

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

استخدام برنامج "حساب ديناميكا الموائع" للتنبؤ بالتدفق الناتج عن دفاعات المضخات الطاردة المركزية

* د. فرج أحمد الزروق ** م. رأفت سالم عبدالله.

(قسم الهندسة الميكانيكية و الصناعية – كلية الهندسة - جامعة بني وليد)



استخدام برنامج "حساب ديناميكا الموائع" للتنبؤ بالتدفق الناتج عن دفاعات المضخات الطاردة المركزية

الملخص:

باستخدام حساب ديناميكا الموائع يمكن التنبؤ بشكل جيد لمجموعة التدفقات الداخلية الناتجة عن دفاعة مضخة مياه و هذا يسهل عملية تصميم المضخات . هذه الورقة البحثية تصف عملية محاكاة التدفق الناتج عن دفاعة لمضخة طاردة مركزية تجريبية في السريان الثلاثي الأبعاد , استخدمتا معادلتى الاضطراب بالحساب بطريقة الحجم النهائي , وأيضا مع نظام الهيكل الشبكي خلال خطوات حل المعادلات الخاصة بهذه المسألة . الحسابات تنبأت بنموذج التدفق وشكل توزيع الضغط في مسارات الريشة غير المزوية , وأخيرا تم مناقشة الأداء الإجمالي لمنحى (H-Q) .

كلمات دالة: مضخة طاردة مركزية , دفاعة , حساب ديناميكا الموائع (CFD)

Abstract.

The internal flows in water pump impellers, can be forecasted perfectly, by using of computational fluid dynamics. The simulation of impeller flow of an experimental centrifugal pump has been carried out in this paper. The two – equation turbulence model are used to simulate the problem. In calculations, the finite volume method and also structured grid system are used for the solution procedures of governing equations. The flow pattern and pressure distribution in the blade passages, are well predicted, and overall performance, and head capacity curve has been discussed.

إن شركات تصميم المضخات تعمل بتحدي دائم لتصميم مضخات أكثر كفاءة و أقل ضوضاء وايضا اقل كلفة .

ان المفتاح لتصميم الآلات الهيدروليكية هو تطبيق بعض المفاهيم عن التدفق الداخلي خلال المسارات الساكنة والدوارة، ومن ثم القدرة علي تقييم وحساب أدائها خلال اوضاع التصميم وخارجه. بمساعدة برمجية حساب ديناميكا الموائع (CFD) يمكن التنبؤ بمجموع التدفقات الداخلية لمضخات مياه تستخدم دفاعة طاردة مركزية و على الرغم من عدم تقينها بشكل كامل حتى يومنا هذا , لدى يمكن اعتماد برمجية (CFD) كأداة مساعدة لمصممي المضخات .

ان استخدام برمجية (CFD) في صناعة الآلات الهيدروليكية لقد اصبح ظاهرة عامه اليوم , حيث ان كثيرا من التصميمات قد تم تنفيذها بهذه الطريقة بصورة اسرع واقل كلفة من استخدام الطرق التجريبية. و هناك ابحات كثيرة قد ساهمت في توضيح آليات التدفق من الدفاعات الطاردة المركزية بهدف تصميم آلات هيدروليكية طاردة مركزية ذات أداء عالي, بعض الباحثين منهم (Chan, et al) قد قدموا ابحات متميزة تشتمل على حسابات وتجارب في هذا المجال .

