جامعة الشيخ عبد الله البدري

كلية الهندسة

قسم الهندسة الميكانيكية

الاستفادة من تيارات مياه الأنهار في توليد القدرة

(Utilization of River Water Currents to generate power)

بحث مقدم للإستيفاء الجزئي للحصول على درجة بكالوريوس الشرف في الهندسة الميكانيكية

إعداد الطلاب:

عمر الياس البشاري الخضر

شريف علي شريف محمد

إشراف الدكتور /

أسامة محمد المرضي سليمان خيال

ديسمبر 2024 م

بسم الله الرحمن الرحيم

آية قرآنية

قال تعالى (أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَالَتْ أَوْدِيَةٌ بِقَدَرِهَا فَاحْتَمَلَ السَّيْلُ زَبَدًا رَابِيًا وَمِمَّا يُوقِدُونَ عَلَيْهِ فِي النَّارِ ابْتِغَاءَ حِلْيَةٍ أَوْ مَتَاعٍ زَبَدٌ مِثْلُهُ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْحَقَّ وَالْبَاطِلَ فَأَمَّا الزَّبَدُ فَيَذْهَبُ جُفَاءً وَأَمَّا مَا يَنْفَعُ النَّاسَ فَيَمْكُثُ فِي الْأَرْضِ كَذَلِكَ يَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ) [الرعد: 17].

إهداء

DEDICATION

إلي كل من رفع راية العلم. وكل من ناضل من أجل التطور والنماء...

إلي أجيالنا الناشئة التي تبتغي التقدم والرقي لوطننا الحبيب الغالي ...

...

إلي معلم البشرية وأفضل البشر خلقا وأخلاقا

سيدنا محمد (صلي الله عليه وسلم)

إلي الينبوع الذي لا يمل العطاء ...

الوالد العزيز

إلي ينبوع الحنان ...

الأم الغالية

إلي معقل العلم وقلعة المعرفة ...

كلية الهندسة

إلي معقل العلم والمعرفة والعطاء ...

أساتذتنا الأجلاء

إلي رفقاء الدرب...

شكر وتقدير

(Acknowledgement)

الحمد الله الذي هدانا وأعاننا على إتمام هذا المشروع، ومنحنا القوة والعزيمة لتحقيق هذا الإنجاز وأقدم أعمق الشكر والامتنان الصادق لكل من ساهم في نجاح هذا العمل.

نخص بالشكر المشرف: دكتور أسامة محمد المرضي سليمان الذي شاركنا علمه وخبراته، وكان مرشدنا ومصدر دعمنا، وله منا كل الاحترام والتقدير.

كما نود أن نعبر عن خالص شكري لجميع أساتذتنا الكرام، الذين قدموا لنا بسخاء المعرفة والنصح، وكانوا دائما مصدر إلهام وتشجيع.

ولا ننسي أن نشكر زملائنا، الذين كانوا شركاء في هذه الرحلة وشاركونا جميع التحديات والنجاحات لقد كانت روح العمل الجماعي حقا عنصرا أساسيا في تميزنا.

نتوجه بالشكر الخاص إلي عائلاتنا العزيزة. التي كانت ولا تزال مصدر دعمنا الأول، حيث قدمت لي كل الدعم المعنوي والمادي الذي إحتجناه وسهرت من أجل أن نحقق هذا النجاح.

نسأل الله أن يمنحنا جميعا النجاح المستمر في مسيرتنا المستقبلية وأن يجزي الجميع خير الجزاء وان يوفقنا لما فيه الخير دائما، وأن يكون هذا المشروع حجر اساس نحو مستقبل مشرق.

فهرس المحتويات

Table of Contents

الموضوع		رقم الصفحة
آية قرآنية		ii
إهـــــــــــداء		iii
شكر وتقديـــــر		iv
فهرس المحتويات		v
ملخص		ix
Abstract in English		x
الفصل الأول: مقدمة		
مقدمة عامة	1.1	1
استخدامات الطاقة المائية	1.2	3
الهدف من الدراسة	1.3	4
الفصل الثاني: مراجعات أدبية		
مدخل	2.1	6
اختراعات في تكنولوجيا التوربينات	2.2	8
أول مشاريع الطاقة الكهرومائية	2.3	8
قرن من التغيرات السريعة	2.4	9
زيادة التركيز على الاستدامة	2.5	9
حقبة جديدة للطاقة الكهرومائية	2.6	10
الطلب على الطاقة في الاقتصادات الناشئة	2.6.1	10
الاستثمار والتجارة بين الجنوب والجنوب	2.6.2	11

2.6.3	الاتفاقيات والأهداف المتعددة الأطراف	11
2.6.4	الدعم من البنك الدولي والمؤسسات المالية الدولية	11
2.7	المستقبل	12
الفصل الثالث: الإستخدامات العالمية المتعددة لتوربين تيارات المياه		
3.1	الأنهار	14
3.1.1	السدود	14
3.1.2	جريان النهر	15
3.1.3	تيارات المياه	15
3.2	المحيطات	16
3.2.1	سد المد والجزر	16
3.2.2	تيار المد والجزر	16
3.2.3	الموجات	16
3.2.4	تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات	17
3.2.5	تكييف الهواء الحراري للمحيطات/البحيرات	17
الفصل الرابع: الإستخدامات المحلية لتوربين تيارات المياه		
4.1	مدخل	18
4.1.1	التوليد المائي	18
4.1.2	طاقة المد والجزر وطاقة موج البحر	18
4.1.3	توليد الكهرباء من طاقة امواج البحر	18
4.2	نشأة الخزانات والسدود في السودان	19
4.2.1	أهداف إنشاء السدود في السودان	19
4.2.2	مميزات السدود	19
4.2.3	مميزات التوليد المائي	20
الفصل الخامس: الفصل الخامس: توربينات التيار المائي في السودان		

5.1	مدخل	21
5.2	تفاصيل التصميم	23
5.3	الأداء	24
5.3.1	سرعة النهر	24
5.3.2	عمق النهر	24
5.3.3	ارتفاع الضفة	24
5.4	تصنيع الوحدة التوربينية	25
الفصل السادس: توربينات تيار المياه في عطبرة المثبتة على ألواح الأسطح العائمة		
6.1	مقدمة	26
6.2	نظريات الجنيحات الهوائية	30
6.2.1	تعريفات الجنيحات الهوائية	30
6.2.2	مصطلحات الأجنحة الهوائية	30
6.2.3	المتغيرات الهندسية	30
6.2.4	أنواع الأجنحة أو الجنيحات الهوائية	31
6.2.4.1	الأجنحة الهوائية المتماثلة	31
6.2.4.2	الأجنحة الهوائية غير المتماثلة	31
6.3	توليد الرفع والسحب	31
6.4	الاستنتاجات	34
الفصل السابع: الخاتمة		
7.1	مدخل	35
7.2	تكلفة الوحدة التوربينية	35
7.3	العمل المستقبلي	36
المراجع		

	المراجع	37

ملخص

(Abstract)

تتضمن الدراسة المواضيع التالية:

1/ مقدمة عامة عن توربينات التيار المائي من حيث الاعتبارات الآتية: استخدامات الطاقة المائية، والهدف من الدراسة.

2/ مراجعات أدبية تشتمل علي:

مدخل، اختراعات في تكنولوجيا التوربينات، أول مشاريع الطاقة الكهرومائية، قرن من التغييرات السريعة، زيادة التركيز على الاستدامة، حقبة جديدة للطاقة الكهرومائية، المستقبل.

3/ الاستخدامات العالمية المتعددة لتوربينات تيارات المياه من وجهة نظر:

مدخل، الأنهار، والمحيطات.

4/ الاستخدامات المحلية المتعددة لتوربينات تيارات المياه من وجهة نظر:

مدخل، ونشأة الخزانات والسدود في السودان.

5/ توربينات التيار المائي في السودان من حيث:

مدخل، تفاصيل التصميم، الأداء، وتصنيع الوحدة التوربينية.

6/ دراسة حالة: توربينات تيار المياه في عطبرة المثبتة على ألواح الأسطح العائمة من وجهات نظر:

مقدمة، نظريات الجنيحات الهوائية، توليد الرفع والسحب، والاستنتاجات.

7/ الخاتمة من حيث الاعتبارات التالية:

مدخل، تكلفة الوحدة التوربينية، والعمل المستقبلي.

Abstract in English

This study includes the following topics:

1. A general introduction to hydro-kinetic turbines concerning the following considerations: uses of hydropower, and the objective of the study.
2. Literature reviews that include:
    - Introduction
    - Innovations in turbine technology
    - Early hydropower projects
    - A century of rapid changes
    - Increased focus on sustainability
    - A new era for hydropower
    - The future.
3. The multiple global uses of hydro-kinetic turbines from the perspective of:
    - Introduction
    - Rivers and oceans.
4. The multiple local uses of hydrokinetic turbines from the perspective of:
    - Introduction

- The emergence of reservoirs and dams in Sudan.

5. Hydro-kinetic turbines in Sudan in terms of:
    - Introduction
    - Design details
    - Performance
    - Turbine unit manufacturing.
6. A case study: Hydro-kinetic turbines in Atbara mounted on floating solar panels from the perspectives of:
    - Introduction
    - Blade aerodynamics theories
    - Lift and drag generation
    - Conclusions.
7. Conclusion regarding the following considerations:
    - Introduction
    - Cost of the turbine unit
    - Future work.

الفصل الأول

مقدمة

(Introduction)

1.1 مقدمة عامة: (General Introduction)

أصبحت الحاجة إلى طرق بديلة في كيفية توليد الطاقة واضحة بشكل متزايد نظرا لدور الوقود الأحفوري وتغير المناخ ومعدل استنفاد هذا الوقود. ومع هذا الفهم جاء تطوير العديد من أشكال الطاقة المتجددة. أحدي هذه الترشيحات الواعدة هي الطاقة الهيدروليكية الحركية (الهيدروحركية). يعد هذا مجالًا متناميًا في مجال الطاقة المتجددة، أي تحويل الطاقة الهيدروليكية الحركية إلى كهرباء باستخدام التوربينات. تم تصميم هذه الفئة من التقنيات للاستفادة من مصدر الطاقة غير المستغل بعد، الطاقة الهيدروليكية الحركية، هي تقنية جديدة واعدة لا تزال في مراحل البحث والتطوير.

تشير الطاقة الحركية إلى توليد الطاقة من تدفق أو تيارات أو سرعة الماء. وبما أن الطاقة الحركية المائية تعتمد ببساطة على سرعة الماء، فيمكن وضع الأنظمة في مصادر المياه المتدفقة مع الحد الأدنى من البنية التحتية أو التغييرات في البيئة.

لقد تم استخدام مصطلح التوربينات الهيدروحركية منذ فترة طويلة بالتبادل مع مرادفات أخرى مثل توربينات تيار الماء (WCT)، والتوربينات المائية ذات السمت المنخفض للغاية، وتوربينات التدفق الحر (مما يعني عدم استخدام سدود، خزانات أو تعزيز التدفق). بالنسبة للأنهار أو الممرات المائية الاصطناعية، يتم تحديد نفس التقنية عمومًا باسم توربينات تيار النهر (RCT)، أو نظام تحويل طاقة تيار النهر (RCECS)، أو محول الطاقة داخل مجرى النهر (RISEC)، أو باختصار، توربينات النهر.

توفر الطاقة الهيدروحركية طاقة متجددة بدون تلوث أو انبعاث غازات دفيئة. تتميز الطاقة الحركية المائية أيضًا بكونها قابلة للتنبؤ بها وغالبًا ما تكون متاحة لمدة 24 ساعة يوميًا، مما يسمح بعوامل ذات قدرة عالية - ربما تصل إلى 98٪ سنويًا للتدفق. تسمح الطبيعة المشتتة للطاقة الهيدروحركية بالتوليد بمستويات تتراوح من بدائل الديزل والطاقة الموزعة إلى الطاقة على نطاق المرافق العامة والخاصة.

في جميع أنحاء العالم، هناك اهتمام كبير بإمكانية استخدام الطاقة الهيدروحركية كمصدر جديد كبير للطاقة النظيفة والموثوقة والمتجددة. وبدأت صناعة الطاقة الهيدروحركية في الظهور في العديد من البلدان. تحمل الطاقة الهيدروحركية وعدًا كبيرًا كمصدر طاقة محلي جديد وخالي من الكربون.

والأهم من ذلك، أن التطوير القوي لصناعة الطاقة الهيدروحركية سيزيد من قدرة البلدان على مكافحة تغير المناخ، والحد من استخدام المصادر الأحفورية لتوليد الطاقة، والحد من انبعاثات الهواء الضارة، والمساعدة في تلبية الطلب العالمي المتزايد على الكهرباء الجديدة في بطريقة مسؤولة بيئيا. وتعتمد الكثير من دول العالم إلى حد كبير على الديزل والفحم في توليد الكهرباء.

تمثل توربينات التيار المائي أو توربينات الطاقة الحركية قطاعًا جديدًا في سوق توليد الطاقة، حيث تستفيد من الطاقة الحركية في تيار متدفق من المياه.

إن استخدام الطاقة في مجرى مائي متدفق دون الحاجة إلى السدود أو التحويلات يمثل مصدرًا اقتصاديًا نظيفًا ومستدامًا بديلاً لتوليد الطاقة في العديد من المواقع التي لا يوجد فيها مثل هذا الخيار حاليًا أو حيث يكون توليد إضافي من المصادر النظيفة مرغوبًا فيه.

تتمتع هذه التكنولوجيا بمستقبل مشرق في كل من التطبيقات المستقلة والمتصلة بالشبكة لإنتاج الطاقة الموزعة أو المركزية، وهي أداة أخرى يمكن إضافتها إلى مزيج خيارات الطاقة المتجددة المتاحة حيثما توجد موارد مائية مناسبة. تتراوح هذه الموارد بين الأنهار الصغيرة ومجاري المياه التي من صنع الإنسان والتي يمكن استخدامها لتشغيل مسكن أو منتجع أو مجتمع صغير خاصة في المناطق الريفية التي تفتقر إلى اتصالات الشبكة الوطنية. يمكن أن تكون خيارات أنظمة الطاقة الهيدروحركية إما قائمة بذاتها أو متصلة بالشبكة ويمكن استخدامها في النهاية لتقديم مساهمة كبيرة في القدرة الإجمالية لتوليد الطاقة.

