند مدخل عمود الماء V_{w3} بالعلاقة الآتية:

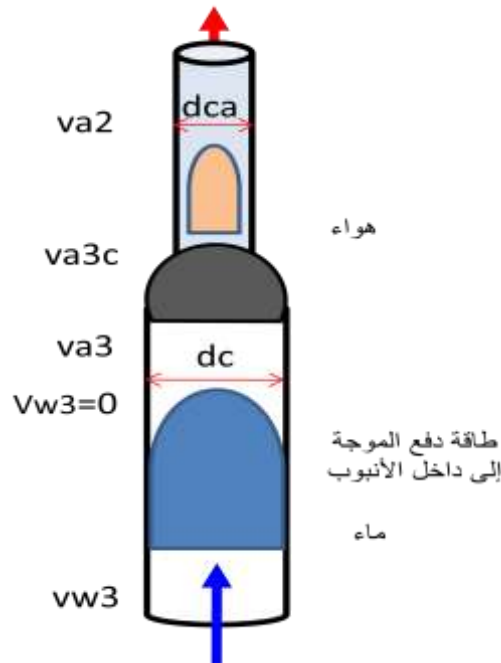
$$V_{w3} = \frac{V_{w2}}{K_2} \quad [\text{m /sec}] \quad (10)$$

حيث K_2 - عامل تبدل سرعة الماء تبعاً لتقلص الموجة من مقطع مربع إلى مقطع دائري [2].

5 - حساب سرعة الهواء في مقطع المستوي الثالث بعد منطقة التقلص الحجمي (عمود الماء والهواء):

ويشغل هذا المقطع المنطقة الواقعة بين مدخل عمود الماء حيث السرعة V_{w3} ونهاية عمود الهواء حيث السرعة

V_{a2} .



الشكل (5) يبين الشكل الهندسي لعمود الماء والهواء داخل عمود تحويل الطاقة.

يلاحظ من (الشكل 5) بأن الشكل الهندسي في هذا المستوي يشبه اسطوانتين تتصلان ببعضهما ببعض

بمخروط اسطواني لتقليل المفاوئد في طاقة الهواء، وبالتالي فهما يملكان مقطعين مختلفين يمثل كل منهما دائرة، قطر

الأولى هو d_c (قطر عمود الماء) وقطر الثانية بعد منطقة تقلص الحجمي هو d_{ca} (قطر عمود الهواء).

ومع إهمال انضغاط الهواء داخل العمود مقارنة مع طاقة الموجة يمكن اعتبار: $V_{a3} = V_{w3}$

ومن معادلة الاستمرار تعطى سرعة الهواء بعد منطقة التقلص الحجمي V_{a3c} ، بالعلاقة الآتية:

$$V_{a3c} = V_{w3} \cdot \frac{r_c^2}{r_{ca}^2} \quad [m/sec] \quad (11)$$

حيث r_{ca} - نصف قطر عمود الهواء [m].

6- حساب مفايد الاحتكاك والجاذبية للماء والهواء داخل عمود تحويل الطاقة:

يشار لمفايد الطاقة نتيجة الاحتكاك لكل من كتلة الماء والهواء بالرموز $(p_{wf} - p_{af})$ على التوالي، ويشار لمفايد الطاقة بسبب الجاذبية الناتجة عن ثقالة كل منهما $(p_{wg} - p_{ag})$ على التوالي. ويعبر عن مفايد الطاقة الناتجة عن احتكاك الماء بجدار عموده بالعلاقة الآتية:

$$P_{wf} = m_{wt} \cdot g \cdot h_f \quad [w] \quad (12)$$

حيث h_f - مفايد طاقة الماء تبعاً للاحتكاك الطولي فتعطى حسب علاقة دارسي - فيسباخ [3]:

$$h_f = \frac{f_w \cdot h_{w1} \cdot (0.5 \cdot V_{w3})^2}{2 g \cdot \rho_w} \quad [m] \quad (13)$$

حيث ρ_w - كثافة الماء $[kg/m^3]$ ؛ h_{w1} - ارتفاع الماء الأولي داخل عمود الماء ويحسب كما هو الحال في أنبوية بينو [3,4] بالعلاقة:

$$h_{w1} = \frac{V_{w3}^2}{2g} \quad [m] \quad (14)$$

f_w - معامل احتكاك الماء على طول جدار الأنبوية.