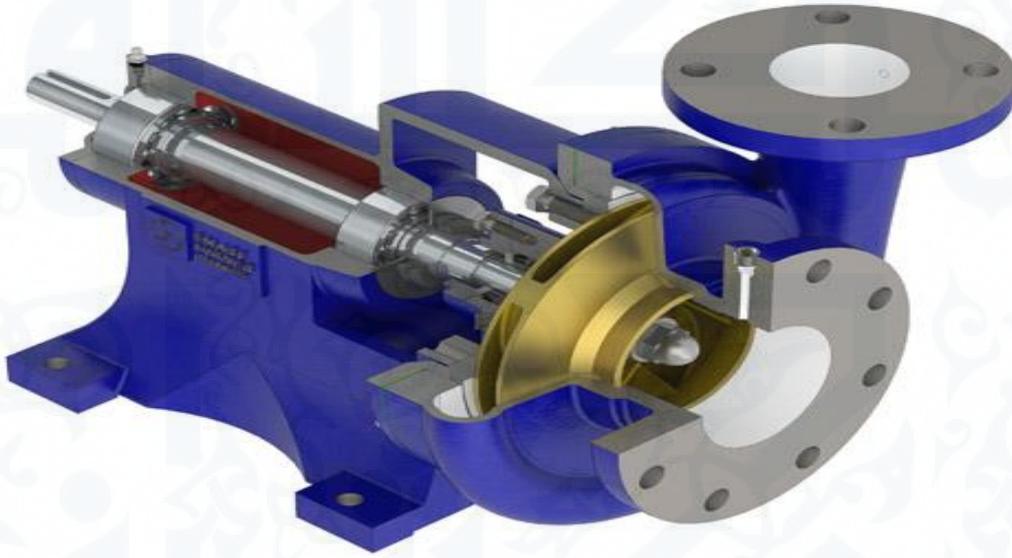
ان مجال المحاكاة الرقمية لتدفق الموائع من خلال دفاعات المضخات الطاردة تم اختراع العديد من الخوارزميات التي طرحت وتطورت , ولكن الى الان لا توجد مقارنة تقنية للتدفق بصورة متكاملة وذات دقة رقمية نموذجية وكفاءة عالية. ان الطرق التي تعتمد على الضغط كأساس في البداية قد تطورت لنظام التدفق الغير قابل للانضغاط ويتم الحصول على الضغط عبر معادلة تصحيح الضغط والتي تم صياغتها من خلال تطبيق معادلات الاستمرارية وكمية التحرك. ان خطوات الحل في العادة تكون متسلسلة ومن السهل تحديد الارقام المتغيرة للمعادلات اعتمادا على المحتوى الفيزيائي للمسألة و بدون الحاجة لإعادة صياغة الخوارزمية الكلية .

الورقة الحالية تلخص التقدم الحادث في اعمال البحث العلمي الخاص بالتنبؤ لمجال التدفق من خلال مضخة طاردة مركزية تجريبية وكذلك منحنيات الأداء. من اجل دراسة اداء التصميم وعدمه للمضخة فان مجالات التدفق والضغط تم تحليلها رقميا وتجريبيا و تمت المقارنة بين نوعي التحليل .

المضخة التجريبية لها دفاعة ذات عرض ثابت تدور داخل غلاف اسطواني, الدفاعة لها (9) ريش غير مزوية , طرازها وسماتها الهندسية مبينة بالشكل (1) , في ظل عدم اكتمال الدراسة بالتجارب العلمية فان الدراسة الحسابية للتدفق في الدفاعة باستخدام البرمجيات التي تتنبأ بالتدفق الرقائقي وانتقال الحرارة قد استخدمت على اوسع نطاق في الآلات الهيدروليكية.



العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016



الشكل (1) يوضح المضخة والدفاع

وقد اثبتت اساليب المحاكاة دقتها بواسطة بعض الباحثين ومنهم (Mihalis D .Mentzos, and et al) ويمكن الاعتماد عليها .

البرنامج fluent يتغلب على الصعوبات التي تنشأ نتيجة الهندسة المعقدة وذلك باستخدام المعالج (CAD Cam bit) واستخدم لدراسة التدفق المضطرب ثلاثي الابعاد لمضخة المياه في ظروف التصميم وخارجه .

ان التدفق والضغط خلال الدفاعة تم استنتاجهم من خلال الحل الكامل لمعادلات (نيفير استوكس) غير قابلة للانضغاط , ثلاثية الابعاد , ومحتوية علي مصدر القوة الطاردة المركزية , ثم محاكاة الاضطراب باستخدام الموديل القياسي (KNG K- ε) بالرغم من ان حجم الشبكة لم يكن كافيا لتقصي متغيرات حدود الطبقة فان الحدود الكروية تم تحليلها بصورة جيدة و تم استخدام خوارزمية بسيطة لحساب اقتران الضغط والسرعة .

الاسم	القيمة
عدد الريش	Z=9
سمك الريشة	t=5mm
اقطار الدفاعة	الداخلي $D_1 = 6.2cm$, الخارجي $D_2 = 19cm$
عرض الدفاعة	$b_1 = b_2 = 0.09cm$
نصف قطر منحنى الريشة	$R_b = 11cm$
زوايا الريشة	$\beta_1 = 26^\circ, \beta_2 = 49^\circ$

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

2. النموذج الرياضي

• المعادلات الأساسية

من أجل صياغة التدفق الغير مستقر , ثلاثي الابعاد , الغير قابل للانضغاط فان معادلة الاستمرارية و كمية الحركة يمكن ان تكتب كالتالي.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \mathbf{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \otimes \mathbf{U}) = \nabla \cdot (-P\delta + \mu_{eff} (\nabla \mathbf{U} + (\nabla \mathbf{U})^T)) + S_M \quad (2)$$