تمت دراسة استخدامات الطاقة الحركية للتيار المائي في توليد الكهرباء أو ضخها منذ فترة طويلة، والتي تهدف بشكل رئيسي إلى استخدامها في المناطق النائية.

تمتلك المياه طاقة يمكن الاستفادة منها بشكل كبير في مجالات عدة، مثل التنقل بالسفن واستخدام نواعير أو عجلات المياه 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.

وفي الثلاثينات من القرن الثامن عشر، في ذروة بناء القناة المائية استخدمت المياه للنقل الشاقولي صعودا ونزولا عبر التلال باستخدام السكك الحديدية.

كان نقل الطاقة الميكانيكية مباشرة يتطلب وجود الصناعات التي تستخدم الطاقة المائية قرب شلال. وخاصة خلال النصف الأخير من القرن التاسع عشر، واليوم يعتبر أهم استخدامات الطاقة المائية هو توليد الطاقة الكهربائية، مما يوفر الطاقة المنخفضة التكلفة حتى لو استخدمت في الأماكن البعيدة من المجرى المائي.

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.

1.2 استخدامات الطاقة المائية: (Uses of water energy)

النواعير (Waterwheels) التي استخدمت لمئات من السنين في المطاحن وتسيير الآلات...الخ. نواعير حماة وهي آلات مائية خشبية تدور بالقوة المائية وتتواجد على شواطئ نهر العاصي في مدينة حماة. وتنقل الماء منه بواسطة صناديق إلى حوض علوي ومنه يجري في قنوات محمولة على قناطر ليسقي المدينة وبساتينها. أطلق عليها لقب أروع نواعير بنيت على الإطلاق، وأُدخلت في القائمة الإرشادية المؤقتة لمواقع التراث العالمي لليونسكو عام 1999. وأصل تسمية الناعورة لغوياً من فعل نَعَر بمعنى أحدث صوتاً فيه نعير، والنعير هو صوت يصدر من أقصى الأنف وسميت بالناعورة لصوتها.

الطاقة الكهرومائية (Hydroelectric energy)، والمقصود هنا السدود والمنشآت النهرية التي تنتج الكهرباء. الطاقة الكهربائية هي أحد أنواع الطاقة الموجودة في الطبيعة، يمكن الحصول على الطاقة الكهربائية من الطبيعة عن طريق الصواعق والاحتكاك ولكن هذا صعب وغير مجدٍ اقتصادياً. ولكن يمكن توليد الطاقة الكهربائية بعدة طرق أخرى منها الكيميائية مثل البطاريات أو عن طريق تحويل الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية وذلك بتحريك سلك موصل في مجال مغناطيسي كما في المولدات الكهربائية أو بتسخين مزدوج حراري كما في المزدوجة الحرارية.

في البطاريات تكون الكهرباء المتولدة ذات تيار مستمر.

في المولدات الكهربائية تكون الكهرباء المولدة في الغالب ذات تيار متناوب ويمكن أن تكون الكهرباء ذات تيار مستمر.

الطاقة الكهربائية هي إحدى الصور المهمة للطاقات التي تستخدم في شتى المجالات والتي لا غنى عنها في حياتنا اليومية في الاستخدامات المنزلية كالإنارة والتدفئة وتشغيل الأجهزة الكهربائية المنزلية وكافة المجالات الأخرى مثل الصناعة والاتصالات والمجالات العلمية.

طاقة المد والجزر (Tidal power)، وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه الأفقي. طاقة المد والجزر أو الطاقة القمرية هي نوع من طاقة الحركة التي تكون مخزّنة في التيارات الناتجة عن المد والجزر الناتجة بطبيعة

الحال عن جاذبية القمر والشمس ودوران الأرض حول محورها وعليه تُصنف هذه الطاقة على انها طاقة متجددة.

الكثير من الدول الساحلية بدأت الاستفادة من هذه الطاقة الحركية لتوليد الطاقة الكهربائية وبالتالي تخفيف الضغط عن محطات الطاقة الحرارية، والنتيجة تخفيف التلوث الصادر عن المحطات الحرارية التي تعمل بالفحم أو بالبترول.

طاقة التيار المدي (Tidal stream power) وهي استغلال طاقة المد والجزر في الاتجاه العمودي.

طاقة الأمواج (Wave power) التي تستخدم الطاقة على شكل موجات. الطاقة الموجية هي نقل الطاقة من أمواج المحيط السطحية، وتسخيرها في اشغال ميكانيكية مفيدة مثل توليد الكهرباء، تحلية المياه أو ضخ المياه إلى المخازن المائية.

وتعتبر أحد أنواع الطاقة المتجددة. وهي تختلف كليا عن طاقة المد والجزر. ولا زالت تقنية الطاقة الموجية حاليا غير موظفة تجاريا مع العلم بوجود بوادر استعمالها منذ عام 1890م على الأقل. وتوجد أول مزرعة موجية في العالم في البرتغال، وتحتوي على ثلاث محولات بقوة 750 كيلو واط للمحول الواحد.

تتميز الطاقة الموجية عن طاقة المد والجزر، التي تلتقط طاقة التيار الناتجة عن قوة الجاذبية للشمس والقمر. كما يختلف كل من الأمواج والمد والجزر عن تيارات المحيط التي تسببها قوى أخرى، بما في ذلك موجات الارتطام والرياح وتأثير كوريوليس والفروق في درجة الحرارة ونسبة الملوحة.

لا يُعتبر توليد الطاقة الموجية تكنولوجيا تجارية مُستخدمة على نطاق واسع مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى مثل طاقة الرياح والطاقة المائية والشمسية. ومع ذلك، كانت هناك محاولات لاستخدام مصدر الطاقة هذا منذ عام 1890 على الأقل، وذلك عائد بشكل رئيسي إلى كثافة الطاقة العالية. وعلى سبيل المقارنة، تبلغ كثافة الطاقة للوحات الضوئية الجهدية 1 كيلو واط/متر مربع عند ذروة الإشعاع الشمسي، وتبلغ كثافة طاقة الرياح 1 كيلو واط/متر مربع في 12 م/ثانية. بينما يبلغ متوسط كثافة الطاقة السنوية للموجات، على سبيل المثال على ساحل سان فرانسيسكو 25 كيلو واط/متر مربع.

وفي عام 2000، تم تركيب أول جهاز تجاري لتوليد الطاقة بالموجات على ساحل جزيرة آيلا في اسكتلندا، ووُصِلَ بالشبكة الوطنية. وفي عام 2008، افتُتِحَت أول مزرعة تجريبية لطاقة الأمواج متعددة المولدات في البرتغال في متنزه أجوسادورا ويف بارك.

1.3 الهدف من الدراسة: (The Aim of the Study)

يهدف هذا البحث الي كيفية الاستفادة من الطاقة الهيدروليكية المتوفرة الناتجة من السرعات العالية لتيارات مياه الأنهار وتحويلها الي طاقة مناسبة لاستخدامات الانسان مثل طاقة ميكانيكية أو طاقة كهربائية.

من خلال هذه الدراسة سيتم التعرف على الآتي:

1/ أهمية طاقة جريان الأنهار في توليد الطاقة.

2/ فذلكة تأريخية لاستخدام الانسان للطاقة عبر العصور.

3/ نشأة تأريخية لاستخدامات الطاقة المائية.

4/ مقارنة بين توربين سرعة تيارات المياه ومحرك الديزل من وجهات نظر متعددة.

الفصل الثاني

مراجعات أدبية

(Literature Review)

تاريخ موجز للطاقة الكهرومائية منذ بداياتها الأولى وحتى العصر الحديث

(A Brief History of Hydropower From its Earliest Beginnings to the Modern Era)

2.1 مدخل: (Introduction)

ظهرت بعض الابتكارات الأولى في استخدام المياه لتوليد الطاقة في الصين خلال عهد أسرة هان بين عامي 202 قبل الميلاد و9 بعد الميلاد. تم استخدام مطارق الرحلات التي تعمل بعجلة مائية عمودية لطحن الحبوب وتقشيرها وكسر الخام وفي صناعة الورق المبكرة.

لقد ارتبط توفر الطاقة المائية منذ فترة طويلة ارتباطًا وثيقًا ببدء النمو الاقتصادي. عندما أنشأ ريتشارد أركرايت مطحنة كرومفورد في وادي ديروينت بإنجلترا عام 1771م لغزل القطن، وبالتالي أنشأ أحد أنظمة المصانع الأولى في العالم، كانت الطاقة الكهرومائية هي مصدر الطاقة الذي استخدمه.

بدأ استخدام طاقة تيار الماء في القرن الأول، حيث تم استخدام تيار ماء النهر لتشغيل طاحونة تحت الماء لسحق الذرة. تم استخدام الطاحونة الأولى في القرن الرابع في الشرق الأوسط بعمود أفقي، ثم تم تطويرها لتكون بعمود عمودي. وفي بداية الثورة الصناعية، استخدمت الطاحونة في أوروبا والولايات المتحدة لضخ المياه وقطع الأخشاب. الطريقة الأقل شهرة لاستخراج الطاقة من تدفقات المد والجزر والتدفقات الأخرى هي تحويل الطاقة الحركية أو طاقة السرعة لتحريك المياه مباشرة إلى عمود ميكانيكي دون مقاطعة التدفق الطبيعي بطريقة مشابهة لتوربينات الرياح. هذه الفكرة ليست جديدة تمامًا حيث تم بحثها من قبل جامعة ريدينغ في المملكة المتحدة في عام 1979م، ومن قبل ديفيس في كندا وهيلتون في أستراليا في نفس الفترة تقريبًا. وقد تم استخدامها في أفريقيا على نطاق صغير في أوائل الثمانينات لاستخراج الطاقة من التيارات النهرية. ومع ذلك، فإن فكرة استخدام التدفق الحالي على نطاق واسع هي فكرة جديدة. وحتى عام 1991م، لم يشر كتاب كامل عن طاقة المد والجزر إلى هذا المفهوم. الآن فقط يتم استكشاف هذا المفهوم للاستخدام على نطاق أوسع.

إن التحويل المباشر للطاقة الحركية بواسطة توربين في التدفق المفتوح يسخر قدرًا أقل من إجمالي الطاقة المتاحة في تدفق المد والجزر في مصب النهر مما يمكن استخلاصه عن طريق بناء السدود على المصب بأكمله. ومع ذلك، فإن التحويل المباشر له العديد من المزايا:

1. يتم التخلص من التكلفة الرأسمالية للأعمال المدنية.

2. يتم تقليل تعطيل النظم البيئية وحركة القوارب.

3. يمكن استخدام تيارات المحيط والتيارات الناجمة عن الرياح وتدفقات الأنهار وكذلك تدفقات المد والجزر.

هنا في السودان، جميع أنواع الطاقة المتجددة المذكورة أعلاه موجودة على نطاق واسع وبوفرة، ولكن لم يتم بعد إدخال التكنولوجيا المناسبة لاستغلالها.

كانت الطاقة الطبيعية للنهر الجاري أو الجدول محل اهتمام لإنتاج الكهرباء لسنوات عديدة. تتنوع تكنولوجيا الطاقة الكهرومائية صغيرة النطاق، وقد تم تطوير وتجريب مفاهيم مختلفة، أي توربينات تيار مائي تبلغ وحدة إنتاج الطاقة حوالي 0.5 - 5 كيلو واط. ومن المفترض أن تستخدم هذه التوربينات في تطبيقات الكهرباء المنزلية مثل الإضاءة وشحن البطاريات والثلاجات الصغيرة ووحدات الضخ الصغيرة. الوحدات صغيرة ورخيصة الثمن وغالباً ما تكون مملوكة ومركّبة ومستخدمة من قبل عائلة واحدة.

لقد حظيت توربينات التيار المائي باهتمام متزايد في أجزاء كثيرة من العالم. هناك مجالان رئيسيان حيث يمكن استخدام هذه التوربينات لأغراض الضخ أو توليد الطاقة هما تيارات المد والجزر ومجاري الأنهار. سيركز هذا البحث على توربينات التيار المائي لتطبيقات الأنهار. تولد هذه التوربينات الطاقة من الطاقة الحركية لتيار الماء المتدفق دون استخدام السدود. يمكن تركيب توربينات تيار الماء في أي تدفق بسرعة تزيد عن 0.5 م/ث. ونظرًا لانخفاض تكاليف الاستثمار ورسوم الصيانة، فإن هذه التكنولوجيا فعالة من حيث التكلفة مقارنة بالتقنيات الأخرى. يعتبر هذا النوع من الطاقة الكهرومائية صغيرة الحجم صديقًا للبيئة، مما يعني أنه لا توجد انبعاثات سامة مثل تلك المنبعثة من محركات الديزل. يمكن أن تكون توربينات تيار المياه صغيرة الحجم حلاً لأغراض الضخ وإمدادات الطاقة في المناطق النائية.

تعتبر الطاقة الحركية للتيارات المائية النهرية مصدر طاقة يمكن الاعتماد عليه لتشغيل المطاحن والمضخات والمولدات الكهربائية وغيرها. وتمثل سرعة التيار البالغة (واحد م/ث) تدفق طاقة قدره 500 وات لكل متر مربع من المقطع العرضي للنهر. بدأت محاولات استغلال هذه الطاقة لأغراض الضخ في عام 1975م في كلية الهندسة الميكانيكية بعطبرة من خلال مشروع السنة النهائية للطلاب. كانت فكرة هذا المشروع هي تصميم

وإنشاء بيانات تجريبية لمضخة مكبسية مدفوعة بعجلة مائية عائمة مثبتة على صفائح عائمة ذات أسطح طافية. وبعد عدة محاولات خلال العشرين سنة الماضية، تم التوصل إلى نهج ناجح، حيث تم استخدام توربين ثلاثي الشفرات يقود مضخة طرد مركزي عادية من خلال ناقل الحركة المتزايد السرعة، وهو ما عرف فيما بعد بالتوربين المائي الحالي.

