

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي لقناة التصريف في عنفة كابلان (سد الفرات)

الحسن مطيع عيود^{1*} غسان زيدان² حمزة مكارم³

*1. مهندس في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية. جامعة دمشق. alhassan@yahoo.com

². أستاذ، دكتور، قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

GhassanZedan@damascusuniversity.edu.sy

³. أستاذ مساعد، دكتور في قسم الميكانيك العام، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

HamzaMakarem@Damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

تسعى معظم الأبحاث والدراسات لتطوير منظومات توليد الطاقة النظيفة، خاصة في مجال العنفات المائية التي تستخدم أفنية تصريف منحنية الشكل. تتنوع أشكال وخصائص أفنية التصريف وتعتبر القناة المنحنية ذات الكوع أهمها نظراً لدورها الكبير في رفع كفاءة التوربين المائي، من خلال أجزائها الرئيسية الثلاث وهي ناشرة الدخول وكوع الامتصاص وناشرة الخروج.

تعتبر الدوامة الإعصارية المتشكلة في مدخل القناة من أكثر العوامل التي تؤثر سلباً على مردودها، لذلك تم العمل في هذا البحث على عرض العوامل المؤثرة في الأداء الهيدروليكي لقناة التصريف وطرق رفعها من خلال الاستعانة بكاسر الدوامات الذي يقوم بتخفيف الفواقد والاضطراب الناتج عن الدوامات الإعصارية بالإضافة إلى محاكاة ذلك حاسوبياً باستخدام برنامج Ansys fluent

الكلمات المفتاحية: العنفات المائية – الأداء الهيدروليكي – قناة التصريف-كاسرات الدوامات.

تاريخ الايداع: 2022/10/ 18

تاريخ القبول: 2023/1/31



حقوق النشر: جامعة دمشق –

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

CC النشر بموجب الترخيص

BY-NC-SA 04

Effect of Flow Directing Blades on the Hydraulic Performance of the Draft Tube of a Kaplan Turbine (Euphrates Dam)

Alhasan Motia Ayoud*¹ Ghassan Zedan² Hamza Makarem³

*¹: Engineer, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University. alhasan@yahoo.com

²: Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

GhassanZedan@damascusuniversity.edu.sy

³: Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of mechanical and electrical Engineering, Damascus University.

HamzaMakarem@Damascusuniversity.edu.sy

Abstract:

Most of the research and studies are working to develop clean energy generation systems, Especially in the water turbine that are used curved draft tube.

The shapes and characteristics of draft tube vary, and the curved elbow channel is considered the most important one due to its great role in raising the efficiency of the water turbine, through its three main parts, which are the entry spreader, the suction elbow and the exit spreader.

The cyclonic vortex formed at the entrance to the canal is considered one of the most negative factors affecting on efficiency. Therefore, work has been done in this research to present the factors affecting the hydraulic performance of the draft tube and ways to raise it through the use of vortex breakers that Mitigation of losses and turbulence caused by cyclonic vortices in addition to computer simulation using Ansys fluent programe.

Keywords: water turbine - hydraulic performance - drain channel - vortex breakers.

Received: 18/10/2022

Accepted: 31/1/2023



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

تقوم قناة التصريف بالاستفادة من الطاقة الحركية الضائعة

الخارجة من الدولاب العامل [3,4,5]

حيث لجأ المصممون لوضع الكوع المنحني ومن ثم ناشرة الخروج لإكساب السائل المتحرك حركة انسيابية قدر الإمكان، لكن بقيت الإضرابات التي تظهر بنتيجة وجود دوامات في بداية القناة. [3,4,5,9]

2- الدراسة الرياضية والتحليلية للقناة:

2-1- المؤشرات العددية والحساب الرياضي:

يظهر الجدول (1) الرموز والمصطلحات المستخدمة:

الجدول (1) الرموز والمصطلحات والوحدات المستخدمة

الرمز	المصطلح العلمي	الوحدة
D1	قطر الدولاب العامل للعنفة	[m]
D3	قطر الدخول إلى ناشرة الدخول	[m]
h 0	ارتفاع المنسوب العلوي عن مدخل القناة	[m]
h 3	ارتفاع ناشرة الدخول	[m]
h 4	ارتفاع كوع القناة	[m]
h	ارتفاع القناة	[m]
L	طول القناة الكلي	[m]
h 5	ارتفاع مقطع الخروج من ناشرة الخروج	[m]
Z 3	ارتفاع المنسوب السفلي عن مدخل القناة	[m]
Z 5	ارتفاع المنسوب السفلي عن المخرج	[m]
B5	عرض مقطع مستطيل فحة الخروج من ناشرة الخروج	[m]
B	عرض الجدار البيني الحاجز	[m]
η_D	مردود القناة	
$\sum h$	فواقد القناة	[m]
v_3	سرعة الجريان عند الدخول إلى القناة	[m/s]
v_5	سرعة الجريان عند الخروج من القناة	[m/s]
g	تسارع الجاذبية الأرضية	[m/s ²]
P	ضغط السائل	Pa
Q	غزارة الجريان	[m ³ /s]
Bn- Θ	عدد الريش وزاوية التموضع	

كما يبين الشكل (1) المناسب الجغرافية والأبعاد الهندسية لقناة التصريف المستخدمة في عنفة كابلان في سد الفرات.

يعتبر الاحتكاك والاضطراب في الأفنية المائية عموماً وأقنية التصريف المستخدمة في عمليات استرجاع جزء من طاقة المياه الحركية في السدود المائية خصوصاً واحداً من أكثر العوامل التي تسبب فقداً في طاقة الجريان الأمر الذي يستدعي دراستها والعمل على تخفيضها قدر الإمكان، لذا كان لا بد من البحث في كيفية كسر الدوامات المتشكلة لتخفيض هذه الاضطرابات بغية رفع كفاءة قناة الصريف وذلك عبر عدة طرق قد يكون أبرزها استخدام ريش تقويم التيار المائي لتخفيف الاضطراب الناتج عن الدوامات الإعصارية المتشكلة عند الخروج من دولاب العنفة، وتطبيق هذه الدراسة رياضياً وتحليلياً على العنفات الموجودة في المحطة الكهرومائية التابعة لسد الفرات الذي يعتبر من أهم المنشآت المائية في القطر.