حيث ان :

\otimes تقاطع متجه , \mathbf{U} السرعة , P الضغط , ρ الكثافة , δ معرف المصفوفة , \mathbf{r} متجه الموقع
 S_M يتعلق بالمصدر , μ_{eff} المعامل الفعال للزوج , Ω سرعة دورانية ثابتة ,

$$S_M = -\rho [2\Omega \otimes \mathbf{U} + \Omega \otimes (\Omega \otimes \mathbf{r})] \quad (3)$$

نموذج الاضطراب $K-\varepsilon$ RNG يشتمل من معادلات نيفير استوكس الخطية باستخدام تقنية مجموعة التطبيع (RNG) حيث ان نتائج الاشتقاق التحليلي في النموذج له ثوابت تختلف عن النموذج القياسي ($K-\varepsilon$). وهناك مقادير ودوال اضافية في معادلات النقل لقيم K, ε . النموذج $K-\varepsilon$ RNG له شكل مشابه للنموذج القياسي $K-\varepsilon$. قيم K, ε تستخلص مباشرة من معادلات النقل التفاضلية لاضطراب الطاقة الحركية وكذلك اضطراب معدل التشتت .

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(a_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_{k-\rho\varepsilon} \quad (4)$$

$$c_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} - R_\varepsilon \quad (5) \quad \frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho \varepsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(a_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + c_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k$$

حيث ان : G_k هو ناتج اضطراب الطاقة الحركية نتيجة اضمحلال السرعة المتوسطة .

a_ε, a_k هما رقمي براندتل (التأثير العكسي) لكل من k, ε علي التوالي .

$c_{2\varepsilon}, c_{1\varepsilon}$ هما ثوابت قيمتهم $1.42, 1.86$ علي التوالي .

المقدار G_k يمثل ناتج اضطراب الطاقة الحركية وهو مطابق للنموذج القياسي (KNG) وتحقق النموذج $k - \varepsilon$.

من معادلة النقل للعامل k فان المقدار G_k يمكن حسابة كالآتي

$$G_k = -\rho u_i' u_j' \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (6)$$

خطوة تصغير المعيار لتقنية RNG تنتج من المعادلة التفاضلية للزوج الاضطراب

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

$$d \left\{ \frac{\rho^2 k}{\sqrt{\varepsilon \mu}} \right\} = 1,72 \frac{\hat{v}}{\sqrt{(\hat{v}^3 - 1 + C_v)}} d\hat{v} \quad (7)$$

$$\hat{v} = \frac{\mu_{eff}}{\mu}, \quad \text{باعتبار } 100 = C_v$$

عند الحد الأقصى لرقم رينولد، المعادلة رقم (7) يتم تكاملها للحصول على ايضاح دقيق عن كيفية اضطراب النقل الفعال مع رقم رينولد الفعال (المعيار الدوامي) ليتمكن النموذج من تحسين الحد الأدنى لرقم رينولد وايضا تحسين التدفقات الجدارية .

$$\mu_e = c_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon}$$

عندما تكون قيمة $C_\mu = 0.0845$ باستخدام نظرية RNG، من المهم ملاحظة ان قيمة C_μ قريبة جدا من القيمة العملية للنموذج القياسي $k - \varepsilon$ والتي تساوي 0.09

رقم براندتل (التأثير العكسي) لكل من $k, \varepsilon, a_k, a_\varepsilon$ علي التوالي يمكن حسابهم بالمعادلة الآتية

$$\left| \frac{a-1.3929}{a_0-1.3929} \right|^{0.6321} \cdot \left| \frac{a+2.3929}{a_0+2.3929} \right|^{0.3679} = \frac{\mu_{mol}}{\mu_{eff}} \quad (8)$$

حيث ان:

قيمة $a_0 = 1$ وفي حالة الحد الاقصى لرقم رينولد ($\mu_{mol}/\mu_{eff} \ll 1$)، $a_\varepsilon = a_k \approx 1.393$ الفرق الاساسي بين نموذج RNG والنموذج القياسي $k - \varepsilon$ يتمثل في المقدار الاضافي في معادلة ε المعطاة بالاتي .

$$R_\varepsilon = \frac{c_\mu \rho \eta^3 [1 - (\eta/\eta_0)]}{1 + \beta \eta^3} \cdot \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (9)$$

$$\text{حيث ان } \frac{Sk}{\varepsilon} = \eta, \quad 4.38 = \eta_0, \quad 0,012 = \beta$$