2.2 اختراعات في تكنولوجيا التوربينات: (Inventions in Turbine Technology)

حدثت بعض التطورات الرئيسية في تكنولوجيا الطاقة الكهرومائية في النصف الأول من القرن التاسع عشر. في عام 1827م، قام المهندس الفرنسي بينوا فورنيرون بتطوير توربين قادر على إنتاج حوالي 6 حصان وهو الإصدار الأقدم من توربين رد الفعل فورنيرون.

في عام 1849م، قام المهندس البريطاني الأمريكي جيمس فرانسيس بتطوير أول توربين مائي حديث - توربين فرانسيس - والذي يظل التوربين المائي الأكثر استخدامًا على نطاق واسع في العالم اليوم. في سبعينيات القرن التاسع عشر، قام المخترع الأمريكي ليستر آلان بيلتون بتطوير عجلة بيلتون، وهي توربينات مائية دافعة، حصل على براءة اختراعها في عام 1880م.

في القرن العشرين، طور البروفيسور النمساوي فيكتور كابلان توربين كابلان في عام 1913م - وهو توربين من النوع المروحي مزود بشفرات قابلة للتعديل.

2.3 أول مشاريـع الطاقة الكهرومائية: (The First Hydropower Projects)

تم استخدام أول مشروع للطاقة الكهرومائية في العالم لتشغيل مصباح واحد في منزل كراج ساید الريفي في نورثمبرلاند، إنجلترا، في عام 1878م. وبعد أربع سنوات، تم افتتاح أول محطة لخدمة نظام العملاء من القطاعين الخاص والتجاري في ويسكونسن، الولايات المتحدة الأمريكية، وفي غضون ذلك وبعد عقد من الزمن، كانت المئات من محطات الطاقة الكهرومائية قيد التشغيل.

في أمريكا الشمالية، تم تركيب محطات الطاقة الكهرومائية في غراند رابيدز، ميشيغان (1880)، أوتاوا، أونتاريو (1881م)، دولجيفيل، نيويورك (1881م)، وشلالات نياجرا، نيويورك (1881م). تم استخدامها لتزويد المطاحن وإضاءة بعض المباني المحلية.

وبحلول مطلع القرن، كانت التكنولوجيا تنتشر في جميع أنحاء العالم، حيث أنتجت ألمانيا أول نظام كهرومائي ثلاثي المراحل في عام 1891م، وأطلقت أستراليا أول محطة مملوكة للقطاع العام في نصف الكرة الجنوبي في عام 1895م. وفي عام 1895م، تم إنشاء أكبر محطة للطاقة الكهرومائية في العالم. تم إنشاء مشروع تطوير الطاقة الكهرومائية في ذلك الوقت، محطة إدوارد دين آدامز للطاقة، في شلالات نياجرا.

وبحلول عام 1900م، كانت المئات من محطات الطاقة الكهرومائية الصغيرة قيد التشغيل مع انتشار التكنولوجيا الناشئة في جميع أنحاء العالم. وفي الصين، في عام 1905م، تم بناء محطة كهرومائية على جدول شينديان بالقرب من تايبيه، بقدرة مركبة تبلغ 500 كيلوواط.

2.4 قرن من التغيرات السريعة: (A Century of Rapid Changes)

شهد القرن العشرين ابتكارات وتغيرات سريعة في تصميم منشآت الطاقة الكهرومائية.

السياسات التي سنها الرئيس الأمريكي فرانكلين روزفلت، بما في ذلك الصفقة الجديدة في الثلاثينيات، دعمت بناء العديد من المشاريع متعددة الأغراض مثل سدي هوفر وغراند كولي حيث تمثل الطاقة الكهرومائية 40 في المائة من توليد الكهرباء في البلاد بحلول عام 1940.

من الأربعينيات إلى السبعينيات، مدفوعًا في البداية بالحرب العالمية الثانية التي أعقبها نمو اقتصادي وسكاني قوي بعد الحرب، قامت المرافق المملوكة للدولة ببناء مشاريع كبيرة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء أوروبا الغربية، وكذلك الاتحاد السوفيتي وأمريكا الشمالية واليابان.

وكان يُنظر إلى الطاقة الكهرومائية منخفضة التكلفة على أنها إحدى أفضل الطرق لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة، وكانت ترتبط في كثير من الأحيان بتنمية الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل مصاهر الألومنيوم ومصانع الصلب.

على مدى العقود الأخيرة من القرن العشرين، أصبحت البرازيل والصين من زعماء العالم في مجال الطاقة الكهرومائية. تم افتتاح سد إيتايبو، الذي يمتد بين البرازيل وباراجواي، في عام 1984 بقدرة تبلغ 12600 ميجاوات . ثم تم توسيعه وترقيته منذ ذلك الحين إلى 14000 ميجاوات . ولا يفوقه حجماً اليوم سوى سد الخوانق الثلاثة في الصين الذي تبلغ طاقته 22500 ميجاوات.

وقد شهد نمو القدرات العقدية ركوداً في أواخر الثمانينات قبل أن يتراجع في التسعينات. ويعود ذلك إلى القيود المالية المتزايدة والمخاوف التي تم الإعراب عنها بشأن الآثار البيئية والاجتماعية لتطوير الطاقة الكهرومائية، والتي أوقفت العديد من المشاريع حول العالم.

وقد جف الإقراض وغيره من أشكال الدعم من المؤسسات المالية الدولية، وأبرزها البنك الدولي، في أواخر التسعينيات، مما أثر بشكل خاص على بناء الطاقة الكهرومائية في العالم النامي.

2.5 زيادة التركيز على الاستدامة: (Increased Focus on Sustainability)

ومع اقتراب نهاية القرن، حيث زاد الفهم العالمي للتأثيرات البيئية والاجتماعية، كانت هناك عملية إعادة تقييم قيمة الطاقة الكهرومائية ودورها في التنمية الوطنية. في عام 2000، تحدى تقرير تاريخي نشرته اللجنة العالمية للسدود (WCD) الممارسات الحالية وبدأ تغييرًا في تخطيط وتطوير الطاقة الكهرومائية نحو التركيز على الاستدامة والمجتمعات المتضررة.

بدأت الرابطة الدولية للطاقة الكهرومائية (IHA)، التي تم تشكيلها تحت رعاية اليونسكو في عام 1995م، العمل على المبادئ التوجيهية للاستدامة الخاصة بالرابطة الدولية للطاقة الكهرومائية في عام 2004م، والتي أخذت في الاعتبار الأولويات الاستراتيجية للمؤتمر العالمي للتنمية المستدامة، فضلاً عن سياسات الضمانات التي يتبعها البنك الدولي، ومعايير أداء مؤسسة التمويل الدولية، ومبادئ خط الاستواء. وأدت هذه المبادئ التوجيهية إلى تطوير بروتوكول تقييم استدامة الطاقة الكهرومائية (HSAP)، وهو أداة لأصحاب المصلحة المتعددين لتقييم المشاريع في جميع مراحل دورة حياتها.

أدت هذه التطورات إلى تحول جوهري في أفضل السبل لتخطيط وتطوير وتشغيل مشاريع الطاقة الكهرومائية، وأسفرت عن تقدير متزايد لدور التكنولوجيا في مكافحة تغير المناخ، والحد من الفقر وتعزيز الرخاء.

2.6 حقبة جديدة للطاقة الكهرومائية: (A New Era for Hydropower)

بعد وقت قصير من مطلع القرن الحادي والعشرين، اكتسبت تنمية الطاقة الكهرومائية زخما متجددا، وخاصة في جميع أنحاء آسيا وأميركا الجنوبية.

وفي الفترة بين عامي 2000م و2017م، تمت إضافة ما يقرب من 500 جيجاوات من القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء العالم، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 65%، مع تجاوز النمو منذ عام 2010م بالفعل النمو المسجل في العقد الأول من هذا القرن.

كان الارتفاع الكبير في القدرة المركبة والتوليد من الطاقة الكهرومائية مدفوعًا بمجموعة متنوعة من العوامل المترابطة في كثير من الأحيان، أبرزها:

2.6.1 الطلب على الطاقة في الاقتصادات الناشئة: (Demand for Energy in Emerging Economies)

كانت البلدان النامية، بما في ذلك البرازيل والصين، بحاجة إلى مصدر للكهرباء ميسور التكلفة وموثوق ومستدام لدعم النمو الاقتصادي السريع. منذ عام 2000م، ضاعفت الصين قدرتها المركبة بأكثر من أربعة

أضعاف لتصل إلى 341 جيجاوات (2017م)، وهو ما يمثل أكثر من نصف طاقة العالم من نمو قدرة الطاقة الكهرومائية.

2.6.2 الاستثمار والتجارة بين الجنوب والجنوب: (South-to-South Investment and Trade)

وقد أصبح ازدهار الاستثمار والتجارة فيما بين بلدان الجنوب (بين البلدان النامية) مصدراً بالغ الأهمية لتمويل الطاقة الكهرومائية ونقل التكنولوجيا. وفي الفترة من عام 2004م إلى عام 2012م، زادت التجارة بين الجنوب والجنوب في منتجات ومعدات الطاقة الكهرومائية من أقل من 10 في المائة من إجمالي التجارة العالمية إلى ما يقرب من 50 في المائة.

وأصبحت بنوك التنمية الوطنية ومستثمرو القطاع الخاص من الاقتصادات الناشئة مثل الصين والبرازيل وتايلاند من المساهمين الرئيسيين في الاستثمار الأجنبي المباشر، الذي كان يقدمه في الماضي إلى حد كبير وكالات التنمية الدولية وبنوك التنمية المتعددة الأطراف.

وكجزء من استراتيجية "الخروج" التي تنتهجها الحكومة الصينية ومبادرة الحزام والطريق، استثمرت الشركات والبنوك الصينية ما يقرب من 25 مليار دولار أمريكي في مشاريع في الخارج بين عامي 2000م و2016م، وأصبحت في هذه العملية رائدة على مستوى العالم في تطوير الطاقة الكهرومائية.

2.6.3 الاتفاقيات والأهداف المتعددة الأطراف: (Multilateral Agreements and Goals)

شهد العقد الماضي اعترافًا أكبر بدور الطاقة الكهرومائية في تحقيق نتائج التنمية المتفق عليها دوليًا، مثل أهداف التنمية المستدامة والأهداف المناخية بما في ذلك اتفاق باريس التي أثرت على أهداف السياسة الوطنية. وقد استفادت مشاريع الطاقة الكهرومائية الصغيرة (أقل من 20 ميجاوات) على وجه الخصوص من آلية التنمية النظيفة التي تم تقديمها بموجب بروتوكول كيوتو، الذي كان بمثابة مقدمة لاتفاق باريس، لتشجيع التنمية النظيفة والمستدامة.

2.6.4 الدعم من البنك الدولي والمؤسسات المالية الدولية: (Support from the World Bank and IFIs)

زاد الإقراض من البنك الدولي لتنمية الطاقة الكهرومائية من بضعة ملايين من الدولارات في عام 1999 إلى ما يقرب من 2 مليار دولار أمريكي في عام 2014م. كما قام البنك الدولي بتوسيع دوره من "المستثمر الرئيسي" إلى "الداعي" المهم الذي يقدم المساعدة في المعرفة التقنية وجلب الممولين الآخرين إلى الطاولة. في حين أن القيمة النقدية لقروض البنك الدولي تمثل جزءًا صغيرًا من إجمالي المبلغ المستثمر في هذا القطاع كل عام،

فإن التزام البنك الجديد بالطاقة الكهرومائية، إلى جانب المؤسسات المالية الدولية الأخرى بما في ذلك بنك التنمية الآسيوي، شجع على زيادة الاستثمار والمشاركة في القطاع الخاص.

2.7 المستقبل: (The future)

ونظرًا لخدماتها وفوائدها المتعددة، من المتوقع أن تظل الطاقة الكهرومائية أكبر مصدر للكهرباء المتجددة في العالم لسنوات قادمة مع إمكانات كبيرة غير مستغلة للطاقة الكهرومائية؛ ومن المتوقع أن يأتي معظم النمو المستقبلي لهذا القطاع من أفريقيا وآسيا.

في عام 2018، أفادت وكالة الطاقة الكهرومائية الدولية، في تقريرها السنوي عن حالة الطاقة الكهرومائية، أن القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية في جميع أنحاء العالم ارتفعت إلى 1,267 جيجاوات، مع رقم قياسي بلغ 4,185 تيراواط ساعة تم توليده في عام 2017م.

وفقًا لوكالة الطاقة الدولية، من أجل تلبية المكونات الرئيسية المتعلقة بالطاقة في أهداف التنمية المستدامة، بما في ذلك التزام اتفاقية باريس بأقل من درجتين مئويتين، سيلزم توفير ما يقدر بنحو 800 جيجاوات من الطاقة الكهرومائية الإضافية في الخدمة في العقدين المقبلين.