لقد أثبتت التجارب أنه في الحالة العامة يعتمد معامل احتكاك الماء الطولي f_w على عدد رينولدز R_w وعلى خشونة النسبية لجدار الأنبوب $(\frac{\xi}{dc})$ ويمكن تحديده من معادلة التشول [3] كما يأتي:

$$f_w = 0.11 \left(\frac{\xi}{dc} + \frac{68}{R_w} \right)^{0.25} \quad (15)$$

أما عدد رينولدز للماء فيعطى بالعلاقة الآتية:

$$R_w = \frac{\rho_w \cdot d_c \cdot V_{w3}}{V_{sw}} \quad (16)$$

حيث V_{sw} - اللزوجة التحريكية للماء $[P_{asc}/sec]$ ؛ d_c - قطر عمود التحويل [m]؛ ξ - خشونة الأنبوب وتحدد قيمتها من جداول خاصة تتعلق بمادة صنع الأنبوب، يبين (الجدول 1) قيم الخشونة لبعض المواد [5].

الجدول (1) يبين قيم الخشونة لبعض المواد.

Materials	Surface Roughness ξ (mm)
PVC	0 (Smooth)
Asbestos Cement	0.012
New Steel	0.1
Smooth concrete	0.4

ويعبر عن مفايد الطاقة الناتجة عن الجاذبية بفعل ثقالة الماء بالعلاقة الآتية:

$$P_{wg} = 0.5 m_{wt} \cdot g \cdot h_w \quad [W] \quad (17)$$

h_w : ارتفاع الماء الحقيقي ضمن حجرة الماء في عمود تحويل الطاقة ويحسب كما يلي:

$$h_w = \frac{0.5(m_{wt}) \cdot (0 + V_{w3})^2 - P_{wf}}{4(m_{wt}) \cdot g} \quad [m] \quad (18)$$

وعليه تكون طاقة الموجة الصافية بعد حساب كل من مفايد طاقة الماء نتيجة الاحتكاك والجاذبية:

$$P_{ww} = 0.5 m_{wt} \cdot V_{w3}^2 - 0.5 m_{wt} \cdot g \cdot h_w - p_{wf} \quad [w] \quad (19)$$

أما مفايد طاقة الهواء الناتجة عن الاحتكاك بجدران غرفة الهواء فتعطى بالعلاقة الآتية [6]:

$$P_{af} = \frac{0.5 f_a \cdot m_{at} \cdot y_a \cdot V_{a3c}^2}{4 d_{ca}} \quad [w] \quad (20)$$

f_a : معامل احتكاك الهواء بجدران حجرة الهواء، ويحدد من جداول خاصة تبعاً لنوع الأنبوب [6].

$$m_{at} = \frac{m_a}{t} \quad \text{أما تدفق الهواء في حجرة الهواء فتحسب كما يلي:}$$

$$m_{at} = \frac{\pi r_{ca}^2 \cdot (h_w + y_a) \cdot \rho_a}{t} \quad [kg/sec] \quad (21)$$

حيث m_a - كتلة الهواء [kg] ؛ ρ_a - كثافة الهواء [kg / m³] ؛ y_a - ارتفاع عمود الهواء [m] .

$$y_a = 0.2 h_w \quad [m] \quad (22)$$

كما ويعبر عن مفايد طاقة الهواء الناتجة عن الجاذبية بفعل ثقافته علاقة هي:

$$P_{ag} = 0.5 m_{at} \cdot g \cdot (y_a + h_w) \quad [w] \quad (23)$$

7- حساب كل من سرعة الهواء واستطاعته الصافية قبل دخول التوربين:

يمكن الحصول على السرعة النهائية للهواء عند مدخل التوربين V_{a2} بطرح مفايد الطاقة الناتجة عن كل من الاحتكاك والجاذبية لكتلة الهواء من السرعة الأولية للهواء V_{a3c} .
وبذلك تكون سرعة الهواء النهائية قبل دخول التوربين حسب العلاقة الآتية:

$$V_{a2} = [(V_{a3c}^2) - \frac{2 P_{af}}{(m_{at})} - g \cdot ((y_a + h_w)/2)]^{0.5} \quad (24)$$

وتعطى استطاعة الهواء بالعلاقة الآتية:

$$P_a = 0.5 m_{at} \cdot \left(\frac{V_{a3c} + V_{a2}}{2} \right)^2 \quad [w] \quad (25)$$

وعليه تكون استطاعة الهواء الكلية الصافية تبعاً لتأثير الجاذبية والاحتكاك داخل غرفة الهواء:

$$P_{an} = 2 P_a - 0.5 m_{at} \cdot g \cdot (y_a + h_w) \quad [w] \quad (26)$$

6- حساب استطاعة التوربين وبارامتراته:

تعطى الاستطاعة الكلية للتوربين بالعلاقة الآتية:

$$P_t = P_{an} \cdot \eta_f \quad [w] \quad (27)$$

حيث η_f - مردود التوربين.