تأثيرات المقدار R_ε في نموذج RNG معادلة ε يمكن ملاحظته بصورة واضحة بإعادة ترتيب المعادلة رقم (5) واستخدام المعادلة رقم (9) من معادلة ε الناتجة يمكن كتابتها كالاتي

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho \varepsilon + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} (a_\varepsilon \mu_{eff} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}) + c_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_K - c_{2\varepsilon}^* \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (10)$$

حيث $c_{2\varepsilon}^*$ يمكن الحصول عليها من المعادلة

$$c_{2\varepsilon}^* = c_{2\varepsilon} + \frac{c_\mu \rho \eta^3 [1 - (\eta/\eta_0)]}{1 + \beta \eta^3} \quad (10a)$$

عندما تكون ($\eta_0 > \eta$)، فان المقدار R_ε يكون ذا قيمة موجبة وعليه فان $c_{2\varepsilon}^*$ تكون اكبر من $c_{2\varepsilon}$ و باستخدام قانون اللوغاريتم فانه لحظيا . يتضح لك ان قيمة ($\eta \approx 3$)، وتكون قيمة ($c_{2\varepsilon}^* \approx 2$) وهي قريبة من قيمة ($c_{2\varepsilon} = 1.92$) في حالة النموذج القياسي $k - \varepsilon$ وهذا يعني ان النموذج RNG يميل

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

الي اعطاء نتائج اكبر بالمقارنة مع النموذج القياسي $\varepsilon - k$ في حالة (التدفق ذو الانفعال من ضعيف الي متوسط).

اما في حالة التدفق المصاحب بانفعال كبير حيث ان $(\eta_0 < \eta)$, فالمقدار R_ε يكون ذا قيمة سالبة وهذا يجعل قيمة $c_{2\varepsilon}^*$ اقل من قيمة $c_{2\varepsilon}$ بالمقارنة مع النموذج القياسي $\varepsilon - k$ فان الانخفاض البسيط في قيمة ε يؤدي الي تخفيض قيمة K وفي النهاية يؤدي الي انخفاض الزوجة وخالصة ذلك انه في حالة التدفق ذو الانفعال السريع فان نموذج RNG يميل الي خفض اضطراب الزوجة بالمقارنة مع النموذج القياسي $\varepsilon - k$. وهكذا فان نموذج RNG اكثر استجابة لتأثير الانفعال السريع والمحنى الخطي لتيار التدفق عن نموذج $\varepsilon - k$ وهذا يفسر افضلية اداء نموذج RNG في مثل هذه الحالات فان المعادلات (5,4,2,1) تشمل مجموعة معادلات تفاضلية جزئية غير خطية تحكم حركة المائع .

3- قانون اللوغاريتم للدوال الجدارية .

هناك اضمحلال كبير للمتغيرات الغير مستقلة قرب الجدارو لكي تحصل علي حل عند المنطقة القريبة من الجدار يكون مكلفا لان عدد العقد المطلوبة سيكون كبير جدا, ولهذا فان هناك مقارنة عامة تعرف بالدوال الجدارية يتم تطبيقها لنمذجه هذه المنطقة. في الدوال الجدارية ان السرعة المماسية قرب الجدار ذات علاقة بإجهاد القص الجداري عن طريق علاقة لوغاريتمية والتي يمكن كتابتها كالاتي

$$u^+ = \frac{1}{k} \ln(y^+) + c \quad (13)$$

حيث ان

$$u^+ = \frac{u_t}{u_\tau}, \quad y^+ = \frac{\rho \Delta y u_t}{\mu}, \quad u_t = \sqrt{\frac{\tau_w}{\rho}} \quad (13 a)$$

حيث ان : τ_w اجهاد قص الجدار, u_t تعرف بانها السرعة المماسية الجدارية عند مسافة قدرها Δy من الجدار , k ثابت فون كارمن للجدر الملساء فان K, C ثوابت تعتمد على خشونة الجدار. وعلى أي الاحوال فان هذا الشكل لمعادلات الدوال الجدارية يشكل مشكلة عند نقاط الفصل بحيث ان u_t تؤول الي الصفر في المدى اللوغاريتمي , ومعيار السرعة المتناوبة u^* يمكن استخدامه بدلا من u^+

$$u^* = C_\mu^{1/4} \sqrt{k} \quad (14)$$

هذا المعيار ذا خاصية مفيدة حيث انه لا يصل الي الصفر حين تصل u_t الي الصفر (في التدفق المضطرب فان k لا تصل ابدأ الي الصفر) وعلى اساس هذا التعريف فانه يمكن الحصول علي معادلة اجهاد قص الجدار.