يستنتج تقرير حالة الطاقة الكهرومائية لعام 2022 ما يلي:

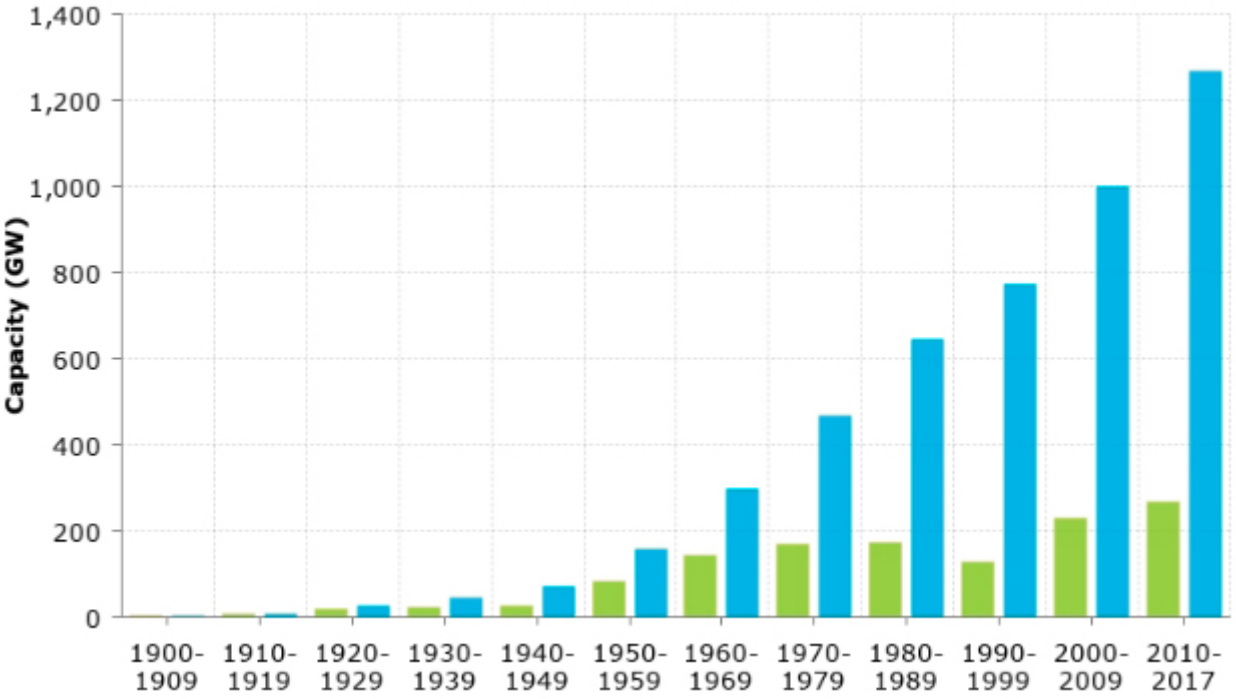
ارتفعت القدرة العالمية المثبتة للطاقة الكهرومائية بمقدار 26 جيجاوات إلى 1360 جيجاوات في عام 2021م.

تم توليد 4,250 تيراواط/ساعة من الكهرباء النظيفة من الطاقة الكهرومائية، أي ما يعادل مرة ونصف إجمالي استهلاك الكهرباء في الاتحاد الأوروبي.

حوالي 80% من قدرات الطاقة الكهرومائية الجديدة التي تم تركيبها في عام 2021م كانت في دولة واحدة – الصين.

تمت إضافة 4.7 جيجاوات من الطاقة الكهرومائية المخزنة إلى الشبكة، أي ثلاثة أضعاف الكمية المضافة في عام 2020.

ومع ذلك، يرى التقرير أن هذا النمو ليس كافيا للوصول إلى أهداف الصفر الصافية من الطاقات الأحفورية. الشكل 1 أدناه يوضح نمو القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية منذ عام 1900م.



شكل 1: نمو القدرة المركبة للطاقة الكهرومائية منذ عام 1900م

الفصل الثالث

الإستخدامات العالمية المتعددة لتوربين تيارات المياه

(Multiple Global Uses for Water Current Turbines)

تشمل تقنيات المياه مجموعة متنوعة من الأنظمة التي تستخدم المحيط أو المياه العذبة لتوليد الكهرباء أو الطاقة الحرارية. تكنولوجيا المياه الأكثر شيوعًا هي الطاقة الكهرومائية، حيث تدفع قوة تحريك المياه التوربينات، والتي بدورها تدير مولدًا لتوليد الكهرباء. الطاقة الكهرومائية وغيرها من تكنولوجيات المياه قابلة للتجديد لأن وقودها يتجدد بشكل طبيعي من خلال دورة المياه؛ فهي بدائل نظيفة لحرق الوقود الأحفوري الذي يسبب تغير المناخ. ولا تتطلب الطاقة الكهرومائية شراء الوقود لتوليد الطاقة، على عكس الغاز الطبيعي والفحم وغيرها من محطات حرق الوقود. التكاليف الوحيدة هي بناء وتشغيل مرافق التوليد.

وعلى الصعيد العالمي، تمثل الطاقة الكهرومائية حوالي 15 في المائة من توليد الكهرباء. في عام 2014، بلغت قدرة محطات الطاقة الكهرومائية الأمريكية حوالي 101 ألف ميجاوات وأنتجت 6% من إجمالي الطاقة و48% من الكهرباء المتجددة في الولايات المتحدة. على الرغم من أن معظم المواقع المناسبة للسدود واسعة النطاق قد تم تطويرها في الولايات المتحدة وعلى مستوى العالم، إلا أن هناك العديد من الفرص لتركيب أنظمة الطاقة الكهرومائية في السدود الموجودة حاليًا دون القدرة على التوليد، واستخدام تقنيات الطاقة المائية الأخرى في الأنهار ومناطق المد والجزر والمحيطات المفتوحة. وفقًا لدراستين أجرتهما وزارة الطاقة الأمريكية عام 2012، يمكن للسدود الحالية التي لا تنتج الطاقة حاليًا أن توفر 12000 ميجاوات من القدرة الإضافية، وإذا تم بناء منشآت جديدة (بما في ذلك تلك التي تستغل الأمواج وتيارات المد والجزر)، فمن المحتمل أن توفر الطاقة الكهرومائية 15 بالمائة. من الكهرباء في أمريكا بحلول عام 2030 (مقابل 6 في المائة اليوم).

يمكن تركيب مرافق الطاقة الكهرومائية على الأنهار أو المحيطات أو البحيرات.

3.1 الأنهار: (Rivers)

3.1.1 السدود: (Dams)

تعد سدود الطاقة الكهرومائية الكبيرة المقامة على الأنهار الكبرى من أكثر مولدات الطاقة المائية تطورًا. تقوم محطات التخزين أو الخزانات المضخوخة بتخزين المياه في الخزان لإطلاقها للاستخدام عندما يكون النهر بطيئًا أو خلال أوقات ذروة الطلب على الطاقة. وهذا يسمح بتوليد طاقة الحمل الأساسي بشكل موثوق. يعد

سد هوفر في ولاية نيفادا وسد جراند كولي في واشنطن أمثلة على هذه المرافق الكبيرة. تلبي السدود الكبيرة أيضًا احتياجات مجتمعية متعددة مثل الري والسيطرة على الفيضانات والترفيه.

هناك عدة عيوب لمحطات الخزان. تشير الدراسات إلى أن الخزانات الكبيرة في المناخات الشمالية والاستوائية تنبعث منها العديد من الغازات الدفيئة مثل محطات توليد الطاقة بالوقود الأحفوري. تتحلل النباتات المغمورة بالمياه، مما يؤدي إلى إطلاق غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون في انفجار كبير في بداية عمر السد ويستمر بكميات أقل طوال فترة استخدام السد. وتشمل التأثيرات الأخرى التغيرات في درجة حرارة الماء، والأكسجين المذاب والمواد المغذية الأخرى، والإضرار بالنظام البيئي للنهر، وتشريد المجتمعات بسبب تغير تدفق النهر، وعدم استقرار ضفة النهر مما يؤدي إلى إزالة الغابات والفيضانات والتآكل. الطاقة الكهرومائية معرضة لتغير المناخ. قد تؤدي فترات الجفاف الطويلة إلى انخفاض مستوى المياه في النهر، مما يقلل من توليد الكهرباء، في حين أن ذوبان الأنهار الجليدية، أو ذوبان الثلوج السريعة، أو التغيرات في أنماط هطول الأمطار من الثلج إلى المطر قد يغير بشكل كبير تدفق النهر.

3.1.2 جريان النهر: (Run-of-the-River)

لا تحتوي محطات جريان النهر على مرافق لتخزين المياه، ولكنها قد تستخدم سدودًا منخفضة المستوى لزيادة الفرق بين مستوى استهلاك المياه والتوربينات. في هذه الحالة، يولد تدفق النهر الطبيعي الكهرباء وتتقلب كمية الطاقة المولدة حسب دورة النهر. على الرغم من أنه يمكن استخدام تكنولوجيا جريان النهر لتوليد الطاقة على نطاق واسع، إلا أنها تستخدم عادة لتزويد المجتمعات الفردية بالكهرباء، بقدرات أقل من 30 ميجاوات. يحظى هذا النوع من توليد الطاقة بشعبية كبيرة في المناطق الريفية في الصين، ولكن يمكن تطبيقه في العديد من الأماكن، بما في ذلك الولايات المتحدة. عادةً ما تعطل تقنية جريان النهر تدفقًا أقل بكثير من تدفق النهر مقارنة بسدود الطاقة الكهرومائية الكبيرة.

3.1.3 تيارات المياه: (Water Currents)

ويعمل الجيل الحالي بشكل مشابه لتوربينات الرياح، ولكن تحت الماء. ونظرًا لأن الماء أكثر كثافة من الهواء، فإن الماء الذي يتحرك بسرعة معينة سينتج طاقة أكبر بكثير من تلك التي تولدها سرعة الرياح المماثلة. ومع ذلك، يجب أن يكون التوربين نفسه أقوى، وبالتالي يكون أكثر تكلفة. التأثير البيئي للتوربينات الحالية غير واضح. وقد يؤدي ذلك إلى الإضرار بمجموعات الأسماك، ولكن تم تطوير توربينات آمنة للأسماك.

لدى الولايات المتحدة العديد من المواقع المحتملة التي يمكن أن يحدث فيها التوليد الحالي، وهناك العديد من المشاريع قيد التنفيذ، بما في ذلك تلك الموجودة في النهر الشرقي في نيويورك وخليج سان فرانسيسكو.

أصدرت اللجنة الفيدرالية لتنظيم الطاقة أول رخصة مشروع تجاري تجريبي لطاقة المد والجزر في الولايات المتحدة في عام 2012. ويضع الترخيص لمدة 10 سنوات مشروع النهر الشرقي (طاقة المد والجزر في جزيرة روزفلت) على الطريق نحو بناء 30 توربينًا لتوليد 1 ميجاوات.

3.2 المحيطات: (Oceans)

3.2.1 سد المد والجزر: (Tidal Barrage)

تستغل قوة المد والجزر في المحيطات دورة الطاقة المتوقعة التي تنتجها المد والجزر. يعمل حاجز المد والجزر بشكل مشابه لسد خزان كبير للطاقة الكهرومائية، ولكنه يتم وضعه عند مدخل الخليج أو مصب النهر. يتم إطلاق المياه المحتجزة في الخليج من خلال توربينات في الوابل وتوليد الطاقة. يجب أن يكون للمد والجزر نطاق كبير بما يكفي بين المد العالي والمنخفض، حوالي عشرة أقدام، حتى يعمل الوابل اقتصاديًا. وتقع أفضل المواقع المحتملة في شمال أوروبا والساحل الغربي للولايات المتحدة. وابل المد والجزر في لارانس بفرنسا يعمل منذ عام 1967 بقدرة 240 ميجاوات. يمكن أن يكون التأثير البيئي المحتمل للقناطر كبيرًا لأنها مبنية في أنظمة بيئية حساسة لمصب النهر، ولكن هناك تصميمات أقل تدخلاً مثل الأسوار أو الصنادل العائمة قيد التطوير.

3.2.2 تيار المد والجزر: (Tidal Current)

على غرار تقنيات تيارات الأنهار، يمكن استخدام التوربينات المثبتة في قاع المحيط أو المعلقة من العوامة في مسار تيار المحيط لتوليد الطاقة. على الرغم من أن هذه التكنولوجيا في مراحل التطوير، إلا أن بعض المواقع المحتملة في الولايات المتحدة تشمل خليج مين، ونورث كارولينا، وشمال غرب المحيط الهادئ، وتيار الخليج قبالة فلوريدا.

3.2.3 الموجات: (Waves)

عندما تتحرك الرياح فوق سطح المحيط، فإنها تنقل الطاقة إلى الماء وتخلق الأمواج. على الرغم من اختلاف الحجم والسرعة، إلا أنه من الممكن التنبؤ بالموجات ويتم إنشاؤها باستمرار. وفي المياه الساحلية للولايات المتحدة وحدها، يبلغ إجمالي طاقة الأمواج السنوية 2100 تيراواط/ساعة.

ويجري اختبار مجموعة متنوعة من التقنيات لتحويل طاقة الأمواج إلى كهرباء. تلتقط معظم الأنظمة الطاقة على سطح الأمواج أو تستخدم فروق الضغط الموجودة أسفل السطح مباشرةً. تستخدم هذه الأنظمة تضخم الأمواج لتوليد الضغط وتحريك المضخات الهيدروليكية أو الهواء المضغوط، والذي بدوره يقوم بتشغيل

المولدات. إن التأثيرات البيئية لمولدات الموجات ليست معروفة بشكل كامل، ولكن يُعتقد أنها ضئيلة ومحددة بالموقع.

أفضل المواقع المحتملة لتوليد الأمواج هي مناطق المحيطات ذات تيارات الرياح القوية. وتقع هذه المناطق بين خطي عرض 30 درجة و60 درجة، والمناطق القطبية التي تكثر فيها العواصف، والمناطق القريبة من الرياح التجارية الاستوائية، والسواحل الغربية للقارات. ويجري تطوير تكنولوجيا الرياح والأمواج الهجينة لمزارع الطاقة البحرية. تشمل المواقع المحتملة في الولايات المتحدة لمزارع طاقة الرياح الهجينة المناطق الساحلية على الساحل الشرقي وشمال غرب المحيط الهادئ.