الهدف ومبررات البحث:

استخدام الطرق العددية وخصائص CFD لدراسة وتحليل أثر ريش تقويم الجريان في كسر الدوامات المتشكلة في أقنية التصريف وما يترتب على ذلك من تأثير على أداء العنفات في المحطة الكهرومائية في سد الفرات، لاقتراح عدد وحجم وتوضع هذه الريش بشكله الأمثل بهدف زيادة مردود العنفات المائية عند نفس ظروف التشغيل، وضمن مجال الأسس التصميمية المتبعة باستخدام الطرق العددية المختلفة وخصائص CFD.

ثالثاً: مواد وطرق البحث:

الفني لقناة التصريف في المحطة الكهرومائية في سد الفرات:

العنفة المائية المستخدمة:

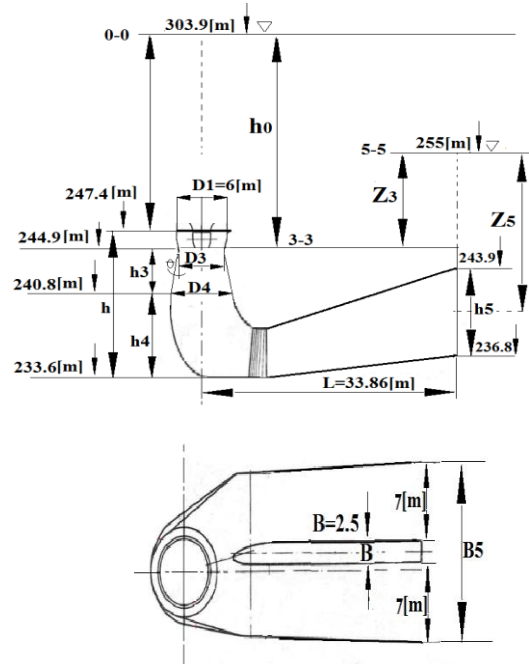
تتألف منظومة توليد الكهرباء في سد الفرات من ثمانية مجموعات تعتمد على دوران العنفات الموجودة وهي من نوع كابلان بتأثير اندفاع المياه لتقوم العنفة الواحدة بتوليد [110[MW] ، قطر دولاب العنفة [6[m]، أما بالنسبة

للضاغط فهو حوالي [46[m] والتصريف حوالي [297[m³/s]

ويبلغ الوزن الاجمالي للعنفة تقريبا [1.6 [ton].

قناة التصريف: draft tube

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....



الشكل (1) مناسب المياه في قناة التصريف المنحنية ذات الكوع مع أبعاد القناة في سد الفرات [5]

2-1-1-الأبعاد والبارامترات الرئيسية للقناة [4,6]

الجدول (2) قيم الأبعاد والبارامترات ضمن مجال العمل:

الرمز	القيمة	الوحدة
D1	6	[m]
D3	5.8	[m]
h 0	59	[m]
h 3	4.1	[m]
h 4	7.2	[m]
h	13.8	[m]
L	33.86	[m]
h 5	7.06	[m]
Z 3	10.1	[m]
Z 5	14.615	[m]
B5	16.5	[m]
B	2.5	[m]
g	9.8	[m/s ²]
Q	297	[m ³ /s]

2-2-تطوير المنظومة ورفع المردود

2-2-2-الضياعات في القناة:

عبود، زيدان و مكارم

يتم تحديد الضاغط الذي تستخدمه العنفة بين مستوي القياس (0-0) مستوي الماء في الخزان العلوي و(3-3) مستوي الماء في الخزان السفلي من العلاقة التالية:

$$H = E_0 - E_5 \quad (1)$$

الضاغط يساوي حسب معلومات إدارة السد [46m]

باعتبار مستوي القياس هو السطح الحر للسائل في الخزان السفلي يكون:

$$E_0 = \frac{P_a}{\gamma} + h_0 - Z_3 \quad (2)$$

$$E_3 = \frac{P_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} - Z_3 \quad (3)$$

$$E_5 = \frac{P_5}{\gamma} + \frac{v_5^2}{2g} - Z_5 + \sum h_{3 \rightarrow 5} \quad (4)$$

حيث E_0 : قدرة السائل النوعية عند السطح الحر للسائل، المقطع (0-0)

E_5 : قدرة السائل النوعية عند مقطع الخروج من قناة التصريف.

E_3 : قدرة السائل النوعية عند مقطع الدخول إلى قناة التصريف ومقطع الخروج من الدوالب العامل (3-3)

$$\frac{P_5}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} + Z_5 \quad (5)$$

بالانتباه إلى أن:

$$v_3 \neq v_5 \quad (6)$$

$$H = E_0 - E_5$$

بتعويض كل من (2) و(4) بـ (1):

$$H = h - Z_3 - \left(\frac{v_5^2}{2g} + \sum h_{3 \rightarrow 5} \right) \quad (7)$$

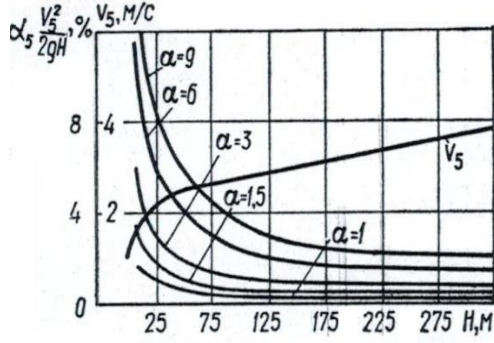
والتي يمكن كتابتها كما يلي:

$$\sum h_{3 \rightarrow 5} = -H + h - Z_3 - \frac{v_5^2}{2g} \quad (8)$$

يتم تحويل القدرة الحركية للجريان إلى قدرة ضغط في أفنية التصريف مع ضياعات في الأفنية حيث يتم تصنيف هذه الضياعات في أفنية التصريف إلى:

1 - ضياعات داخلية وتتألف من ضياعات على الاحتكاك وضياعات نتيجة توسع جدران القناة وضياعات ناجمة عن تغيرات اتجاه الجريان في كوع القناة [2,4].