$$\tau_w = \tau_{visc} \frac{y^*}{u^+} \quad (15)$$

$$y^* = \rho u^* \Delta y / \mu, \quad \tau_{visc} = \mu u_t / \Delta y \quad \text{حيث ان:}$$

u^+ كما هي معطاه من المعادلة رقم (13)

الوضع القريب من الجدار تكون قيمة y^* في المدى من 20 الي 50 في الجدر الناعمة و عليه تكون المعادلة بهذه الصورة

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

$$\varepsilon = \frac{c_{\mu}^{3/4} k^{3/2}}{u \Delta y} \quad (16)$$

التشتت عند اقصى عقدة من الداخل تساوي هذه القيمة . اما العقد الحدودية فان قيمة k يمكن حسابها بصياغة في وضع الحدود ويكون ناتج اضطراب الطاقة الحركية

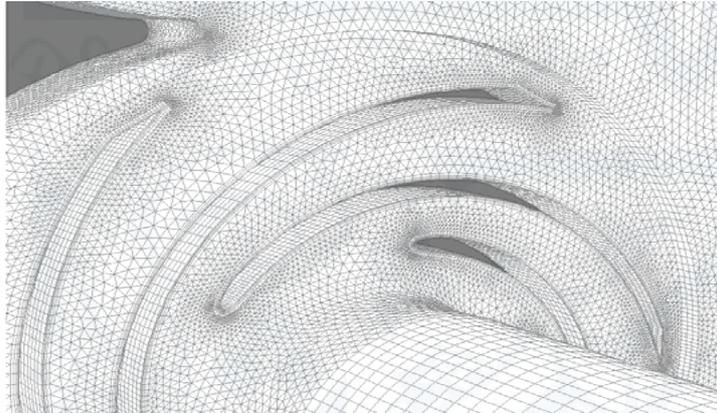
$$P_k = \frac{\tau_{visc}^2}{\mu} P_k^* \quad (17)$$

حيث ان :

$$P_k^* = \left\langle \frac{y^*}{u^+} \right\rangle^2 \frac{du^+}{dy^*} \quad (18)$$

النموذج الحسابي

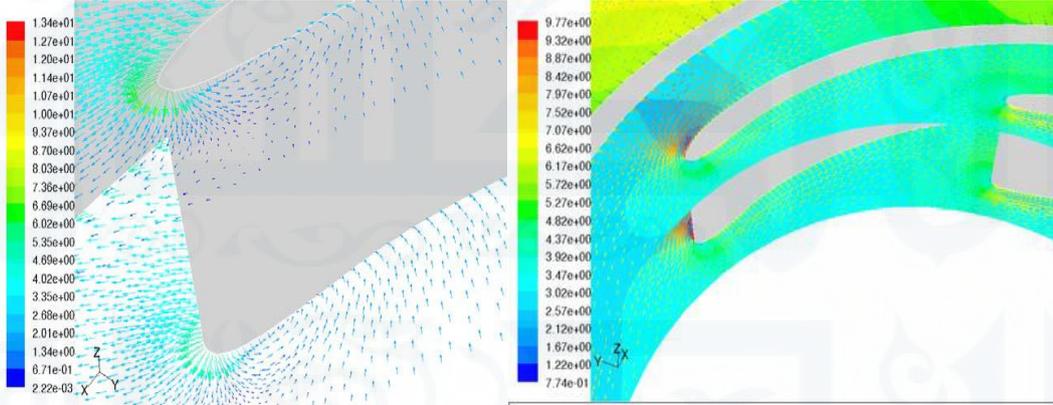
نمذجة الدفاعة رقميا في الوضع المثالي و ان جميع الريش التسعة للدفاعة لابد ان تكون مشمولة لمحاكاة التدفق لاكتشاف أي عدم تماثل في التدفق. ان معظم المحاكاة الرقمية للتدفق الآلات الهيدروليكية تستغل ميزة التماثل الهندسي لريش الدفاعة وتقوم بعمل محاكاة للريش كما هو واضح بالشكل (2).