3.2.4 تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات: (Ocean Thermal Energy Conversion)

يستخدم تحويل الطاقة الحرارية للمحيطات (OTEC) البخار الناتج من المياه السطحية الدافئة لتدوير توربينات التوليد. تعمل مياه المحيط العميقة الباردة على تكثيف البخار مرة أخرى في الماء لإعادة استخدامه. من الضروري وجود اختلاف في درجة الحرارة بمقدار 36 درجة فهرنهايت بين المياه السطحية والعميقة. وتشمل المواقع المحتملة الجزر الاستوائية. لا تزال شركة OTEC في مرحلة التطوير المبكرة ولم تصبح فعالة من حيث التكلفة بعد، وذلك بسبب التكلفة العالية لضخ المياه العميقة إلى محطات التوليد السطحية. يمكن إقران OTEC بأنظمة تكييف الهواء الحرارية للمحيطات (انظر أدناه). علاوة على ذلك، يمكن للمياه العميقة الغنية بالمغذيات أن تساعد في تربية الأحياء المائية. يمكن للبرك السطحية التي يتم ضخها بالمياه العميقة زراعة سمك السلمون وجراد البحر والمأكولات البحرية الأخرى وكذلك العوالق والطحالب.

3.2.5 تكييف الهواء الحراري للمحيطات/البحيرات: (Ocean/Lake Thermal Air-Conditioning)

بالإضافة إلى توليد الكهرباء، يمكن أيضًا استخدام الماء للطاقة الحرارية المباشرة. يمكن للمياه من البحيرات أو المحيطات توفير تكييف الهواء للمباني. يتم استخدام المياه العميقة الباردة لتبريد المياه العذبة التي تدور عبر المبنى في نظام الأنابيب المغلقة، مما يوفر تكييف الهواء بتكلفة أقل من الطرق التقليدية. يتم إرجاع المياه المستهلكة إلى المحيط أو البحيرة لتجديد الدورة. يجب أن تتراوح درجة حرارة المياه العميقة الباردة بين 39 درجة فهرنهايت و45 درجة فهرنهايت وقريبة من الشاطئ لتكون اقتصادية. توجد أمثلة لأنظمة التبريد الحراري للمحيطات في هاواي (الموجودة في موقع مشترك مع مرافق OTEC)، وتورنتو، حيث يتم استخدام المياه من بحيرة أونتاريو لتكييف المباني في وسط المدينة. يمكن أن يكون مشروع OTEC واسع النطاق (100 ميجاوات +) الواقع في المجتمعات الجزرية مثل بورتوريكو أو هاواي أو غوام مجديًا اقتصاديًا.

الفصل الرابع

الإستخدامات المحلية لتوربين تيارات المياه

(Domestic Uses of Water Current Turbines)

4.1 مدخل: (Introduction)

تعتبر طاقة المياه من الطاقات المتجددة فقد أمكن الإستفادة من حركة الماء في إنتاج الطاقة في العصر الحديث، وهي ثلاثة أنواع الطاقة الكهرومائية، وطاقة المد والجزر وطاقة الأمواج البحرية.

4.1.1 التوليد المائي: (Hydroelectric Generation)

ينتج السودان فى مجال التوليد المائى طاقة مائية بسعة إجمالية 1592.3 ميغاواط.

4.1.2 طاقة المد والجزر وطاقة موج البحر: (Tidal Energy and Wave Energy)

ويمكن الاستفادة من طاقة المد والجزر بعدة طرق:

1/بناء السدود ومن ثم فتح البوابات أثناء المد ثم قفلها وترك المياه اثناء الجزر ترجع الي البحر عبر التوربينات ويتم بذلك تدويرها ومن ثم انتاج الكهرباء

2/ التوربينات الغاطسة وهي توربينات توضع قرب الشاطئ علي عمق 19,5م – 30م تنقل حركتها عند المد والجزر بواسطة صندوق تروس موصل راسياً الي المولد الكهربائي لإنتاج الكهرباء .

3/ أما طاقة الأمواج البحرية فهي مصدر هائل من مصادر الطاقة وتنشأ نتيجة حركة الرياح.

4.1.3 توليد الكهرباء من طاقة امواج البحر : (Generating Electricity from the Energy of Ocean Waves)

تعتمد تقنية توليد الكهرباء من طاقة الأمواج، على تشغيل مولدات كهربائية خاصة، تستغل حركة الأمواج المستمرة، وهذه المولدات الكهربائية يتم تثبيتها في العادة على شاطئ البحر، لتواجه الأمواج المتكسرة أو أن توضع تلك المولدات على سطح الماء، لكي تطفو فوق الأمواج، وبالتالي تحدث الحركة في داخلها بشكل مستمر.

يتمتع السودان بموارد مائية كبيرة وبنيات أساسية للري، وقد بدأت مشروعات الري بغرض الزراعة المروية في السودان بإنشاء أول مضخة بمشروع الزيداب الزراعي في العام 1906م، ومن ثم نشأت مصلحة الري مع بداية

مشروع الجزيرة في العام 1925م. وبعد استقلال السودان في العام 1956م زادت المساحات المروية فازداد الطلب على مياه الري؛ وتم التوقيع على إتفاقية مياه النيل بين مصر والسودان عام 1959م، وبموجبها تمكن السودان من تشييد خزاني الروصيرص وخشم القربة بغرض التوسع في عمليات الري.

4.2 نشأة الخزانات والسدود في السودان: (The Origin of Reservoirs and Dams in Sudan)

بدأ إنشاء الخزانات والسدود بإنشاء خزان سنار بغرض ري مشروع الجزيرة في العام 1925م، بسعة تبلغ 9 مليارات متر3، ثم أنشأت مصر خزان جبل أولياء في العام 1938، بسعة تبلغ 3 مليارات متر مكعب، ثم تم إنشاء خزان الروصيرص بسعة 4,3 مليار متر مكعب، وخزان خشم القربة بسعة 3,1 مليار متر مكعب.

يستخدم خزاني سنار والروصيرص لري مشروع الجزيرة وامتداد المناقل وجميع مشاريع الري على النيل الأزرق، وأيضاً بغرض التوليد الكهربائي والتحكم في الفيضان، ويروي خزان خشم القربة مشروع حلفا الجديدة، أما خزان جبل الأولياء فيستخدم في ري مشاريع النيل الأبيض.

ويلعب الري دوراً أساسياً في زراعة المشاريع المروية التي تبلغ 20% من جملة الأراضي الزراعية في السودان.

4.2.1 أهداف إنشاء السدود في السودان: (Objectives of the Construction of Dams in Sudan)

إنتاج الطاقة الكهربائية.

توفير مصدر طاقة رخيص نسبياً لتحسين الزراعة المروية في البلاد.

استخدام الطاقة الكهربائية لإستغلال المياه الجوفية للتوسع في الزراعة.

إنشاء مشاريع صناعية وصناعات غذائية ومشاريع تعدين تعتمد على الكهرباء كمصدر رئيسي للطاقة.

إدخال صناعة الأسماك في بحيرات المشروعات.

حماية مناطق المجاري الدنيا من الفيضانات المدمرة.

تحسين الملاحة النهرية.

تحسين مستوى المعيشة بالنسبة للسكان المحليين.

تخفيف العبء على السدود القائمة، خاصة فيما يتعلق بالتضارب في استخدام المياه بين الري وإنتاج الطاقة.

4.2.2 مميزات السدود: (Features of Dams)

التوسع في الرقعة الزراعية وتنويع المحاصيل وبالتالي رفد دائرة الإنتاج وبخاصة في الزراعة والصناعة باحتياجاتهما من الطاقة.

استخدام وسائل للري أقل كلفة (الري الانسيابي).

زيادة الطاقة الكهربائية المولدة.

توفير فرص إحلال الطاقة الكهربائية مكان المواد البترولية، وما يقتضيه ذلك من خفض تكاليف الإنتاج وزيادة مردودية الأنشطة الاقتصادية المختلفة، فضلاً عن دخول الكهرباء وتوفير خدماتها للقطاع المنزلي ما من شأنه توسيع السوق أمام بعض المنتجات التي يتطلب إستهلاكها وجود خدمات الإمداد الكهربائي.

توفير مياه الشرب لبعض المناطق التي يشح فيها الماء.

تلطيف المناخ وبالتالي زيادة هطل المطر.

حفظ التربة من الانجراف أثناء انحدار السيول والتخفيف من أضرارها.

تساهم في زيادة تخزين المياه الجوفية.

رفع المستوى المعيشي للسكان.

4.2.3 مميزات التوليد المائي: (Advantages of Hydropower Generation)

يعتبر التوليد المائي هو الخيار الأول في خيارات الطاقة للأسباب الآتية:

مشاريع السدود المائية تنتج طاقة عالية (التوربينة الواحدة تولد حوالي 800 ميغاواط)، بالمقارنة مع الطاقة الشمسية التي تولد ما لا يزيد عن 10 ميغاواط، وطاقة الرياح التي لا تزيد عن 5 ميغاواط.

الطاقة المائية هي الأرخص تكلفة (1.5 دولار لإنتاج 1 ميغاواط)، بينما تكلف الطاقة الشمسية 15 دولاراً.

الفصل الخامس

توربينات التيار المائي في السودان

(Water Current Turbines in Sudan)

5.1 مدخل: (Introduction)

على ضفاف نهر النيل في المنطقة الشمالية من السودان، تستخدم العديد من المزارع الخاصة مضخة ديزل صغيرة لري أراضيها الواقعة على ضفاف النهر. ويدفع النقص المتزايد في الوقود وقطع الغيار لهذه المضخات المزارعين إلى البحث عن طرق أخرى لسقي محاصيلهم.

تعد توربينات التيار المائي أحد البدائل التي يتم عرضها الآن في المنطقة. وتستفيد التوربينة من الطاقة الحركية في تدفق النهر لتشغيل مضخة طرد مركزي، وتوصيل المياه إلى ضفة النهر.

سيتم اختبار توربين تيار الماء المقترح خلال موسم زراعي واحد في المنطقة الشمالية ومن ثم سيتم تقييم المساحة القادر على ريها في ظل الظروف السائدة في الإقليم؛ وإظهار التكنولوجيا للمزارعين المحليين وقياس مدى قبولها لهم. تم تمويل هذه الآلة بشكل مشترك من قبل GTZ ومجلس أبحاث الطاقة في السودان. تم تصنيعها في كلية الهندسة الميكانيكية، عطبرة.

سيكون التطبيق النموذجي للتوربينات النهرية في مزرعة خاصة تبلغ مساحتها حوالي ستة أو سبعة أفدنة من الأرض (ثلاث هكتارات) بالقرب من ضفة النهر. هذه الرقعة من الأرض يتم ريها عادة باستخدام مضخة ديزل هندية من نوع ليستر مقاس ثلاث بوصات. تشمل المحاصيل التي يتم زراعتها الخضروات الشتوية المختلطة بالإضافة إلى المحاصيل العلفية من الذرة. وعادة ما يتم ريها خلال الفترة من أواخر سبتمبر/أكتوبر إلى أبريل أو مايو. لإعطاء إشارة إلى مستوى الإنتاج من التوربين، فإن الآلات التي يتم عرضها حاليًا تعطي إنتاجًا قدره 7 لتر / ثانية (25 متر مكعب / ساعة) إلى ارتفاع 8.5 م، في سرعة نهر تبلغ 1.3 م / ث. عمق النهر في هذا الموقع لا يقل عن 3 أمتار. والتوربين قادر على توصيل هذا الحجم من المياه للمدة المطلوبة، بما يصل إلى 24 ساعة يوميًا إذا كان المزارع مستعدًا للعمل طوال هذه المدة. وفي موقع مماثل، يمكن لمضخة ديزل من النوع المستخدم على نطاق واسع في السودان أن توفر حوالي 10 لتر/ثانية (36 متر مكعب/ساعة). تعتمد كمية المياه التي توفرها التوربينات على سرعة النهر وعمقه وارتفاع ضفته. وبما أن مستويات النهر يمكن أن تختلف بشكل كبير على مدار العام، فمن الضروري التأكد من الحد الأدنى من التدفق المحتمل في النهر حتى نتمكن

من اختيار المضخة ونظام النقل الصحيحين بما يتناسب مع الموقع المحدد. كما هو الحال مع تكنولوجيا أخرى للطاقة المتجددة، وهي الطاقة المائية الدقيقة، فإن هذه التكنولوجيا خاصة بالموقع ويجب تعديل ميزات معينة للتصميم لتناسب كل موقع.

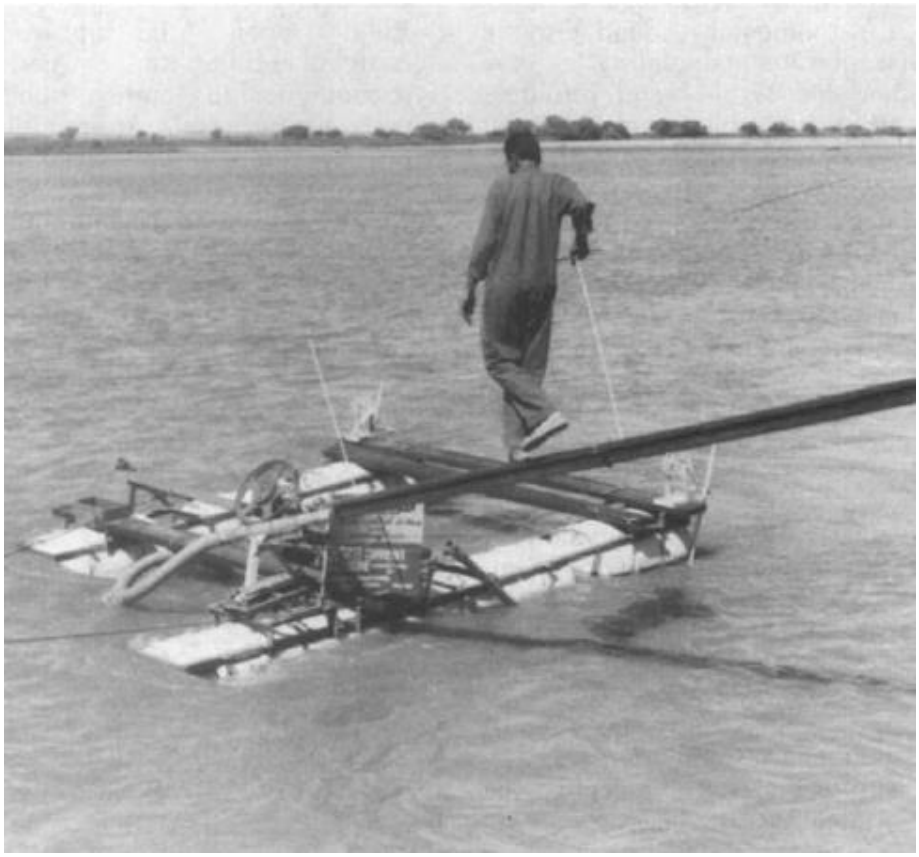
تم تطوير التوربين لأول مرة في المملكة المتحدة وجنوب السودان في أواخر السبعينيات. استخدم تصميم النموذج الأولي دوار داريوس ذو المحور العمودي باعتباره المحرك الرئيسي. (يرد وصف تفصيلي لهذه الآلة وأدائها في "تطوير توربين للاستفادة من طاقة تيار النهر" بقلم بيتر جارمان، التكنولوجيا المناسبة، سبتمبر 1981).