وتعطى السرعة المحيطية للتوربين بالعلاقة الآتية:

$$u = \frac{P_t}{F_x} \quad [m/sec] \quad (28)$$

F_x : القوة الفعالة للهواء على الشفرات [N/Blades] .

من دراسة لشركة (wavegen) تبين أن قيم زاويا الدخول والخروج للهواء المناسبة لهذا النوع من التوربينات هي (70°) للدخول و(30°) للخروج ، عندها تعطى قيمة القوة الفعالة للهواء بالاتجاه (x) على الشفرات بالعلاقة الآتية [7]:

$$F_x = (m_{at} \cdot V_{a2}) \cdot [\cos(x_2 / 57.3) + \cos(x_1 / 57.3)] \quad [N] \quad (29)$$

وتعطى السرعة الزاوية لشفرات التوربين بالعلاقة:

$$\frac{u}{r_{ca}} = \omega \quad , \quad \frac{u}{r_{ca}} = \frac{2\pi \cdot n}{60} \quad \Rightarrow \quad n = \frac{u \cdot 60}{2\pi \cdot r_{ca}} \quad [rpm] \quad (30)$$

بناء خوارزمية النظام المقترح:

في هذه الفقرة سوف نقوم ببناء مخطط انسيابي يحدد وفق خوارزمية عمل سير تنفيذ العمليات الحسابية للموديل الرياضي المبين سابقاً، أي خوارزمية تحويل طاقة الموجة العرضية إلى طاقة كهربائية في شروط الساحل السوري.

هذه الخوارزمية موضحة في (الشكل 6) وكل مستطيل فيها يظهر الحساب التسلسلي كالاتي:

يتم في المستطيل 1 إدخال معطيات البرنامج والتي تتحدد بما يلي (n_t, d_c, h_2, e_f) .

وهي على التسلسل: مردود التوربين، قطر عمود الماء، أعلى ارتفاع للموجة فوق سطح ماء البحر، وعدد أعمدة التحويل للمحطة (أعمدة ماء + أعمدة هواء). يتم في المستطيل 2 تحديد قيم الثوابت في البرنامج وهي:

$h_1 - n$ وهو متوسط أخفض ارتفاع شهري للموجة خلال عام؛ $n -$ وهي خطوة تغير ارتفاع الموجة.

وعند الدخول إلى المستطيل 3 يتم حساب متوسط ارتفاع الموجة السنوي (h) انطلاقاً من القيمة الابتدائية $(h_1=0.3m)$ المحددة سابقاً، ليتم بعدها في المستطيل الرابع إدخال قيم الثوابت:

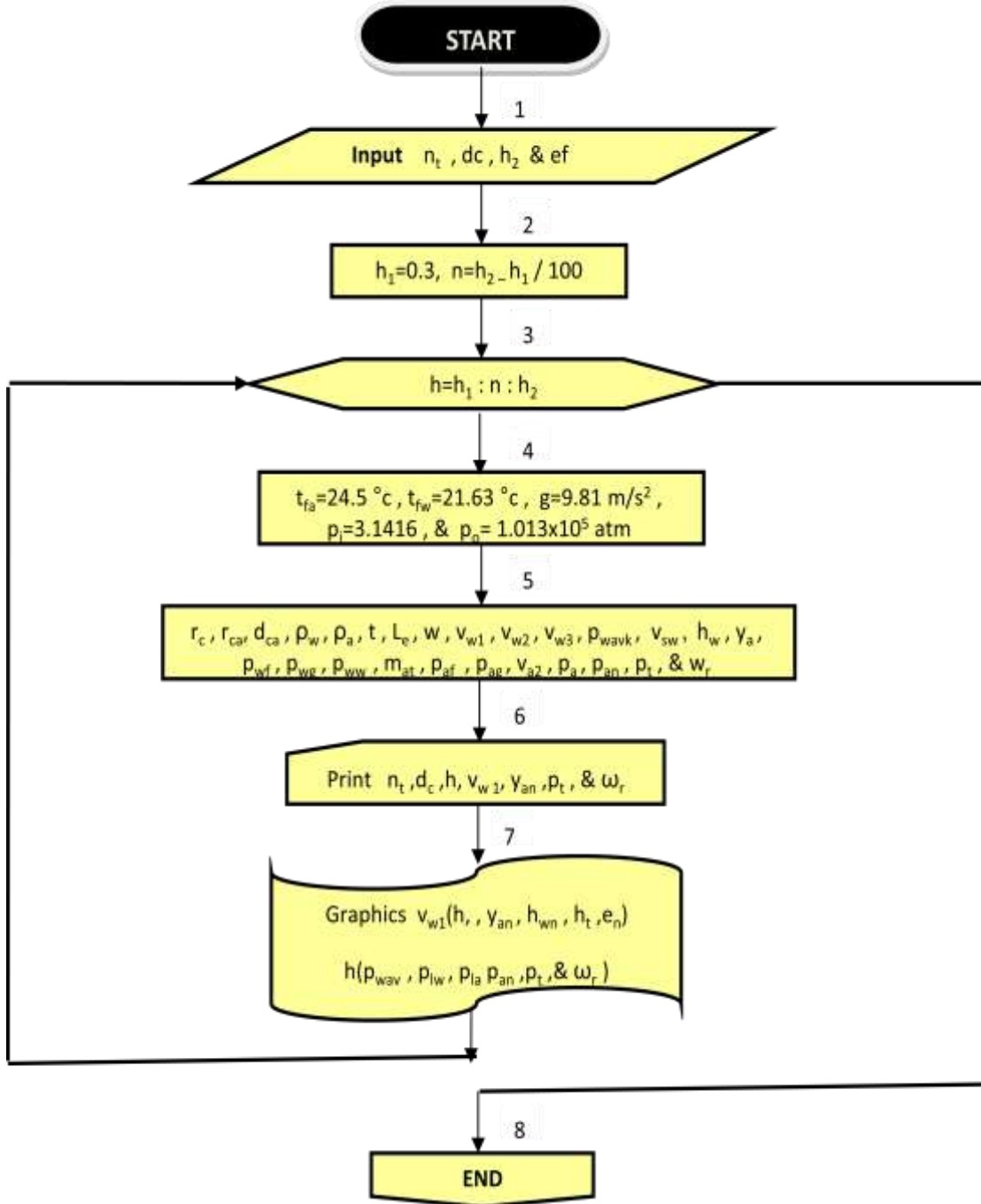
$t_{fw} - t_{fa}$ متوسط درجتي حرارة الهواء والماء المقاستين خلال عام على التوالي.

وفي المستطيل 5 يتم حساب القيمة r_c عن طريق المستطيل الأول، أما r_{ca} نصف قطر عمود الهواء فيساوي $r_{ca} = 0.5 r_c$.

كما يتم في المستطيل 5 حساب كثافة كل من الماء والهواء ρ_w, ρ_a على التوالي وذلك عند متوسط درجة حرارتهما المقاسة سنوياً وحساب كل من زمن الموجة t وطولها e وعرضها w من العلاقات (3, 4, 5) وحساب كل من سرعة الموجة الأولية V_{w1} وسرعتها عند مدخل المحطة V_{w2} وسرعتها عند مدخل عمود التحويل V_{w3} من العلاقات (8, 9, 10) وحساب طاقة الموجة الحركية p_{wawk} من العلاقة الآتية [8]:

$$P_{density} = \rho_w \cdot g \cdot h^2 / (2t) \quad [W/m^2]$$

ثم حساب لزوجة الماء V_{sw} عند متوسط درجة حرارة الماء السنوية المقاسة. ومن ثم حساب ارتفاع عمود الماء الحقيقي الكلي h_w من العلاقة (18) وتحديد ارتفاع عمود الهواء الملائم حسب العلاقة (22) وحساب مفايد طاقة الماء نتيجة الاحتكاك P_{wf} والجاذبية P_{wg} من العلاقات (17, 12) ليتم بعدها حساب طاقة الموجة الصافية P_{ww} من العلاقة (19) ثم حساب تدفق كتلة الهواء ضمن عمود التحويل mat من العلاقة (21) ومن ثم حساب مفايد طاقة الهواء نتيجة الاحتكاك P_{af} والجاذبية P_{ag} من العلاقات (20, 23) ومن ثم حساب سرعة الهواء عند مدخل التوربين V_{a2} من العلاقة (24) واستطاعته الصافية P_{an} من العلاقة (26)، وأخيراً يتم حساب كل من استطاعة التوربين P_t من العلاقة (27) وعدد دوراته w_r من العلاقة (30).