الشكل(2) يوضح تفاصيل شكل الريشة

الشبكة الحسابية لها هيكلية مصدرها معالج (Gambit) و المحدد الكلي يتفرع الى ثلاث محددات فرعية بكيفية ان الكثافة والجودة للخلايا في مناطق التدفق يمكن التحكم فيها بطريقة مناسبة ومعالجتها اعتمادا على اضمحلال الضغط والسرعات كما بالشكل (3). النطاق الاول والثالث هما ساكنان بينما النطاق الثاني الذي يحتوي على الريش يتحرك طبقا لسرعة الدوران 1450 rpm او 1950 rpm (لفة في الدقيقة) . النطاق الاول يمثل انبوب السحب او الدخول , كما ان النطاق الثالث يمثل جانب الضخ او الخروج , حيث ان التدفق قد اخذ طوره الكامل مع اقل رد فعل خروج عند وضع الحدود . هيكلية الخلايا السداسية يتم استخدامها في المحدد الرئيسي بمقدار 41.2111 خلية وفي نطاق الدخل 48.000 خلية للدفاعة بينما عدد الخلايا في نطاق الخروج يبلغ 14.040 خلية , حجم الخلايا الناتجة غير كافي من اجل محاكاة كاملة لطبقة الحدود و التي تعطي بصورة عامة قيم حقيقية لأداء المضخة وتتضمن تحليل مفصل للظاهرة الرئيسية الموجودة .

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016



الشكل (3) تأثير الضغط و السرعة على الريشة

اوضاع الحدود

نموذج اوضاع الحدود يتم فيه التركيز على المفاهيم الفيزيائية لتدفق الآلات الهيدروليكية من خلال المحاكاة وعند نطاق الدخول فان السرعة المحورية تكون ثابتة لتدفق المضخة بينما السرعة المماسية عند الدخول تكون صفر.

المتغيرات الخاصة بشدة الاضطراب وقطر الدفع للمائع في ظل غياب اوضاع اضطراب حقيقية للتدفق يمكن تقييمها في التطبيقات الصناعية بقيم قدرها (5% و $D_1/2$) على التوالي. كما ان قيمة

الضغط الساكن لهيكل المضخة منتظم وقدره صفر. هذه الاوضاع المطلقة تتحول الى ضغط نسبي مناسب لهيكل المضخة الدوارة و الحدود الدورية تستخدم فوق التيار وتحت التيار لمقدمة الريش و موخرتها على التوالي, وبخصوص السطوح الصلدة الدوارة فان السرعات النسبية لمكوناتها يفترض انها تساوي صفر وبفرض وضع عدم الانزلاق.

تحكم الحل الرقمي.

البرنامج كان يعمل بتردد قيمته 3 قيما هيرتز, بانيتيوم Iv pc تم ضبط مرات التكرار لتخفيض الزائد الى اقل من 10 كمعيار ثابت و الكميات المتكاملة للضغط الكلي في كل تشغيله في ناحية السحب وناحية الضخ قد تم ملاحظتها للمساعدة في الحل التقريبي وفي كثير من الحالات هذا يؤدي الى تخفيض الزوائد الى قيم اقل من القيم الابتدائية و ذلك حسب الحالة و قد تم التوصل الى مقارنة لمختلف التكرارات بحيث تكون نتيجة تدفق الكتلي بداية حسابية للتدفق الذي يليه للوصول الى مقارنة دقيقة لمختلف التشغيلات التي أجريت. وفي هذه الطريقة تمكنا من اجراء تحكم مباشر بشأن تحديث المتغيرات الحسابية خلال البدء بالقيم الصغيرة للتكرارات الاولية و من تم مراقبة التغير في الزوائد التي تم تعديل قيمتها من اجل تعجيل التقارب.

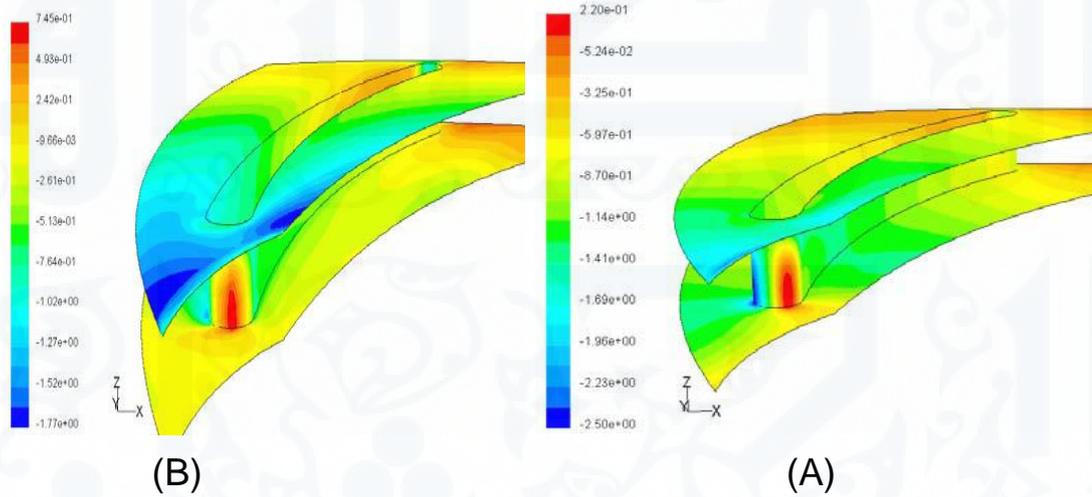
و حيث ان المشكلة تتعلق بكلا النطاقين الساكن والدوار فقد تم اختيار نموذج الاطار المرجعي المتعدد بتطبيق مقارنة حالة الاستقرار, حيث نطاقات الخلايا الفردية تتحرك بسرعات دورانية مختلفة لان دوران الاطار المرجعي يعرف من خلال اوضاع الحدود مما قد يؤدي الى تجمع كبير للقوى خلال التدفق فان الحسابات قد تكون اقل استقرارا بسبب ان سرعة الدوران وسعه هذه القوى تزداد ولحد من هذا التأثير غير المرغوب به فان كل تشغيله تبدأ بسرعة دوران منخفضة ثم تزداد بالتدريج حتى تصل الى المستوى المطلوب.