عبود، زيدان و مكارم



الشكل (2) مخطط يبين العلاقة بين قيمة سرعة الخروج والضياعات النسبية بضغوط العنفة [2,4].

إن العلاقة (8) المستنتجة أعلاه مرتبطة بسرعة جريان السائل عبر القناة أي بتغيرات القدرة الحركية عبر القناة وفقاً لتغيرات شكل القناة وأبعادها بالإضافة للضاغط والارتفاعات الجغرافية والطبيعة الاضطرابية للجريان وهو ما تم صياغته بالعلاقة (10): [2,4]

$$\sum h_{3 \rightarrow 5} = \alpha_5 \frac{v_5^2}{2g} \quad (10)$$

وحيث ان قيمة الغزارة عبر القناة هي $297 [m^3/s]$ فإن قيمة الفواقد يمكن حسابها من إحدى العلاقتين (8) أو (10) وتصل لحوالي $2.6[m]$ 3-2-2-2-رفع كفاءة القناة:

إن رفع كفاءة القناة يتم من خلال زيادة سرعة جريان السائل عبر مدخل القناة وتخفيض الفواقد $\sum h_{3 \rightarrow 5}$ وتخفيض سرعة خروج السائل من القناة لإكسابها نمط صفائحي بدلاً من الاضطراب الحاصل عليها والعمل على تناهي هذه السرعة إلى أبسط ما يمكن.

سيتم ذلك من توجيه التيار المائي باستخدام ريش تقويم الجريان ومحاكاة ذلك حاسوبياً.

2-2-3-تطوير القناة واقتراح تصميم جديد لها:

سنعمد لكسر الدوامات من خلال وضع شفرات لتقويم التيار المائي بشكل انسيابي باتجاه كوع الامتصاص الذي سيعمل

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

2 - ضياعات عند مقطع الخروج من القناة تنشأ مع القدرة الحركية للجريان عند مقطع الخروج وتتعلق بريش الدولاب العامل وبنظام عمل العنفة وبأبعاد القناة [2,4].

تحدد العوامل السابقة درجة عدم انتظام توزيع سرعة الجريان v_5 عند مقطع الخروج من قناة التصريف والتي يتم التعبير عنها من خلال معامل كوريوليس α_5 [2,4].

$$\alpha_5 = \frac{\int v_5^2 \cdot v_{5n}}{v_{5cp}^2 \cdot Q} \quad (9)$$

v_{5n} : مركبة السرعة العمودية للجريان عند مقطع الخروج من القناة.

v_{5cp} : متوسط سرعة الجريان عند مقطع الخروج من القناة. كلما كانت قيمة α_5 أقل، كان توزيع السرعة أكثر انتظاماً عند مقطع الخروج من القناة، وكلما كانت الضياعات أقل [2,4]. تؤخذ قيمة α_5 من أجل مختلف أشكال أفنية التصريف من الجدول التالي [2,4]:

الجدول (3) قيم α حسب نوع قناة التصريف

نوع قناة التصريف	α_5
قناة مستقيمة مخروطية	1.2-1.5
قناة منحنية (نظام العمل الاسمي)	1.5-2.5
قناة منحنية (نظام العمل غير الاسمي)	2-7

فمن أجل غزارة $297 [m^3/s]$

وضاغط حوالي $46 [m]$ يمكن أخذ قيمة α_5 حوالي 4 وفق المخطط التالي والذي يظهر العلاقة بين قيمة سرعة الخروج المسموحة والضياعات النسبية بضغوط العنفة [2,4].

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

بدوره على امتصاص الصدمات والاضرابات وتحقيق جريان انسحابي بسرعة خروج منخفضة.

3-الدراسة الحاسوبية للقناة:

3-1- المنهجية المتبعة في ديناميك الموائع الحاسوبي:

تقوم المنهجية على المرور في ثلاث مراحل أساسية: [7]

3-1-1-مرحلة ما قبل المعالجة: [7]

وهي المرحلة التي يتم فيها تعريف جميع المدخلات المتعلقة بالمشكلة المعينة إلى البرنامج بواسطة أدوات ونوافذ الإدخال ثم تحويل هذه المدخلات إلى الصورة التي تلائم المعالج وهذه المرحلة تتضمن:

1-رسم الجسم ضمن بيئة برنامج النمذجة.

2-إنشاء الشبكة: Meshing وهي عملية تقسيم المجال إلى خلايا، كل خلية تُمثل بمعادلة جبرية يتم حلها في النقطة المعينة ودقة النتائج تعتمد أساساً على الشبكة المنشأة فكلما زاد عدد خلايا الشبكة زادت دقة الحل لكن يكون ذلك على حساب زمن الحل وقدرة المعالج والعكس بالعكس.

3-تعريف أو تحديد الظاهرة الفيزيائية للمشكلة: يتم اختيار النموذج الرياضي المناسب للحل (جريان موائع، انتقال حرارة، تفاعلات كيميائية، وغيرها)

4-تعريف خواص المادة تحت الدراسة حتى يتم تضمينها في النموذج الرياضي للحل.

5-تعريف الشروط الحدية: وهي الحدود المحيطة بالظاهرة المدروسة، والتي يكون عندها مدخل الجريان أو مخرجه أو غير ذلك من الحدود.

6-اختيار طرق الحل والتقريب والتحكم فيه: وهذه الاخيرة متعلقة بطرق وأساليب الحل العددي ويعتمد اختيارها على طبيعة المشكلة ومدى تعقيدها.