الشكل (6) خوارزمية تحويل طاقة الموجة العرضية إلى طاقة كهربائية على الساحل السوري.

إننا بعدَ المستطيل 5 يمكننا تنفيذ المستطيل 6 وفيه نبين نتائج الحساب الجاري لطاقة الموجة العرضية في شروط الساحل السوري- طرطوس. وفي المستطيل 7 يتم رسم الخطوط البيانية للنتائج التي تبين العلاقة بين كل من سرعة الموجة الأولية v_{w1} وارتفاع الموجة العلوي h وارتفاع عمود الهواء المفرد y_{an} وارتفاع عمود الماء المفرد h_{wn} وارتفاع عمود التحويل الكلي المفرد h_t ومردود المحطة الإجمالي e_n ، والعلاقة بين كل من ارتفاع الموجة العلوي فوق سطح الماء h وطاقة الموجة P_{wav} ومفايد الطاقة الكلية لكل من الماء p_{lw} والهواء P_{la} واستطاعة الهواء الصافية P_{an} واستطاعة التوربين p_t وعدد دوراته ω_r .

تتم العودة من جديد إلى المستطيل 3 للحصول على قيم جديدة لاستطاعة كل من الموجة والتوربين وعدد دوراته من إدخال قيم متتالية لارتفاع الموجة وذلك بخطوات متتالية تحدد بتزايد وقدره n للوصول إلى الارتفاع الأعظمي h_2 بعدها ينهي البرنامج عمله في المستطيل 8.

كتابة البرنامج:

لقد تمت صياغة الخوارزمية التي تعبر عن الموديل الرياضي للنموذج المقترح والموصوف سابقاً من ترجمتها إلى برنامج حاسوبي كتب بلغة (7-MATLAB).

النتائج والمناقشة:

لقد تم تشغيل البرنامج وتجربته على مجموعة من المتغيرات من أجل إيجاد أفضل استطاعة تحويل من الموجة المدروسة، وأقل ارتفاع لعمود التحويل بشكل يناسب شواطئ مدينة طرطوس من حيث عمق المياه فيها وتبعاً لمتغيرات أخرى تتعلق بظروفها الجوية الخاصة بها، وحيث ارتفاع الموجة h ينحصر بين أصغر وأكبر متوسط شهري خلال العام (0.3 - 1 m) على التوالي. وهذه المتغيرات هي على التسلسل:

$$n_f = 2, e_f = 0.8, d_c = 1.35 [m]; h_2 = 1 [m]$$

وفيما يلي نستعرض أفضل النتائج كما هو مبين في الأشكال من (7-12).

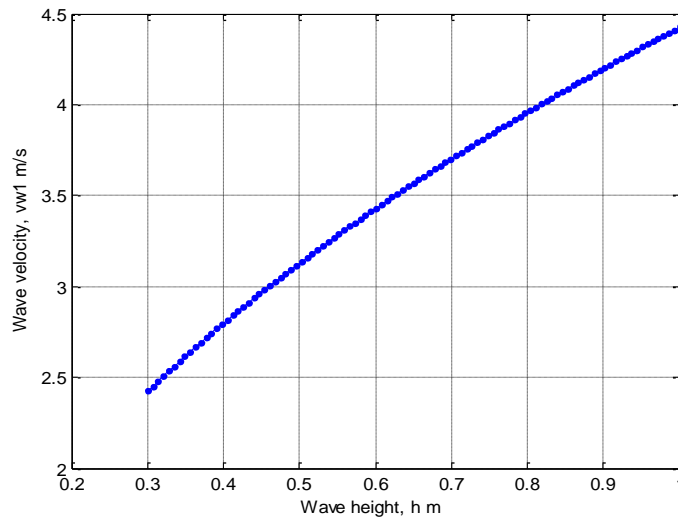
يبين الشكل (7) العلاقة بين المتوسط السنوي لارتفاع الموجة العلوي المحدد من الأرصاد الجوية وسرعتها الأولية، حيث يظهر فيه بشكل واضح أن سرعة الموجة تتناسب طردياً مع ارتفاعها، أما الشكل (8) فهو يوضح العلاقة بين سرعة الموجة الأولية وكل من ارتفاع عمود الماء والهواء وارتفاع عمود التحويل الكلي، ويلاحظ أن الارتفاع الكلي يتغير طردياً مع الزيادة في سرعة الموجة الأولية عند ثبات أقطار كل من عمود الماء والهواء.