يتمتع استخدام الدوار ذو المحور العمودي بميزة تتمثل في إمكانية وضع المحامل وناقل الحركة والمضخة فوق خط الماء على بنطون عائم. فقط الدوار يجب أن يكون في الماء. العيب هو أنه ثبت صعوبة تصنيع مجموعة الشفرة والذراع المتقاطع وكانت باهظة الثمن نسبيًا. يتطلب الدوار ذو المحور الأفقي وضع محملين وجزء من نظام النقل تحت الماء. مشاكل التآكل بسبب دخول الأوساخ إلى المحامل جعلت هذا التصميم غير عملي، وفي النهاية تم التوصل إلى حل وسط باستخدام دوار المحور المائل (كان الدوار ذو المحور الأفقي يميل بحيث تكون نهاية العمود فوق خط الماء ولم يكن هناك سوى محمل دبوسي واحد تحت الماء لدعم الطرف الدوار للعمود. وقد أدى ذلك إلى تجنب العديد من المشاكل المرتبطة بالنقل المغمور، على حساب خسارة نسبة من المساحة الفعالة للتوربين. ستكون المنطقة "المرئية" من خلال تدفق المياه عبارة عن شكل بيضاوي وليس دائري. بالنسبة للعضو الدوار الذي يميل بزاوية 40 درجة إلى الأفقي، تبلغ المساحة الفعالة حوالي 75 بالمائة من المساحة الاسمية للشفرات. وترد مناقشة مفصلة لمختلف التصاميم المختلفة في توربينات التيار المائي في دليل العامل الميداني بقلم بيتر جارمان، منشورات تكنولوجيا المعلومات، 1986.

واستمرت أعمال تطوير التوربين في جنوب السودان حتى عام 1983، ثم انتقلت بعد ذلك إلى بريطانيا. خلال 12 عامًا من تطويرها، تم بناء 14 توربينًا لاختبار مجموعة من ميزات التصميم وقد حققت هذه الآلات فيما بينها 17000 ساعة تشغيل مراقبة.

يوجد النموذجان التجريبيان المثبتان حاليًا على نهر النيل في المنطقة الشمالية من السودان ويشتمل على أنجح هذه الميزات.

يمكن وضع المحامل وناقل الحركة والمضخة فوق خط الماء على بنطون عائم كما هو موضح في الشكل 2 أدناه.



شكل 2: كيفية وضع المحامل وناقل الحركة والمضخة فوق خط الماء على بنطون عائم

5.2 تفاصيل التصميم: (Design Details)

يتم تشغيل التوربين بواسطة دوار ثلاثي الشفرات متصل بعمود فولاذي. تحتوي الشفرات على قسم انسيابي وهي مصنوعة من قلب قناة فولاذية مع تشكيلات خشبية للحواف الأمامية والخلفية. يتم بعد ذلك تغطيتها بصفائح الألومنيوم التي يتم لفها حول قلب الخشب والفولاذ ويتم تثبيتها في مكانها. يتم توصيل عمود الدوار بمضخة طرد مركزي عبر نظام نقل بسير Poly-V على مرحلتين. المضخة عبارة عن مضخة طرد مركزي قياسية (SPP Unistream). يتم تركيب مجموعة الدوار وناقل الحركة والمضخة على إطار من أنابيب المياه. يتمحور هذا الإطار لخفض الدوار في الماء للتشغيل. تطفو التوربينة في مجرى النهر على طوافات مصنوعة من براميل من الحديد والزيت. يكون متصل بضفة النهر عن طريق حبل إرساء مثبت على عمود أعلى التوربين. يمثل تركيب هذا المنشور أعمال الهندسة المدنية الوحيدة المطلوبة في الموقع. للحفاظ عليه يتم استخدام التوربينات في مجرى النهر عبر خط أنابيب صلب. وهي مصنوعة من طولين من أنابيب المياه المشكلة في الجمالون الوتري مع إطارات الدعم وحبل سلكي. يحتوي خط الأنابيب هذا على ثلاث وظائف:

من خلال العمل كحلقة وصل صلبة بين التوربين وضفة النهر، فإنه يبقي الماكينة في التيار الرئيسي وبالتالي ليست هناك حاجة للعارضة.

يتم توصيل المياه إلى ضفة النهر من خلال أنبوب المياه الذي يعمل بمثابة الدعم الرئيسي للهيكل.

يتيح الممر الخشبي والدرابزين المثبتان أعلى أنبوب المياه للمشغلين الوصول إلى التوربين لتشغيله وإيقافه وإجراء الصيانة الروتينية دون استخدام قارب.

يمكن أيضًا استخدام خط الأنابيب الصلب للتحكم في الإخراج من الماكينة عن طريق دفعها إلى الخارج بشكل أكبر في التيار الرئيسي أو تقريبها من ضفة النهر حيث من المرجح أن يكون التدفق أبطأ. ويتم ذلك ببساطة عن طريق وضع نهاية ضفة خط الأنابيب بالقرب من حافة النهر أو بعيدًا عنها.

5.3 الأداء: (The Performance)

كما ذكرنا سابقًا، فإن أداء كل توربين يعتمد على تفاصيل معينة خاصة بالموقع.

5.3.1 سرعة النهر: (River Speed)

تتناسب الطاقة المتوفرة في النهر الجاري مع مكعب سرعة الماء. وإذا تضاعفت سرعة النهر، فإن الطاقة المتاحة تزيد ثماني مرات.

5.3.2 عمق النهر: (River Depth)

يحدد عمق النهر حجم الآلة التي يمكن تركيبها. نظرًا لأن الدوار يكون مغمورًا أثناء التشغيل، فمن الواضح أنه من غير الممكن تركيب توربين بقطر أكبر من عمق النهر. الطاقة التي يمكن أن يمتصها التوربين من النهر تتناسب طرديا مع منطقة الدوار.

5.3.3 ارتفاع الضفة: (Bank Height)

بالنسبة لخرج طاقة معين من التوربين، فإن حجم الماء الذي يمكن ضخه يتناسب عكسيا مع الارتفاع فوق مستوى الماء الذي يمكن إيصاله إليه.

ستتحكم هذه العوامل الثلاثة في قوة العمود الميكانيكي التي يمكن الحصول عليها، ونسبة النقل المطلوبة والمضخة التي سيتم استخدامها.

توضح الرسوم البيانية أدناه كيفية تأثير كل من هذه العوامل على الخرج المحتمل من التوربين.

مواصفات التوربينات المستخدمة لإثبات هذه التقنية في شمال السودان هي:

الدوار 3 شفرات؛ قطر 2.9 م؛ عمود مائل بزاوية 40^0 إلى الأفقي؛ مساحة 5.06 متر مربع؛ على نسبة سرعة طرف التحميل 4.

ناقل الحركة ذو حزام بولي على شكل حرف V؛ على مرحلتين؛ النسبة الإجمالية 60.4 إلى 1.

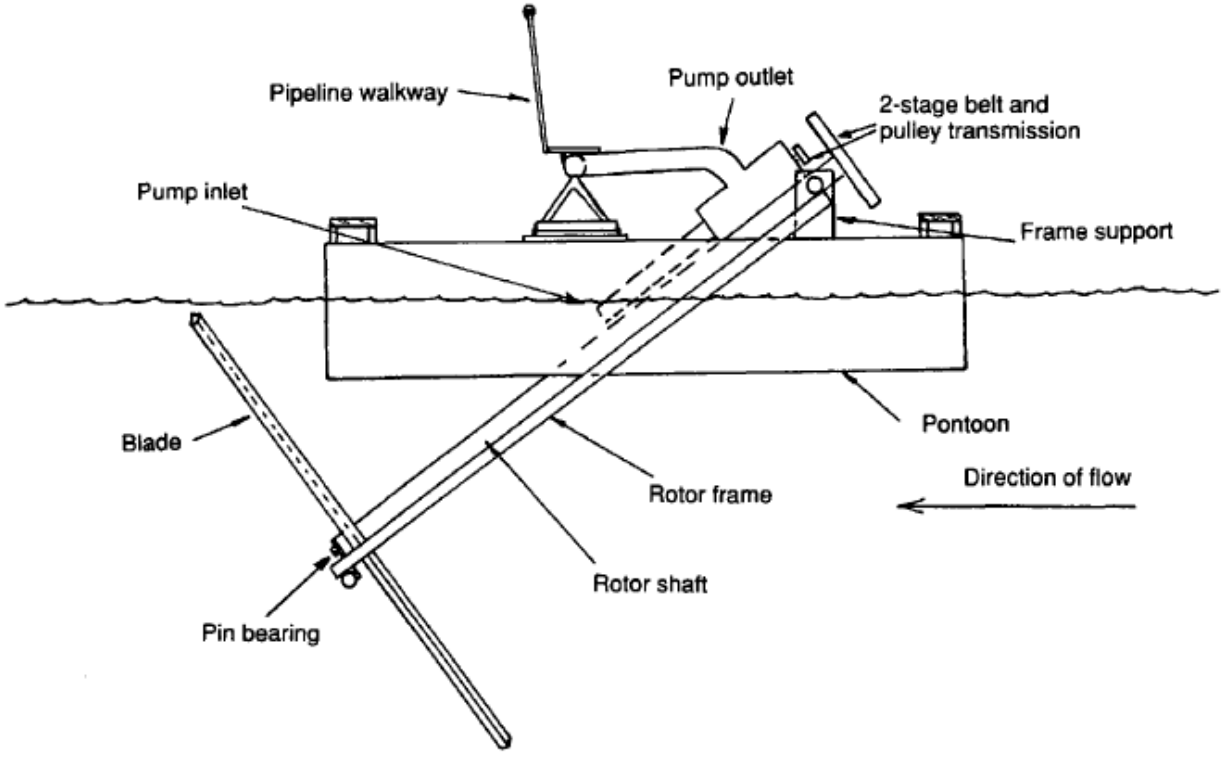
مضخة S.P.P. يوني ستريم 13/40 الطرد المركزي.

نظام التصريف يتكون من 13 مترًا من الأنابيب الفولاذية المجلفنة بقطر 65 مم، وأنابيب البولي إيثيلين بطول 30 مترًا بقطر 80 مم، ومصفاة مدخل، وصمام قدم، وصمام بوابة وما إلى ذلك.

5.4 تصنيع الوحدة التوربينية: (Manufacturing of the Turbine Unit)

ومن مميزات التوربين أنه يمكن تصنيعه في ورشة صغيرة باستخدام مواد يتم شراؤها بشكل أساسي من السوق المحلي. في التصميم الحالي، تعد أحزمة النقل والبكرات والمضخة هي المكونات المهمة الوحيدة التي يجب استيرادها خصيصًا. يتم تصنيع باقي التوربين من شريط معدني وزاوية وقضيب. وهذا متوفر في سوق عطبرة، على الرغم من أن تصميم كل آلة قد يحتاج إلى تعديل طفيف لاستيعاب التغييرات في توفر المواد. أما العناصر القليلة الأكثر صعوبة مثل صفائح الألمنيوم ومحامل الوسائد فيمكن العثور عليها عادةً في الخرطوم. تتكون مرافق الورشة اللازمة من مخرطة، ومثقاب أعمدة، ومعدات لحام، وأدوات يدوية للأعمال المعدنية والنجارة.

الشكل 3 أدناه يوضح رسم تخطيطي لتوربين التيار المائي.



شكل 3: رسم تخطيطي لتوربين التيار المائي

الفصل السادس

توربينات تيار المياه في عطبرة المثبتة على ألواح الأسطح العائمة

6.1 مقدمة:(Introduction)

إن الدافع الذي أدى إلى كتابة هذا البحث هو ضرورة استغلال الطاقة العالية السرعة لنهر النيل التي يتم الحصول عليها عندما يلتقي نهر عطبرة بنهر النيل في مدينة عطبرة الواقعة في ولاية نهر النيل. عند تقاطع النهرين، تتوفر طاقة عالية السرعة وبالتالي يمكن استخدامها في تطبيقات مختلفة. هناك حاجة إلى محول طاقة مناسب للاستفادة من هذه الطاقة الوفيرة. يتم تركيب الوحدة التوربينية لتيار الماء على صفائح عائمة ذات أسطح طافية.

تعد هذه الدراسة استمرارًا لسلسلة الأبحاث التي نفذتها كلية الهندسة والتقنية عطبرة – جامعة وادي النيل للاستفادة من الطاقة الهيدروليكية لنهر النيل ومحاولة تحويلها إلى شكل مناسب من الطاقة لتحقيق الصالح العام للبسطاء من مواطني نهر النيل والولايات الشمالية.

يمكن لتوربينات التيار المائي، المصممة أصلاً لتسخير طاقة نهر النيل لري الحيازات الصغيرة على ضفاف نهر النيل في السودان، أن تعمل حتى عندما تكون مستويات المياه منخفضة للغاية بحيث لا تتمكن الجاذبية من القيام بعملها. وهي لا تحتاج إلى مشغل بدوام كامل، ولكن يمكن التحكم فيها بواسطة عامل مزرعة واحد غير ماهر مع الحد الأدنى من التدريب. بالإضافة إلى ذلك، فهي تتمتع بمزايا أخرى أيضًا: فهي لا تتطلب هندسة مدنية واسعة النطاق، ولا تستخدم وقودًا أو زيتًا، ولا تسبب أي تلوث، وتوفر تشغيلًا مستمرًا على مدار 24 ساعة يوميًا.