3-3-1-2-مرحلة المعالجة: [8,7]

وهي المرحلة التي يتم فيها الوصول لحل المشكلة، وتتلخص في تقطيع المعادلات الناظمة للجريان لجميع نقاط الحجم

عبود، زيدان و مكارم

التحكمي، بعدها يتم تحويل هذه المعادلات إلى منظومة من المعادلات الجبرية، يتم حلها بصورة تكرارية، حيث يتم تحديد عدد معين للتكرار يتوقف المعالج عند الوصول إليه، مع كل تكرار يتم حساب قيم لخواص المائع عند كل نقطة ويتم تحديد سماحية لدقة الحل، وهي عبارة عن نسبة خطأ تحسب بين كل تكرار وآخر، والوصول لهذه النسبة يكون علامة الوصول للحل المرتقب وهذا ما يعرف بتقارب الحل.

3-3-1-3-مرحلة ما بعد المعالجة: [8,7]

هي المرحلة التي يتم فيها عرض وتحليل النتائج بعد استلامها من المعالج وهذه المرحلة تحتوي على عرض مقدار واتجاه خطوط الجريان مع عرض توزيع بعض الكميات القياسية اللابعدية مثل الضغط والكثافة ودرجة الحرارة، صناعة صور متحركة، مخططات بيانية توضح تغيرات الخواص، حسابات عددية لبعض المقادير.

3-3-2-منهجية النمذجة: [8,7]

سوف نقوم بدراسة القناة وفق المدخلات التالية:

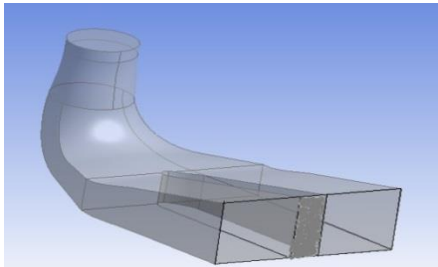
3-2-1-المواصفات التصميمية للقناة: [1,6]

جدول (4) البارامترات الأساسية لقناة التصريف

ضغوط العنفة m	46
التدفق الاسمي m^3/s	297
عد الدورات rpm	125

يوضح الشكل (3) الشكل المعالج عبر برنامج ANSYS

المكونات الثلاثة الرئيسية للقناة



الشكل (3) الشكل المعالج عبر برنامج ANSYS

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

عبود، زيدان و مكارم

3-2-2-3-2-3-3-2-3-3 The mesh [7]

إن جودة عملية تقسيم الجسم إلى خلايا أو حجوم منتهية في الصغر تؤثر بشكل كبير على صحة النتائج المستخلصة، وللحصول على نتائج جيدة يتوجب علينا أن نزيد عدد الخلايا في المناطق الحرجة أو المناطق التي لها اشكال هندسية معقدة والمناطق التي يكون بها التدرج في خواص الجريان كبيرة مثل قاع الكوع والحواف حيث أن العدد القليل من الخلايا قد لا يساعدنا على الحصول على النتائج المرجوة من الدراسة، علماً أن عدد الخلايا الكبير يؤدي إلى زيادة الوقت الحسابي لذلك في المناطق التي لا تؤثر بشكل كبير على خواص الجريان سوف يكون عدد الخلايا قليل قياساً إلى المناطق التي تحتاج عدد خلايا كبير، بما ينسجم مع التصميم والمجال الحسابي المعقد للقناة ومع قدرة الحاسب على المعالجة، وفقاً للجدول (5):

الجدول (5) المعلومات الأساسية الخاصة بالشبكة

نوع العنصر	عدد العناصر	عدد العقد
رباعي السطوح	1507186	496327

حيث قمنا بزيادة عدد الخلايا في منطقة مخروط أنبوب التصريف لأهمية هذه المنطقة وتأثيرها الكبير على مشكلة البحث بالإضافة للحواف ومنطقتي المخرج والمدخل والكوع. اخترنا عدد الحواف والسطوح المدروسة بعد تحديدها بـ 27 حافة، وتم اختيار 200 عنصر لكل حافة بغية كثافة العناصر عند الحواف وفي باقي الأسطح 35 عنصر ويظهر الشكل النعومة الواضحة بنتيجة تكثيف عدد الخلايا في المناطق المحددة أعلاه، كما يظهر الفرق بين الشبكة المولدة أوتوماتيكياً والتي تحتوي على عدد عناصر وعقد قليل نسبياً وبين الشبكة التي تم إعدادها لمراعاة دقة الحل.

الشكل (4) الشكل المعالج عبر برنامج ANSYS

تم اختيار الدقة التي ينتهي عندها الحل بالقيمة $10^{-6} \times 1$ أما عدد مرات تكرار الحل فقد تم تحديدها بالقيمة 1000 حيث أنه إذا تم الوصول للدقة المطلوبة يتوقف الحل عندها، أما في حال عدم الوصول إلى هذه الدقة فإن الحل يستمر بالتكرار حتى 1000 مرة بحيث نضمن الحصول على أدق النتائج، كما يظهر الشكل (4) والجدول (5) عدد الخلايا الكبير في المناطق الأكثر أهمية ومدى نعومة الحواف وعدد الخلايا.

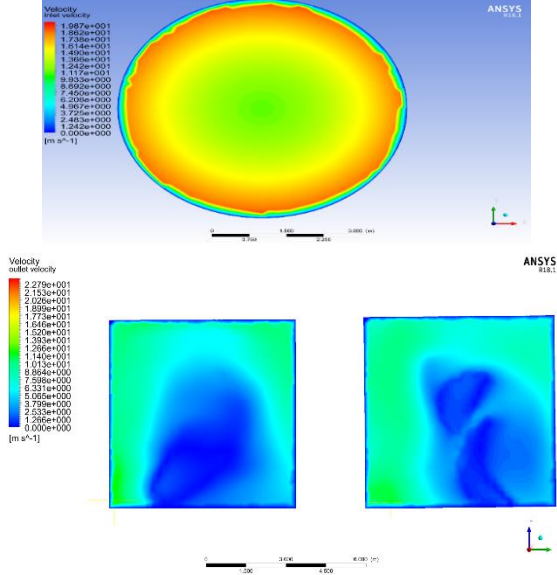
3-2-3-3-2-3-3-2-3-3 الشروط الحدية:

تم تحديد قيم الشروط الحدية من كثافة السائل وحرارته بالإضافة لتحديد قيم التدفق كشرط حدي عند المدخل وقيم الضغط كشرط حدي عند المخرج
المائع المستخدم: الماء، بخار الماء عند درجة حرارة 25 °C ،
كثافة الماء: $\rho = 0.997 [kg/m^3]$

عبود، زيدان و مكارم

أيضاً يتبين تغيرات السرعة عند المدخل والمخرج من القناة في

الشكل (6) المعالج ببرنامج Ansys fluent



الشكل (6) تغيرات السرعة عند مدخل ومخرج القناة.