وفي الشكل (9) تتوضح العلاقة بين ارتفاع الموجة وكل من طاقتها والمفايد الكلية لكل من الماء والهواء والتي تبدو قيمها قليلة مقارنة مع طاقة الموجة الأولية قبل دخولها النظام.

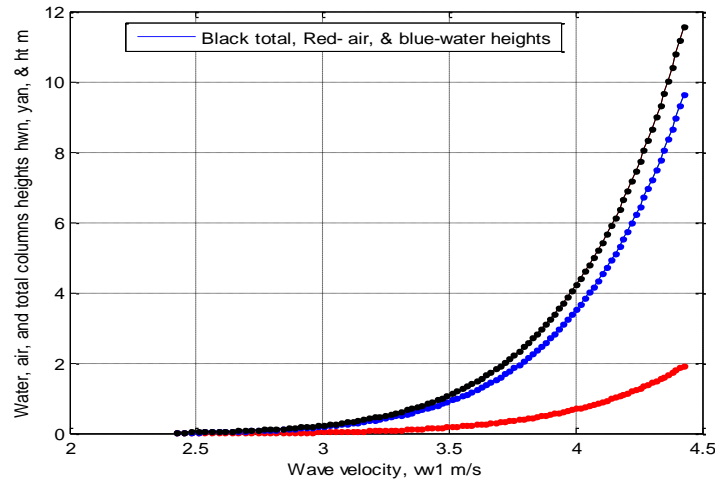
الشكل (10) يبين نتائج العلاقة بين ارتفاع الموجة العلوي وقدرة التوربين مقارنة بقدرة الهواء الصافية قبل دخولها التوربين حيث يتبين أن الفارق بين القدرتين يعتمد على كفاءة التوربين.

أما العلاقة بين ارتفاع الموجة وعدد دورات التوربين فتظهر بوضوح في الشكل (11) حيث تزداد هذه الدورات طردياً مع ازدياد ارتفاع الموجة وهي تقع ضمن الأرقام العالمية.

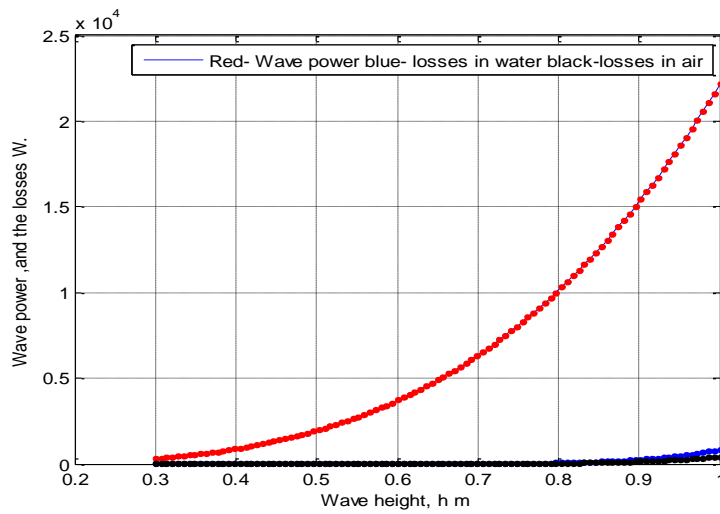
وأخيراً يوضح الشكل (12) كفاءة المحطة في تحويل طاقة الموجة المدروسة إلى طاقة كهربائية، فهي تتغير مع تغيير قطر عمودي الماء والهواء اللذين يؤديان إلى تغيير في ارتفاعهما أيضاً؛ وذلك مع ثبات سرعة الموجة.