التصميم، الذي يهدف إلى التنافس مع المضخات ذات الأسطوانة الواحدة التي تعمل بالديزل والمستخدمة على نطاق واسع للري في المناطق الأقل نمواً، فاز المستشاران البريطانيان بيتر جارمان وباربرا سيكسون بجائزة التكنولوجيا المناسبة في جوائز البيئة الأفضل للصناعة في المملكة المتحدة قبل ثلاث سنوات. ومنذ ذلك الحين، تم إجراء المزيد من الاختبارات الميدانية في مصر والصومال، وكذلك السودان، وتم إعداد خطط لتصنيع التوربين في ورش صغيرة بدءًا من العام 1990م.

إن توربين تيار الماء هو المعادل تحت الماء لطاحونة الهواء، حيث يستفيد من الطاقة الحركية في الماء المتحرك تمامًا كما تفعل طاحونة الهواء بالرياح. يحتوي على دوار ثلاثي الشفرات متصل بواسطة سيور بمضخة طرد مركزي تطفو على سطح السفينة العائمة. سيكون الموقع النموذجي عبارة عن مزرعة خاصة تبلغ مساحتها حوالي ثلاث هكتارات من الأرض بالقرب من ضفة النهر.

من الضروري قبل طلب الآلة أن يحدد المزارع عمق النهر وسرعته وارتفاع ضفة النهر حيث سيتم تركيب التوربين حتى يمكن تصميمه بما يتناسب مع موقع التشغيل. نظرًا لأن مستويات الأنهار تختلف بشكل كبير على مدار العام، فمن المهم معرفة الحد الأدنى من التدفق. سيتحكم العمق والسرعة والارتفاع في قوة العمود الميكانيكي التي يمكن الحصول عليها ونسبة النقل اللازمة والمضخة التي سيتم استخدامها.

التوربين سهل البناء، وجميع المواد اللازمة تقريبًا متوفرة في الأسواق المحلية. يجب استيراد سيور النقل والبكرات والمضخة، أما باقي التوربين فيصنع من شريط معدني وزاوية وقضيب. ويمكن تسليمها إلى مواقع معزولة في شاحنة صغيرة وتركيبها بدون آلات. الهندسة المدنية الوحيدة المطلوبة هي تركيب عمود إرساء على الضفة.

في الاختبارات الميدانية التي أجريت على الأراضي الزراعية التعاونية الواقعة حول عطبرة في شمال السودان، ضخت التوربينة 30 مترًا مكعبًا من الماء في الساعة (8.5 لتر/ث) إلى ارتفاع سبعة أمتار بسرعة نهرية تبلغ 1.1 م/ث. وتم تركيب 11 توربينًا آخر للبحث والتطوير في جنوب السودان، ومن المقرر أن تصل أولى الآلات محلية الصنع إلى السودان هذا العام. وقدمت منظمة الأغذية والزراعة التمويل اللازم لتوربين تجريبي واحد في مزرعة خاصة على نهر جوبا في جنوب الصومال. علاوة على ذلك، وفي إطار مشروع تجريبي نفذته شركة ESD المحدودة البريطانية والحكومة المصرية، تم تصنيع توربينتين في المملكة المتحدة لتركيبهما بالقرب من القاهرة لتشجيع التصنيع المحلي.

ويبلغ سعر المضخة في المملكة المتحدة 12000 دولار أمريكي، وهو أقل من نظام ضخ مكافئ يعمل بالطاقة الشمسية أو طاقة الرياح ولكنه أكثر من مضخة تعمل بالديزل أو الكهرباء. وإذا استوردت بنوك التنمية مواد التوربينات بنفس الأسعار المواتية التي تستوردها مضخات الديزل، فإن تكلفة المضخة التوربينية المصنعة محليا ستظل حوالي مرة ونصف المرة من تكلفة مضخة الديزل. ومع ذلك، نظرًا لعدم وجود نفقات للوقود ولأن تكاليف الصيانة والإصلاح منخفضة، فإن المزارع سيتمكن من تحقيق التعادل بعد عام أو عامين من التشغيل، ويوفر المال بعد ذلك.

وذكر بيتر جارمان، الذي كان يعمل مع المزارعين في شمال السودان، أنه وجدهم في البداية متشككين بشأن مثل هذه التكنولوجيا الجديدة. ومع ذلك، عندما أصبحوا على دراية بالتوربين ورأوا قدراته، أصبحوا أكثر حماسًا وقاموا بزيادة مساحة المزرعة المزروعة. وقد نقل المزارعون أخبارًا عن التوربين، مما أدى إلى سلسلة من الطلبات للحصول على هذه الآلات. وما زاد من اهتمامهم هو قيام الحكومة بإلغاء الدعم عن وقود الديزل، مما أدى إلى ارتفاع كبير في تكلفة الري الذي يعمل بالديزل.

يتوفر أيضًا نوعان آخران من المحركات التي تعمل بالطاقة المائية - مضخة بلاتا والمضخة التوربينية الصينية. مضخة بلاتا التي تم اختراعها في نيوزيلندا، طُرحت في الأسواق منذ عقد من الزمن بسعر حوالي 2000 دولار أمريكي. على الرغم من فائدتها ويبدو أنها أقل كفاءة وقوة من المضخات التوربينية الأخرى.

تحتوي المضخة على سلسلة من دوارات التوربينات الصغيرة المثبتة على عمود واحد على طول محور قناة أسطوانية، يبلغ طولها حوالي 2.5 متر وقطرها 0.5 متر. إنه يشبه التوربينات المروحية متعددة الدوارات، على الرغم من عدم وجود ناشرات أو شفرات ثابتة أخرى للتحكم في دوران السائل. يقوم العمود بتشغيل مضختين مكبسيتين متعاكستين أحاديتي التشغيل عبر عمود مرفق.

تم تصميم مضخة بلاتا ليتم تركيبها في سد منخفض بحيث تنحدر بزاوية طفيفة وتتدفق المياه عبرها إلى أسفل. إنها تعمل بشكل أفضل عند التشغيل بحوالي ثلثين إلى ثلاثة أرباع ممتلئ، ربما لأنها عند التشغيل بكامل طاقتها يدور التدفق ويسبب فقدان الكفاءة.

الآلة مصممة للعمل على أسمات من 0.25 - 1 متر. تم تصميم ذلك عن طريق وضع مضخة بلاتا بزاوية على قاع النهر وبناء سد من الصخور أو غيرها من المواد لإنشاء السمت اللازم. تم قياس الكفاءة الإجمالية لمضخة Plata ووجد أنها في حدود 6 إلى 30 بالمائة عند سمت تصريف من 6 إلى 90 مترًا. تم تسجيل أفضل كفاءة عند ارتفاع أو سمت 24 مترًا.

لقد أخذت المضخة التوربينية الصينية الجمع بين التوربينات والمضخات إلى نتيجة منطقية من خلال إنتاج مجموعة كبيرة من وحدات المضخات التوربينية المتكاملة. تُستخدم المضخات التوربينية الصينية عمومًا في التطبيقات ذات السمت المنخفض حيث يكون مصدر الطاقة الكهرومائية غالبًا عبارة عن قفزة قناة في نظام الري أو سد على نهر ذو قناة مما يعطي سمتا في حدود من متر واحد إلى 15 مترًا.

التوربين الأكثر استخدامًا هو التوربين المروحي ذو الخطوة الثابتة، وهو مناسب للأسمات المنخفضة. يتم تركيب هذا عادةً بعمود رأسي محاط ببوابات ثابتة، مما يعني أنه يميل إلى أن يكون في أكثر حالاته كفاءة فقط عبر نطاق ضيق من معدلات التدفق. يتم تركيب دافع مضخة الطرد المركزي على نفس عمود التوربين، من الخلف إلى الخلف.

يصنع المصنعون الصغار في الصين مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأحجام والنماذج المختلفة للمضخات التوربينية بأسعار منخفضة لسوق التصدير. تبلغ تكلفة المضخة الأصغر حجمًا 89 دولارًا أمريكيًا، ويبلغ وزنها الصافي 59 كجم وتفريغها من 6 إلى 12 لترًا في الثانية. وتتراوح تكلفة الري من 5 إلى 15 دولارًا أمريكيًا للهكتار،

مقارنة بـ 35 إلى 90 دولارًا أمريكيًا للهكتار للمضخات التي تعمل بالكهرباء و70 إلى 130 دولارًا أمريكيًا للهكتار لمضخات المحرك.

إن الاستهلاك المتزايد لموارد الطاقة سنة تلو الأخرى، أصبح يهدد عالمنا منذ بداية الثورة الصناعية في بداية القرن التاسع عشر. وقد أعقب اختراع المحركات والآلات حفر الأرض بحثًا عن النفط والموارد المعدنية الأخرى. هذا السباق المتحمس والمجنون لمحاولة امتلاك أشكال الطاقة المتاحة بأي وسيلة، وتحويلها إلى منتجات أو خدمات لرفاهية البشر، يشجع العلماء والباحثين على بذل قصارى جهدهم من أجل إنقاذ العالم محدود الموارد. ولذلك اتجه البحث العلمي نحو إيجاد مصادر أخرى للطاقة والتي يجب أن تكون مستمرة وأبدية، أي الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة البيولوجية والغازية والحرارة الجوفية الكامنة وطاقة التيارات المائية. يمكن استخدام هذه الأشكال من الطاقة بتكاليف تشغيل قليلة جدًا أو معدومة تقريبًا لحل مشاكل الطاقة كليًا أو جزئيًا في العديد من البلدان في جميع أنحاء العالم. المشكلة الآن هي التكلفة الأولية المرتفعة لبناء وحدات التحويل، القادرة على تحويل مصادر الطاقة الخام هذه إلى أشكال مفيدة.

توربين التيار المائي الذي تم تصميمه وإنشاؤه بكلية الهندسة والتكنولوجيا جامعة وادي النيل – عطبرة هو محول للطاقة، يستخدم لتحويل الطاقة الحركية للتيارات المائية إلى طاقة ميكانيكية، والتي بدورها تستخدم في تشغيل مضخة طرد مركزي لأغراض الري. تتكون هذه الوحدة من دوار ذو ثلاث شفرات مرتبط بعمود ينقل الطاقة إلى مضخة طرد مركزي من خلال نظام نقل بسيط "بكرات وسيور" كما هو موضح في الشكل 8. ويتم ضخ المياه من النهر إلى قناة الري على ضفة النهر. من خلال خط أنابيب صلب، والذي يعمل أيضًا كممر وصول إلى الماكينة. يتم تنفيذ كل هذا الترتيب على براميل طافية مغلقة من كلا الطرفين ومتصلة بإطار فولاذي أو سرير. تعمل هذه الوحدة على تطوير حوالي 1000 واط بكفاءة إجمالية تبلغ 24 بالمئة وتبلغ تكلفتها حوالي 6 ملايين جنيه سوداني (أي خمسة عشر ألف جنيه بسعر اليوم)، وتعتبر التكلفة الأولية لبناء هذه الوحدة مرتفعة نسبيا مقارنة بمحرك الديزل ليستر لنفس النوع من انتاج الطاقة. ومن هنا جاءت فكرة هذا المشروع لتحسين نسبة الطاقة المطورة الي التكلفة أولية من خلال تعديل التصميم السابق للنظام بأكمله باستخدام الإجراءات التالية:

هناك مجالان يمكن التحقيق فيهما للامتثال للأهداف المعدلة.

i. إنشاء بيانات الأداء الخاصة بتوربينات التيار المائي في عطبرة لأول مرة، أي تحديد السرعة وعزم الدوران لزوايا الهجوم المختلفة للنوعين المقترحين من الأجنحة الهوائية، الأجنحة المستقيمة المحدبة والمحدبة المحدبة.

ii. اقتراح بعض التغييرات في توربين التيار المائي في عطبرة من أجل تحسين التصاميم الحالية.

6.2 نظريات الجنيحات الهوائية: (Theories of Aerofoils)

6.2.1 تعريفات الجنيحات الهوائية: (Aerofoils Definitions)

إن الجنيح (الجسيم الهوائي) عبارة عن جسم انسيابي مصمم لإنتاج قوة رفع بأقل قدر من السحب. في الجسم الانسيابي، المغمور في سائل متدفق، يتأخر الانفصال حتى قرب المؤخرة. سيؤدي هذا إلى تقليل السحب على الجسم الانسيابي إلى أدنى قيمة. يمكن أن يصل السحب الموجود على جسم انسيابي إلى (1/15) من السحب الموجود على أسطوانة لها نفس السمك.

الميزة الأكثر أهمية هي الذيل المستدق ببطء. هذا هو السبب في أن خطوط السريان الهواء حول قاطرة السكك الحديدية مع وجود عربات مقطورة خلفها لا يحدث سوى فرق هامشي. من ناحية أخرى، من الضروري أن تكون أجنحة وجسم الطائرة وأجزاء الغواصة البحرية ذات مظهر انسيابي لضمان أداء جيد. ومن الواضح أيضاً أن الأشكال الموضحة في الشكلين 4 و5 تشبه أشكال العديد من الكائنات البحرية مثل الأسماك والدلافين وغيرها.

6.2.2 مصطلحات الأجنحة الهوائية: (Aerofoils Terminologies)

يوضح الشكل 4 قسمًا نموذجيًا للجنيح وبعض المصطلحات المتعلقة به. هذه المصطلحات هي كما يلي:

الحافة الأمامية: (leading edge) هي الحافة التي تواجه اتجاه الجريان أولاً ويشار إليها أحياناً بالأنف.

الحافة الخلفية: (trailing edge) هي الحافة البعيدة للحافة الخلفية للجناح.

الوتر: (chord) هو المسافة بين نقطتي الحافة الأمامية والحافة الخلفية.