3-2-3- المقترحات ودراستها حاسوبياً:

1-3-2- المقترحات:

سيتم العمل على وضع ريش بسماكات وأبعاد تصميمية وأما عددها وزاوية تموضعها فسيتم اختيار الأفضل طبقاً للمحاكاة الحاسوبية

أبعاد الريشة [5,4]:

تم اختيار طول الريشة $L=500$ mm ارتفاعها أيضاً 500 mm أما بالنسبة للسماكة فنعمت على العلاقة التي تحدد مجال

السماكة الأعظمي:

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

تسارع الجاذبية الأرضية: $g = 9.81 [m/s^2]$

سرعة الدخول إلى القناة $v_3 = 11.2 [m/s]$

ضغط الخروج من القناة

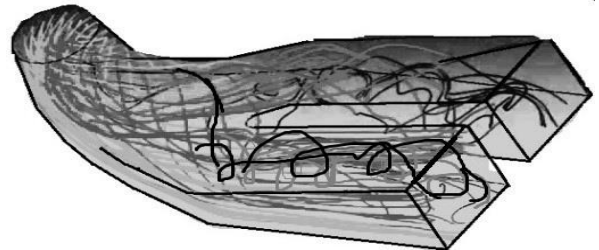
$P_5 = 2.43 [bar]$

3-2-4- نمذجة القناة الأصلية:

يمر الماء ضمن الجزء المخروطي وضمن الناشر حيث أن قيمة الضغط تزداد على حساب النقصان في الطاقة الحركية للجريان، أما بالنسبة للفائض من الطاقة الحركية للجريان فقد تم تحويل الجزء الأكبر منها ضمن أنبوب التصريف إلى طاقة ضغط ستاتيكي كما أن نسبة التحويل هذه تحدد الأداء الهيدروليكي للأنبوب.

من الملاحظ أنه يوجد بعض المناطق التي تحتوي على قيمة ضغط تخلخي مع بعض الاضطراب بنتيجة خروج السائل بشكل دوامي من الدوالب العامل.

إن توزع قيم الضغط الستاتيكي منطقية ضمن أنبوب التصريف حيث من الملاحظ أن الضغط يزداد تدريجياً كلما ابتعدنا عن مدخل الأنبوب باتجاه قاع كوع الامتصاص، ليعود وينخفض تدريجياً أثناء مرور السائل في ناشرة الخروج، كذلك الأمر بالنسبة لسرعة جريان السائل حيث أنها تكون أعلى ما يمكن أثناء الدخول إلى قناة تصريف لتتباطأ تدريجياً وتنخفض الطاقة الحركية أثناء المرور في قناة التصريف لتقوم القناة بالاستفادة من الطاقة الضائعة الخارجة من الدوالب العامل لرفع المردود. يبين الشكل 5 متجهات السرعة وخطوط التيار ضمن أنبوب التصريف، حيث يتبين وجود بعض المناطق ذات جريان عكسي ضمن الأنبوب.



الشكل (5) خطوط التيار ضمن أنبوب التصريف

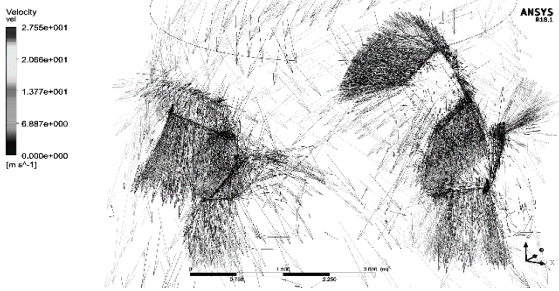
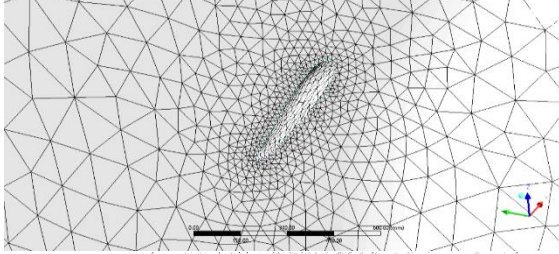
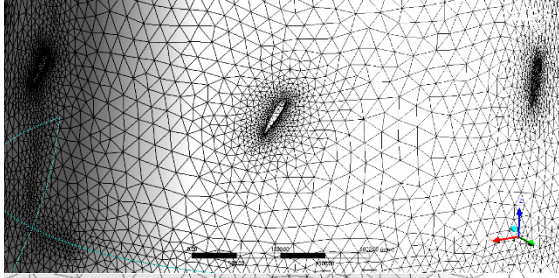
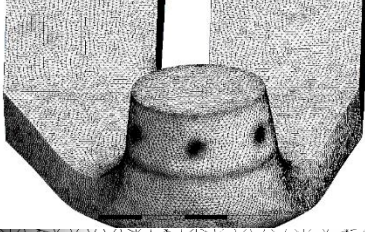
تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