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

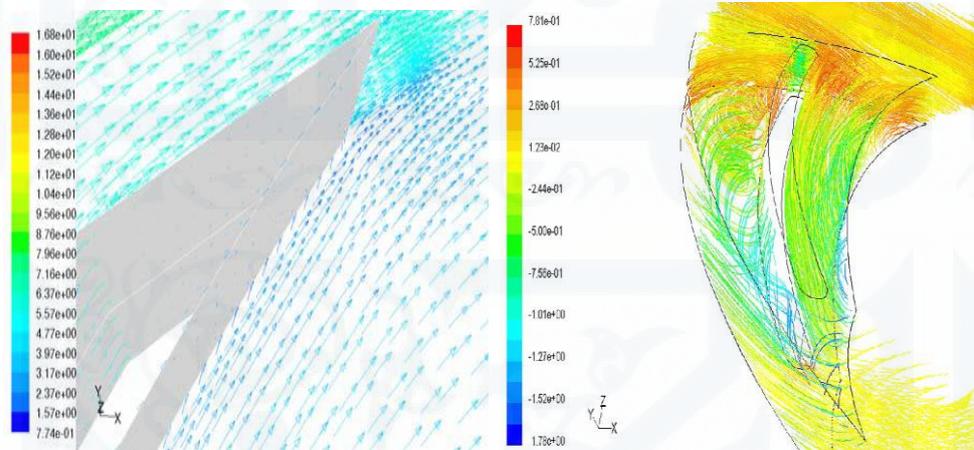
- النتائج:

تحصلنا على نتائج واضحة خلال محاكاة التدفق الناتج عن الدفاعة الطاردة المركزية محل البحث ويظهر ذلك جليا من الاشكال (4,5,6) يظهر توزيع الضغط والسرعة وكذلك خطوط المسار لمعدل التدفق الحجمي بقيمة $(Q=65 \text{ m}^3/h)$ عندما $(n=1450 \text{ rpm})$, وقد زادت بنسبة (60%) عن

القيمة الاسمية المتوقعة, ان منحنى الضغط الساكن على جدار الدفاعة يتضح من الشكل (4A) من الواضح للعيان ان الضغط الساكن يتزايد بالتدرج في اتجاه تيار المائع وبالطبع فان الضغط الاعلى يظهر عند سطح الريش عند الضخ كما بالشكل (4B) ويلاحظ ان نفس توزيع الكميات كما في حالة الضغط الساكن في الضغط الكلي. الفرق في قيمة الضغوط يتركز في مقدار الطاقة الحركية التي تضاف الى الضغط الساكن. ان المتجهات الخاصة بالسرعة المطلقة للمائع القريبة من جدار الدفاعة حتى وسط عرض الدفاعة تم توضيحه في الشكل (5) حيث يمكن ان ترى بوضوح ان السرعة المطلقة تزداد كلما تحرك المائع باتجاه مخرج الدفاعة وعليه فان المتوقع للسرعة المماسية للمائع تتغير خطيا بتغير نصف القطر.