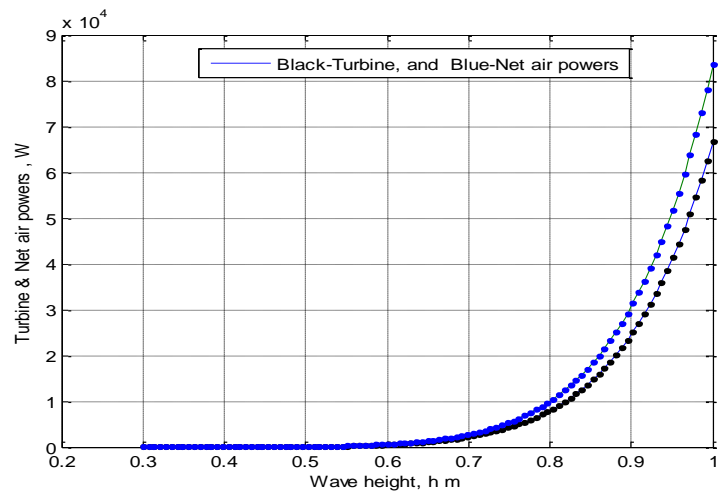
الشكل (7) العلاقة بين سرعة الموجة الأولية ومتوسط ارتفاع الموجة العلوي السنوي.



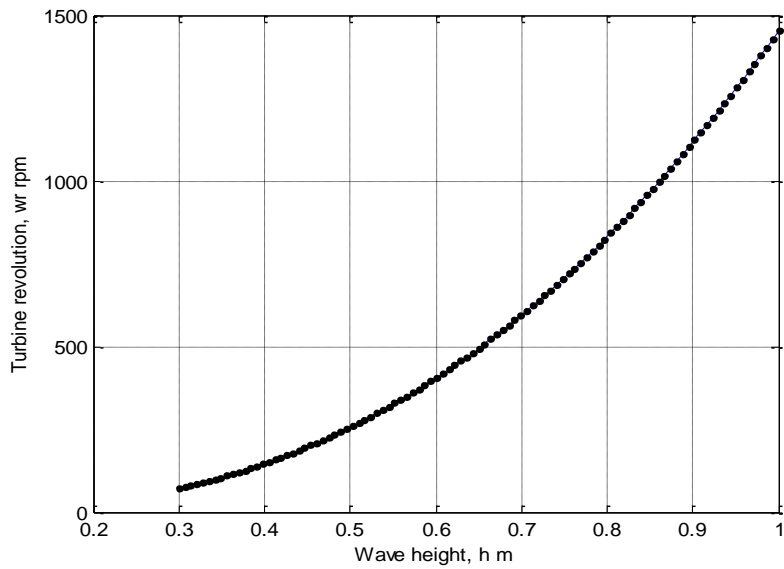
الشكل (8) العلاقة بين سرعة الموجة الأولية وكل من ارتفاع عمود الماء والهواء والعمود الكلي.



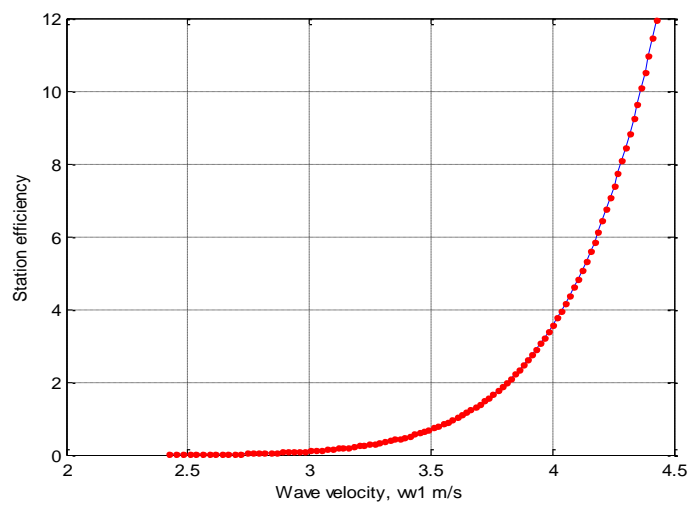
الشكل (9) العلاقة بين ارتفاع الموجة العلوي وكل من طاقة الموجة ومفايد طاقة الماء والهواء.



الشكل (10) العلاقة بين ارتفاع الموجة العلوي وكل من طاقة التوربين وطاقة الهواء الصافية.



الشكل (11) العلاقة بين متوسط ارتفاع الموجة العلوي وعدد دورات التوربين.



الشكل (12) العلاقة بين سرعة الموجة الأولية ومردود المحطة الكلي.