عبود، زيدان و مكارم

$$\delta_{max} = \frac{\delta}{L} = (0.15 \div 0.2)$$

$$\delta_{max} = 0.17 \times L = \delta_{max} = 85[mm]$$

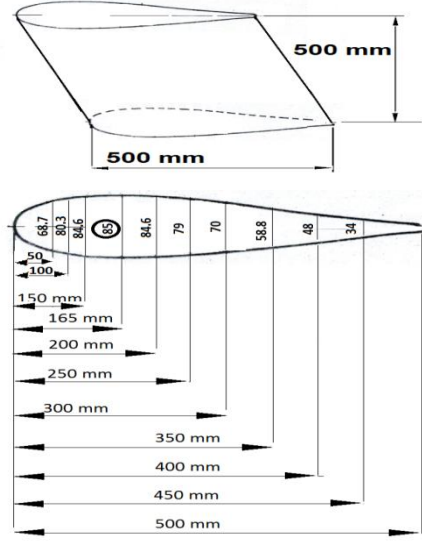
إن الدوامات الحلزونية المضطربة والمتأرجحة في قناة التصريف تؤدي إلى نبضات ضغط غير ثابتة من شأنها زيادة الفواقد وتخفيض أداء القناة، لذا تم العمل على كسر الدوامة بتركيب المجموعات التالية 3، 4، 6، 7 شفرات بالقياس المذكور أعلاه في أنبوب التصريف على الضغط التصميمي، وتم اعتماد كفاءة التوربين كمؤشر وتم حسابها في حالات مختلفة من زاوية وتر الريشة مع محور مدخل قناة التصريف وجميعها تمت محاكاتها حاسوبياً:



الشكل (8) الشكل المعالج لشبكة كل من القناة والريش

سنرمز لعدد الشفرات وزاوية التوضع بالرمز Θ - Bn حيث: n عدد ريش تقويم الجريان - Θ - زاوية تموضع الريشة

حيث: δ سماكة الريشة وتؤخذ كنسبة من L طول الريشة، وكون مقطع الريشة متغير السماكة كما يظهر الشكل (7) تؤخذ سماكة الريشة العظمى في المجال (0.15 ÷ 0.2) من L طول الريشة.



الشكل (7) الأبعاد التصميمية للريشة [5,4]

الجدول (6) القيم التصميمية لأبعاد الريش المستخدمة

	δ_{max}		L=500mm
68.7	80.8%	50	10%
80.3	94.5%	100	20%
84.6	99.5%	150	30%
85	100%	165	33%
84.6	99.5%	200	40%
79	92.9%	250	50%
70	83%	300	60%
58.8	69.2%	350	70%
48	55.5%	400	80%
34	40%	450	90%
0	0%	500	100%

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

يبين الجدول التالي عدد العقد وعدد العناصر المستخدمة أثناء تنفيذ التجربة.

الجدول (7) عدد العقد العناصر في مراحل المعالجة الحاسوبية لشفرات بالحجم الأساسي

الشفرات بالقياس الصغير الأساسي			
Elements	Nodes	Θ	n
1186603	226580	30	3
1186957	226638	20	3
1129135	215498	10	3
1171105	223254	30	4

v_5 متغيرة حسب الحالة المدروسة بنتيجة تغير الفواقد الناتج انخفاض اضطراب الجريان. في الجدول (9) يمكننا أن نرى أن كفاءة القناة ارتفعت في بعض الحالات لكن الكفاءة القصوى للتوربين (86%) تحققت عند سرعة خروج 3.37 m/s وذلك عند عدة مراحل من التجربة وهي:

1 - عند زاوية 20 درجة لسبع وثمانية وستة وثلاثة وأربعة شفرات بالقياس الأساسي، ولأربعة بالقياس المضاعف، حيث يظهر في الجدول الرمز B7-20 أي الحالة المدروسة هي عدد الشفرات 7 والزاوية 20 درجة.

2 - عند زاوية تموضع قيمتها 10 درجة وذلك لسبع وثمانية وستة وثلاثة وأربعة شفرات بالقياس الأساسي ولأربعة بالقياس المضاعف.

3 - عند زاوية تموضع 30 درجة وذلك لثلاث شفرات فقط بالقياس الأساسي.

عبود، زيدان و مكارم

أيضاً يمكننا ملاحظة أنه في بعض الحالات كان لوجود شفرات تقويم الجريان أو كاسرات الدوامة أثر عكسي إذ أنه قد سببت ارتفاع في سرعة الجريان وانخفاض في كفاءة التوربين وذلك عند زاوية تموضع قيمتها 30 درجة لثمانية وأربعة شفرات بالقياس الأساسي ولأربعة بالقياس المضاعف.

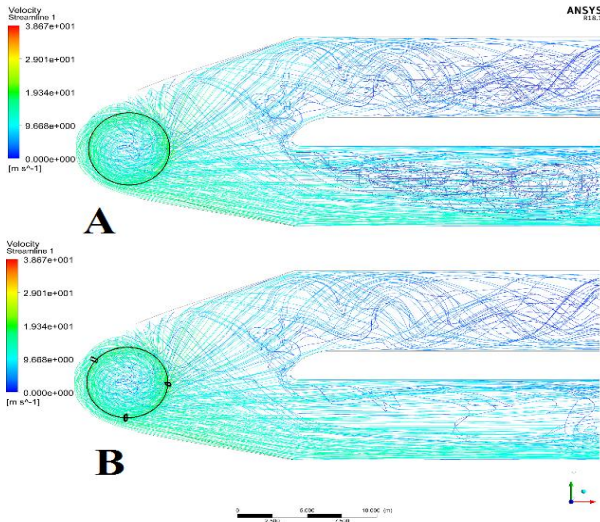
الجدول (9) تأثير شفرات تقويم الجريان على سرعة الجريان والفواقد والمردود في كل مرحلة من التجربة.