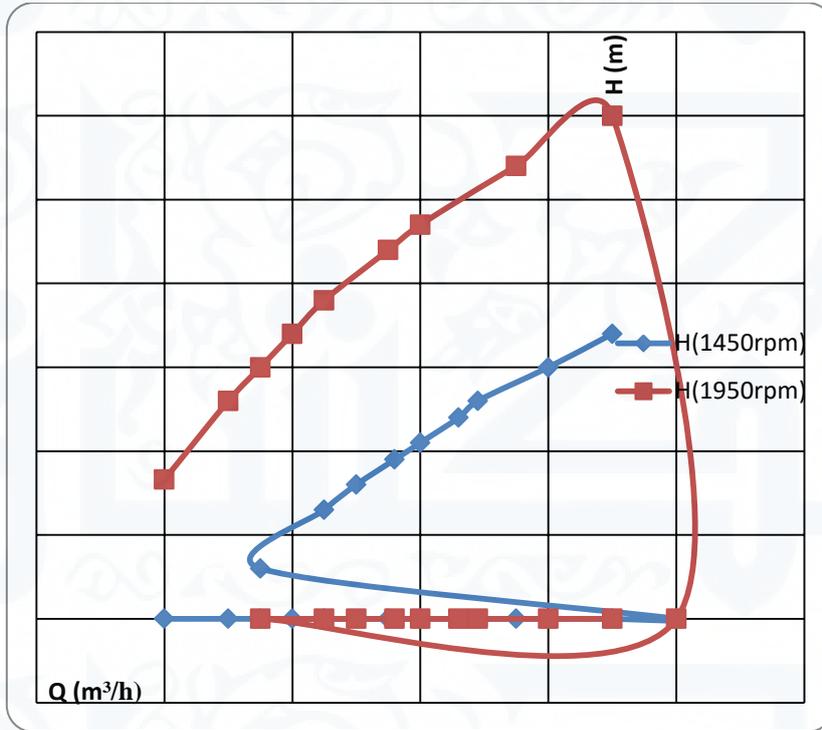
الشكل (4) تأثير الضغط الاستاتيكي (A) و الضغط الكلي (B) على جدار الدفاعة.



الشكل (5) يوضح المتجهات الخاصة بالسرعة. الشكل (6) يوضح خطوط مسار الضغط الكلي.

العدد الحادي عشر - نوفمبر 2016

ومنحنيات الاداء بخصوص سرعتي الدفاعة الطاردة المركزية موضحة بالشكل (7) , ولكل سرعة فان كلا التقنيتين تم استخدامهما و الانحراف من خلال المقارنة بين التقنيتين لا يتعدى (1%). في ظل غياب النتائج المعملية فان الحسابات قد تكون غير صالحة وعلى أي حال فان الطرق الحسابية (المحاكاة) توضح بشئ من الجودة الاتجاه العام لمنحنى الارتفاع والتدفق (H,Q) والعلاقة بينهما عند تطبيق نفس القواعد .



الشكل (7) يوضح منحنيات الاداء للسرعتي الدورانية للدفاعة الطاردة المركزية.

- الخلاصة:

مجال التدفق والضغط باستخدام الدفاعة الطاردة المركزية قد تم تحليل نتائجها مما مكننا من حل معادلات نفير استوكي ثلاثية الابعاد غير قابلة للانضغاط وتم محاكاة الاضطراب للنموذج القياسي (RNG K-ε) على الرغم من ان حجم الشبكة غير كافي لتتبع المتغيرات في حالة الحدود الجدارية , فانه في حالة الحدود الكروية اظهرت نتائج دقيقة للدراسة المقدمة ذات فائدة لفهم حالات التدفق لمختلف نقاط التشغيل. وعليه فان الابحاث والدراسات المستقبلية سوف تركز على صلاحية تقنية CFD على التجارب المخططة .

- المراجع:

{1} Michalis D. Mentzos¹, Andronicos E. Filios A.E.^{*}, Dionisios P. Margaris¹ and Dimitrios G. Papanikas¹

1 Fluid Mechanics Laboratory, Mechanical Engineering and Aeronautics Department. University of Patras GR-26500 Patras, Greece .e-mail: margaris@mech.upatras.gr

{ 2 } Ng, E. Y. K., Zhou, W. D., and Chan, W. K. (1998), "Non-Newtonian effects on mixed-flow water pump.using CFD approach", Proceedings of the 19th International Association of Hydraulic Research

Symposium, Section on Hydraulic Machinery and Cavitation, pp.735–749, Singapore, International. Association of Hydraulic Research.

{ 3 } T. C. M. Kumar, Y. V. N. Rao, —Theoretical investigation of pressure distribution along the surfaces of a thin arbitrary geometry of a two-dimensional centrifugal pump impeller. ASME Journal of Fluids Engineering, Vol. 99, 1977, 531- 542.

{ 4 } Gonzalez, J., and Santolaria, C. (2006), "Unsteady flow structure and global variables in a centrifugal pump", ASME Journal of Fluids Engineering, Vol. 128, pp. 937-946.