الاستنتاجات:

1. يُعدُّ النظام الحالي المستخدم في تحويل قدرة الأمواج البحرية إلى طاقة كهربائية حديث العهد عالمياً وخصوصاً في حوض البحر الأبيض المتوسط. ومن النتائج التي حصلنا عليها يمكن اعتباره قاعدة قابلة للتطوير والبناء عليها مستقبلاً.
2. إن تصميم نظام تحويل طاقة الأمواج المقترح يتطلب معرفة مسبقة بطبيعة ظروف المكان المطلوب إقامة المشروع فيه؛ وهي تشمل: ارتفاع الأمواج، وسرعتها، وطولها، وعرضها، وترددتها، ومدى توفرها السنوي.
3. يتوقف تصميم نظام التوليد المطلوب تحويل طاقة الموجة بتطبيقه على نوع الأمواج؛ فكل نوع من الأمواج له تصميم مغاير عن الآخر.
4. إن مردود النظام يعتمد على عوامل كثيرة متعددة الجوانب، أهمها أبعاد فتحة دخول الموجة وقطر غرفة تحويل الطاقة وارتفاعها.

التوصيات :

- 1- تنفيذ النظام المقترح عملياً وتجريبه ليصار إلى اختبار النموذج الرياضي المذكور وخوارزمية بنائه وذلك للتأكد من صحة النتائج النظرية.
- 2- يجب أن يكون هيكل المحطة متيناً وأن يأخذ بالاعتبار أسوأ الأحوال الجوية التي مرت بها سورية عبر سنين عديدة سابقة.
- 3- يتوجب في بناء جسم المحطة وعمود الماء استخدام اسمنت مقاوم للكبريتات والأملاح المعدنية مع الحديد، أما عمود الهواء فيجب أن يصنع من الحديد المعالج والمطلي.
- 4- لتلافي ارتفاع عمود تحويل الطاقة، يمكن وضع عمود الهواء مع التوربينة والمولدة الكهربائية بشكل أفقي باستخدام كوع بزاوية 90° ، إلا أن استخدام هذا الأسلوب سوف يقلل من قدرة الهواء بمقدار 26% -كضباعات احتكاك- [9].

المراجع:

1. J Floor Anthoni, 'Oceanography: waves, Theory and principles of waves, how they work and what causes them', (2000). Date: 10-3-2011. www.seafriends.org.nz/oceano/waves.htm
2. Massey, Bernard Stanford. and Ward-Smith, John., "Mechanics of Fluids" Borda-Carnot equation, the free encyclopedia, (7th ed.) 1998, published from Taylor & Francis- Library, 744.
3. ا. تشرنوف، ن. بيريرينيكوف، ف. سيلينيسكي. مبادئ الهندسة الحرارية والهيدروليكية. دار "مير" للطباعة والنشر، الاتحاد السوفيتي- موسكو 1980، 450.
4. د. عقل، انطانيوس. ميكانيك السوائل التكنيكي. الجزء الأول الطبعة الثانية، منشورات جامعة دمشق، لعام 1981، 687.
5. Twidell, John. and Anthony, Weir. /Renewable energy resources/ Article- 2nd edition- published in the Taylor & Francis e-Library, (November 30, 2006). www.eBookstore.tandf.co.uk

6. Power losses due to air-duct wall friction W. and calculate friction loss coefficients in pipes, tubes and ducts. (Last open Wend 26-5-2011 at 11:36 pm). <http://www.engineeringtoolbox.com/major-loss-ducts-tubes-459>.
 7. Voith Hydro Wavegen. (Last open 20 Oct. 2010 time 11.50 pm). www.Wavegen.co.uk/resour.htm
 8. Univ. of Michigan: College of Engineering, "Wave Energy Conversion," Department of Naval Architecture and Marine Engineering. (1 Dec, 2005). http://www.engin.umich.edu/dept/name/research/projects/wave_device.
 9. The New Zealand Institute Of Food Science & Technology INC. "(cont'd) Energy losses in flow" fluid-flow theory-chapter 3, 433 (Date: 31-7-2011 time:9:20 pm). <http://www.nzifst.org.nz/unitoperations/flfltheory5.htm#bends>.
10. د. عمران، عدنان، د. جميل، مثني. " دراسة وإعداد نظام لتوليد الطاقة الكهربائية من الأمواج البحرية". مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية- قبول رقم /293/ التاريخ 14/3/2010.