STATUS	V5(M/S)	$\sum h$	η_D
B7-20	3.37	2.32	0.86
B8-20	3.37	2.32	0.86
B7-10	3.37	2.32	0.86
B8-10	3.37	2.32	0.86
LB4-20	3.37	2.32	0.86
B4-20	3.37	2.32	0.86
B6-10	3.37	2.32	0.86
B3-10	3.37	2.32	0.86
LB4-10	3.37	2.32	0.86
B6-20	3.37	2.32	0.86
B3-20	3.37	2.32	0.86
B3-30	3.37	2.32	0.86
B4-10	3.37	2.32	0.86
B6-30	3.50	2.50	0.85
B7-30	3.53	2.54	0.84
WITHOUT BLADE	3.57	2.60	0.84
B8-30	3.64	2.70	0.83
B4-30	3.69	2.78	0.83
LB4-30	3.81	2.96	0.82

يبين الشكل أن أفضل كفاءة للقناة قد ترافقت مع أقل سرعة تم الحصول عليها نظراً لانخفاض الفواقد وهي لعدة حالات قد يكون أفضلها هي حالة:

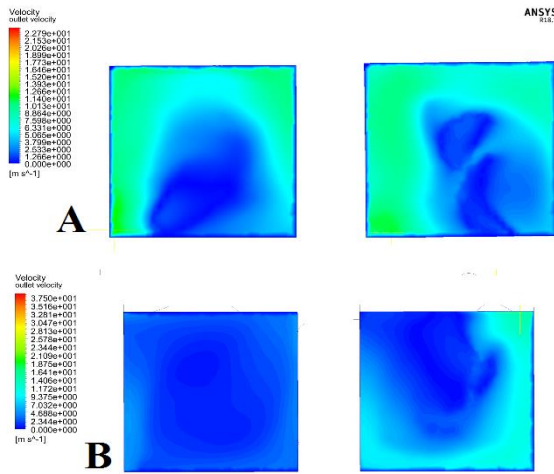
B3-10 - B3-20 - B3-30 أي حالة وجود ثلاث شفرات بزوايا تموضع مختلفة حيث أن تركيب ثلاث شفرات يعتبر

عبود، زيدان و مكارم



الشكل (10) خطوط الجريان في القناة الأصلية (A) والقناة المقترحة المزودة بريش تقويم الجريان (B).

يبين الشكل 11 أن سرعة الخروج تنخفض مع وضع كاسر دوامة، بينما تكون أعلى في القناة الأصلية، وعليه فإن الطاقة الحركية في القناة المقترحة تكون أقل من القناة الأصلية ذلك أنها استخدمت في رفع المردود.

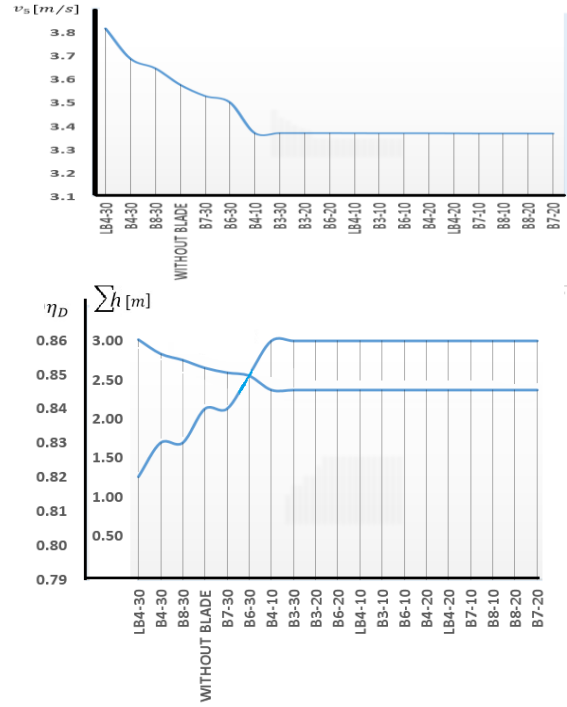


الشكل 11 محاكاة سرعة خروج السائل من قناة التصريف الأصلية (A) ومن القناة المزودة بريش تقويم الجريان (B).

بمناقشة حجم وعدد كاسرات الدوامات المستخدمة نلاحظ أنه عندما تم استخدام أنبوب التصريف مع كاسر دوامات بشفرات تقويم جريان كبيرة الحجم، مع تموضع زاوي معين فقد أثر ذلك

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

الأفضل من حيث التكاليف الاقتصادية للمشروع وسنعمد حالة الزاوية 20 كونها الأفضل وفقاً للمراجع المدروسة [5,4].



الشكل (9) مخطط بياني يوضح تأثير شفرات تقويم الجريان على سرعة الجريان والفواقد والمردود في كل مرحلة من التجربة.

يبين الشكل 10 مقارنة بين جريان السائل ضمن الأنبوب الأصلي وجريانه ضمن الأنبوب المقترح.

حيث أنه بالمقارنة بين الشكل 10 (A) والشكل 10 (B) ، من الواضح أن التدفق عند مدخل القناة لم يتأثر لكن بعد المرور في ناشرة الدخول فإن التدفق بالقرب من الجدار قد تغير، وتم تخفيض الاضطراب والدوران في الأنبوب المقترح، أي أن قيمة سرعة الجريان في القناة الأصلية أعلى من قيمتها في القناة المقترحة وبذلك يتم استثمار الطاقة الحركية الضائعة في زيادة الضاغط على الدوالب العامل وبالتالي زيادة الكفاءة من خلال كاسر الدوامات المقترح وهو مجموعة ريش تقويم الجريان والذي قام بتنظيم الدوامات المضطربة بحيث تنخفض السرعة ويستقر جريان السائل بدلاً من تأرجحه واضطرابه.

تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....

سلباً وانخفضت كفاءة التوربين هذا عدا عن تكاليف تصميم الريش بهذه الأبعاد

ولكن عندما تم تثبيت كاسر دوامة بشفرات تقويم صغيرة الحجم في أنبوب التصريف، ارتفعت كفاءة التوربين،

ومع ذلك، فقد وجد أن كفاءة التوربين قد تحسنت، عندما تم تثبيت 3 من كاسرات الدوامات ذات الريش الصغيرة وهذا المقترح يعتبر أفضل الخيارات نظراً لكلفته الاقتصادية الصغيرة بالمقارنة مع باقي الأنواع المقترحة من كاسرات الدوامات.

يمكن أن نلاحظ من الشكل أن كاسر الدوامة بثلاثة ريش يمكن أن تسبب دوامات صغيرة عكس الدوامة الأصلية الناتجة عن الدولاب العامل، وبهذه الطريقة، فإنها تساعد على ضبط وتقليل انفصال الطبقة الحدية، مما يؤدي إلى تحسين تماثل التدفق عبر المقطع العرضي وإزالة الاضطراب منه عن طريق كسر بعض الدوامات الحلزونية التي كانت تظهر في أنبوب التصريف الأصلي.

ووفقاً لنتائج المحاكاة الحاسوبية يمكن تلخيص ما سبق على الشكل التالي:

تم العمل على تحسين كفاءة قناة التصريف للتوربين المائي باستخدام كاسر دوامة، وتم استخدام محاكاة حاسوبية للتوربين الهيدروليكي، وتمت مقارنة كفاءة التوربين المحسوبة مع النتائج المقاسة، فمن أجل تحسين كفاءة التوربين الهيدروليكي، تم تركيب 18 نوع من كاسرات الدوامات في قناة التصريف، وتم محاكاتها جميعها باستخدام نفس الطريقة، واستناداً إلى كفاءات التوربين، وتوزيع خطوط الانسياب والجريان، والسرعات، والضغوط في قناة التصريف، تم العثور على شكل مناسب، والذي يمكن أن يزيد من كفاءة هذا التوربين الهيدروليكي حوالي 2% وعليه تم حساب كفاءة التوربين مع الشكل الأفضل لقناة التصريف وذلك مع ثلاثة شفرات لتقويم الجريان بتوضع زاوية 20 درجة عن محور العنفة، من أجل مراعات التكاليف الاقتصادية.

عبود، زيدان و مكارم

ويمكن حساب قيمة التحسين في القدرة الناتجة عن هذا التعديل كما يلي:

الاستطاعة قبل التعديل:

$$P[MW] = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot \eta}{10^6}$$

$$P = \frac{9810 \times 297 \times 46 \times 0.82}{10^6}$$

$$P = 110 [MW]$$

الاستطاعة بعد التعديل:

$$P[MW] = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot \eta}{10^6}$$

$$= \frac{9810 \times 297 \times 46 \times 0.84}{10^6}$$

$$P = 112.6 [MW]$$

حيث: $\eta = 0.82$ هو المردود الكلي قبل التعديل شاملاً جداء جميع قيم المردود في العنفة (مردود القناة $\eta_{dt} = 0.84$ بالإضافة لمردود باقي عناصر المنظومة)، كما أنه في علاقة الاستطاعة بعد التعديل وضعنا قيمة $\eta = 0.84$ المردود الكلي قبل التعديل شاملاً جداء جميع قيم المردود في العنفة (مردود القناة $\eta_{dt} = 0.86$ بالإضافة لمردود باقي عناصر المنظومة)، حيث أن أي زيادة لأي عنصر في العنفة ينعكس على مردود العنفة ككل، فزيادة مردود القناة 2% سبب زيادة مماثلة للمردود الكلي بمقدار 2%.

الزيادة في الاستطاعة للعنفة الواحدة هي $2.6[MW]$

ومن أجل 8 عنفات تكون الزيادة $21[MW]$

النتائج:

1. يمكن أن يسبب كاسر الدوامة بعض الدوامات على طول الجدار في الماء، ويكون لحجم ريش هذا الكاسر تأثير قوي على حجم دواماته، في حين أن المسافة بين ريش هذا الكاسر لها تأثير على قوة الدوامات، وإذا كان حجم كاسر الدوامة كبيراً جداً، فسوف ينتج عنه الكثير من الاضطرابات في التدفق، مما يسبب ضرراً أكبر من الفائدة وعليه فإن الحجم الأصغر هو الأفضل.

- تأثير ريش تقويم الجريان على الأداء الهيدروليكي.....
2. عندما تم وضع كاسر دوامة بريش تقويم الجريان مناسبة في أنبوب التصريف، زادت كفاءة القناة بنسبة 2%.
 3. يمكن استخدام كاسر دوامة بريش تقويم الجريان لتحسين كفاءة التوربين لمشروع الأنبوب، ليس فقط في ظروف العمل المثلى ولكن أيضًا في حالات أخرى.
 4. إن المقترح الجديد لتصميم القناة والذي اعتمد على تخفيض سرعة الخروج وتقليل الاضطرابات الناتجة عن الدوامة الأصلية ساهم بزيادة قيمة المردود الكلي بمقدار 2% الأمر الذي زاد استطاعة العنفة الواحدة بمقدار $2.6[MW]$ وبالتالي زيادة استطاعة المنشأة بمقدار $21[MW]$.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References:

- 1- أ. بارمود، أ. بيجاليف، تقرير نهائي عن فحص المنشآت المائية لسدي الفرات والبعث لتقييم حالة المنشآت ووضع توصيات لتحسين معايير الأمان، الشركة المساهمة" المركز الهندسي UES الروسي، معهد هيدروجيكت، موسكو -2004.
- 2- غسان زيدان، الآلات المائية، منشورات جامعة البعث، 2007.
- 3- عاصم قداح، علي خلوف، فريد أبو حامد، حكمت الأحمد: آلات الجريان، منشورات جامعة دمشق، -2010
2011.
- 4- В.ВБАРЛИТ,ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ
ТУРБИНЫ , КИЕВ , 1977.
- 5- профессора А. А. Морозова, ТУРБИННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ,
Государственное Энергетическое
Издательство, Москва, 1958, Ленинград.
- 6- S.J.Juk, euphrates project in the syrian arab
republic, engineering report, volume1,
drawings, prepared by all-union design,
Surveying and Research Institute
HYDROPROJECT named after S. J. Zhuk,
moscow 1977.
- 7- ANSYS Fluent User's Guide USA, Southpointe,
November 2013.
- 8- Abbas . A, Kumar. A, Development of draft
tube in hydro-turbine: A Review, International
Journal of Ambient Energy• October 2015.
- 9- François AVELLAN, Introduction to cavitation
in hydraulic machinery, the 6th International
Conference on Hydraulic Machinery and
Hydrodynamics Timisoara, Romania, October
21 - 22, 2004.