خط الوتر: (chord line) هو الخط المستقيم المرسوم ليربط بين الحافتين.

الخط المقوس: (chamber line) هو الخط الذي يصل بين حافتي الجسيم الهوائي بحيث يمر عبر المركز الأوسط للجناح.

زاوية السقوط: (angle of incidence) هي الزاوية التي يصنعها خط وتر الجناح مع اتجاه الجريان ويشار إليها أحياناً بزاوية الهجوم.

6.2.3 المتغيرات الهندسية: (Geometrical Parameters)

يتم تحديد خصائص أي قسم من الجنيحات إلى حد كبير من خلال بعض المتغيرات الهندسية. هذه المتغيرات هي:

(t/c) النسبة: (ratio t/c) هي النسبة بين أقصى سمك (t) وخط الوتر (C).

(x/c) النسبة: (ratio x/c) هي النسبة بين موضع الحد الأقصى لسمك الأنف وطول الوتر.

التقوس المئوي: (percentage camber) هو النسبة بين أقصى تقوس وطول الوتر (يؤخذ كنسبة مئوية).

نسبة نصف قطر الأنف: (percentage nose radius) هي نصف قطر تقوس الأنف كنسبة مئوية من طول الوتر.

زاوية الحافة الخلفية: (trailing edge angle) هي الزاوية بين الأسطح العلوية والسفلية عند الحافة الخلفية.

6.2.4 أنواع الأجنحة أو الجنيحات الهوائية: (Aerofoils Types)

يتم تصنيف الأجنحة الهوائية بشكل عام إلى نوعين؛ الأجنحة المتماثلة وغير المتماثلة.

6.2.4.1 الأجنحة الهوائية المتماثلة: (Symmetric Aerofoils)

السمة الرئيسية في هذا النوع من الأجنحة الهوائية هي أن خط التقوس يتطابق مع خط الوتر كما هو موضح في الشكل 5. ونادرا ما يتم استخدام هذه الأجنحة الهوائية في الممارسة العملية حيث لا يزال من الممكن الحصول على قيم أعلى للرفع وأدني قيم للسحب من أنواع أخرى من الأجنحة الهوائية.

6.2.4.2 الأجنحة الهوائية غير المتماثلة: (Asymmetric Aerofoils)

يمكن تحسين النسبة بين الرفع والسحب (L/D) باستخدام الأجنحة الهوائية غير المتماثلة. في الأجنحة الهوائية غير المتماثلة، لا يتطابق خط الحدبة مع خط الوتر كما هو موضح في الشكل 4، ويسمى أبسط شكل من الأجنحة الهوائية غير المتماثلة بالجنيحات الهوائية المقوسة حيث يتم تحويل خط التقوس إلى قوس دائري. في الأجنحة الهوائية المحدبة يمكن جعل كلا الوجهين منحنيين في اتجاه واحد أو يكون الوجه العلوي منحنيًا بينما يكون الوجه السفلي مستقيمًا كما هو موضح في الشكل 6 {(أ) و(ب)}.

6.3 توليد الرفع والسحب: (Generating Lift and Drag)

إذا تم وضع الجنيح في تيار من السائل المتدفق، فسوف تنحرف الخطوط الانسيابية حول الجنيح مما يؤدي إلى انخفاض الضغط على السطح العلوي وزيادة الضغط على السطح السفلي. ونتيجة للفرق في الضغط بين

أعلي وأسفل الجناح، تتولد قوة يمكن تقسيمها إلى مكونتين: مكونة موازِية لاتجاه التدفق مما يعطي قوة السحب (D)، ومكونَّة ثانيَّة عموديَّة على التيار الرئيسي مما يعطي قوة الرفع (L) كما هو موضح في الشكل 1، يتم استبدال كل من قوى الرفع والسحب من حيث القوة الديناميكية القصوى ($\hat{F}$) التي تعطى بالصيغة:

$$\hat{F} = \frac{1}{2}\ell\, u_o^2 A \quad (N) \qquad (1)$$

حيث: ℓ = كثافة الماء بـ (kg/m^3).

u_o = السرعة النسبية بين السائل المتدفق والجسم بوحدة (m/s).

A = المساحة المسقطة على خط الوتر بـ (m^2).

قوة الرفع هي:

$$\mathrm{L} = \frac{1}{2}\mathrm{C_L}\ell\, \mathrm{u_o^2 A} \quad (\mathrm{N}) \qquad (2)$$

قوة السحب هي:

$$\mathrm{D} = \frac{1}{2}\mathrm{C_D}\ell\, \mathrm{u_o^2 A} \quad (\mathrm{N}) \qquad (3)$$

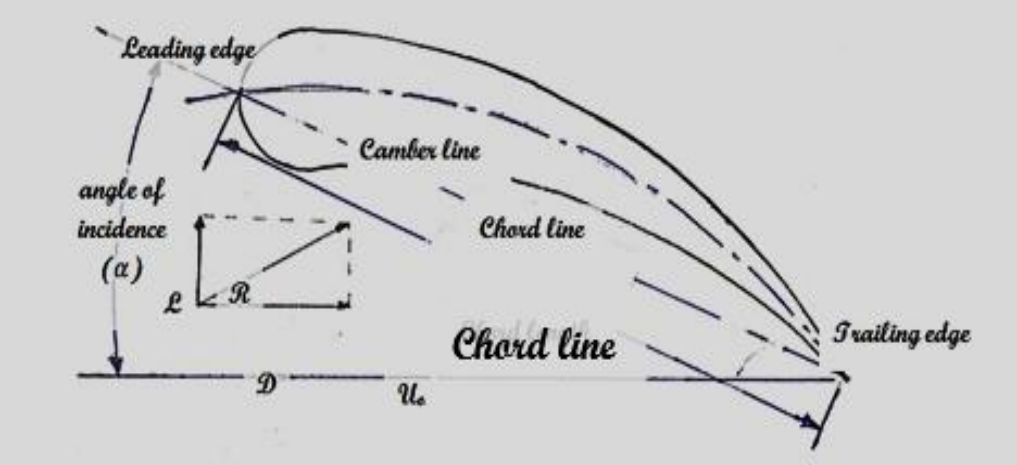
حيث: $\mathrm{C_L}$ = معامل الرفع.

$\mathrm{C_D}$ = معامل السحب.

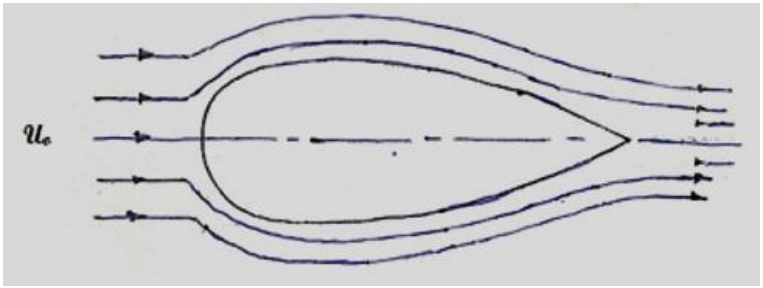
النسبة (L/D) أو $\{\mathrm{C_L}/\mathrm{C_D}\}$ مهمة جدًا وتعتمد على زاوية السقوط (α) والمتغيرات الهندسية الأخرى.

أفضل زاوية سقوط هي التي تعطي أقصى قيمة للنسبة بين معامل الرفع ومعامل السحب $\{\mathrm{C_L}/\mathrm{C_D}\}$. مع زيادة زاوية السقوط من الصفر، يزداد الشفط (الضغط السلبي) على السطح العلوي، خاصة نحو الحافة الأمامية ومعها يزداد الرفع. ومع ذلك، عند حدوث نسبة عالية بما فيه الكفاية، يقترب تدرج الضغط المعاكس بعد الذروة من القيمة التي يتطور عندها فصل الطبقة الحدودية. ومع زيادة معدل السقوط، ينتشر انفصال التدفق بسرعة على السطح العلوي، وتنخفض ذروة الشفط. في هذه الحالة، في منطقة التدفق المنفصل، يصبح الضغط أكثر ثباتًا تقريبًا على السطح بينما ينخفض ضغط الحافة الخلفية والرفع. ويقال بعد ذلك أن الجناح متوقف.

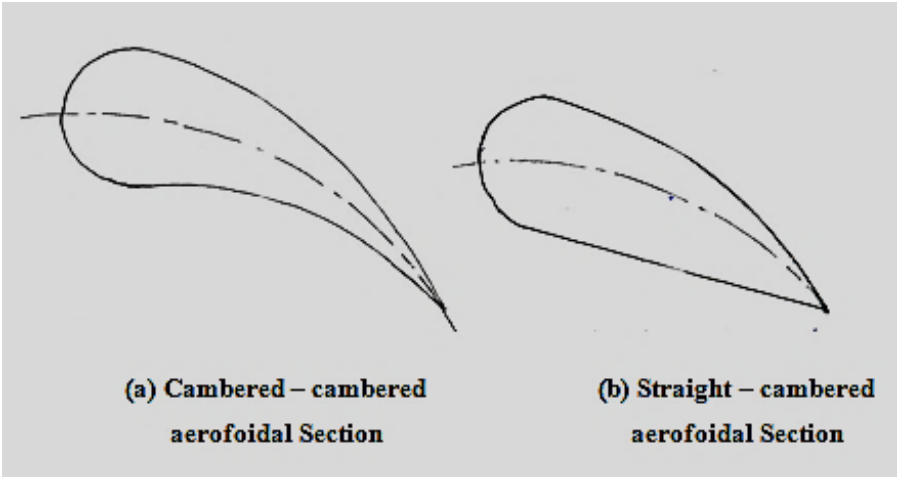
يمكن رسم أداء أي شفرة انسيابية في رسم بياني يوضح الاختلافات في معامل الرفع (C_L) ومعامل السحب (C_D) مع زاوية السقوط (α). يوضح الشكل 7 اختلافات غير نمطية في معامل الرفع (C_L) ومعامل السحب (C_D) مع زوايا السقوط (α).



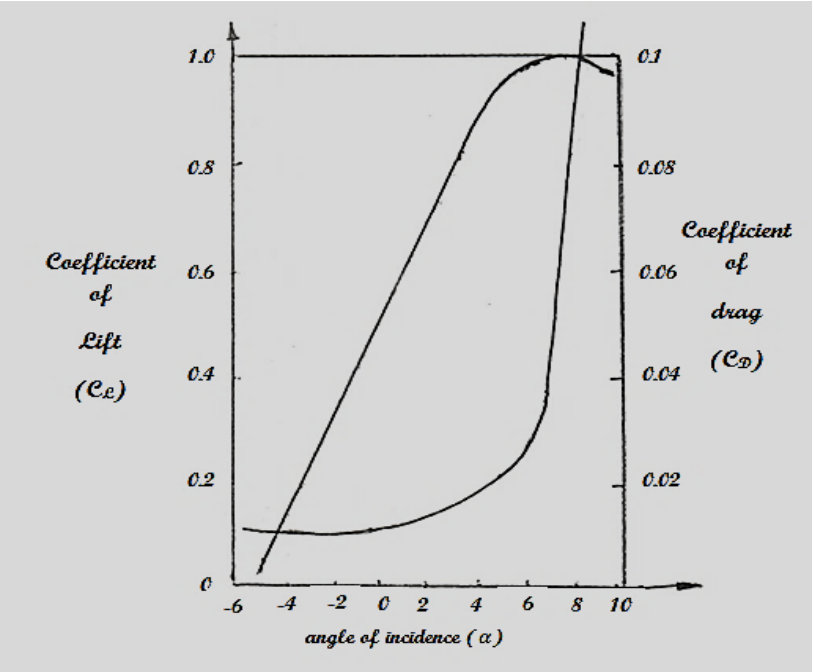
شكل 4: جسيم هوائي غير متماثل



شكل 5: جسيم هوائي غير متماثل



شكل 6: نوعان من المقاطع الجانبية للجسيم الهوائي



شكل 7: تباين C_L وC_D مع α لجسيمات نموذجية مقوسة – مقوسة

6.4 الاستنتاجات: (Conclusions)

العامل المشترك في جميع الآلات الديناميكية الدوارة هو أنه يتم تغذية السائل إلى العنصر الدوار بشكل مستمر بحيث يكون له مكونة سرعة مماسية (أو سرعة تدويم) حول محور العمود عند دخوله للعنصر الدوار ويخرج قطريًا أو محوريًا بعد فقد الزخم المماسي الذي يتحول لعزم دوران للعنصر الدوار في هذه العملية.

في توربينات التيار المائي، تعمل ثلاث شفرات أو أكثر من مقاطع الانسياب الهوائي على تحويل الطاقة الهيدروليكية للسائل المزود للآلة إلى طاقة حركية، ويحدث هذا بسبب الاختلاف الكبير في الضغط الناتج عن شكل وضبط زاوية معينة للهجوم. ينتج عن هذا الإجراء قوة على العمود وعزم دوران على الشفرة. يتم تركيب النظام الكامل على الأسطح العائمة في الأنهار أو مجاري المياه المتدفقة.

الفصل السابع

الخاتمة

(Conclusion)

7.1 مدخل:(Introduction)

يقدم البحث أعلاه نظرة عامة دقيقة على القاعدة الحالية للطاقة الهيدروحركية لتوليد الكهرباء من الطاقة الهيدروحركية، وآفاق هذه التكنولوجيا بالإضافة إلى مدى ملاءمة التوربينات للتيارات النهرية وتحديات التنفيذ.

يعتقد أن تكنولوجيا الطاقة الهيدروحركية التي تعمل بالمحور الرأسي أو الأفقي أو المائل لها مستقبل مشرق في كل من التطبيقات المستقلة والمتصلة بالشبكة لإنتاج الطاقة الموزعة أو المركزية، وهي أداة أخرى يمكن إضافتها إلى مزيج خيارات الطاقة المتجددة المتاحة حيثما تكون موارد المياه متاحة ومناسبة.

أخيرًا، يمكن القول إن تقنيات الطاقة الهيدروحركية آخذة في الظهور كحل قابل للتطبيق لتوليد الطاقة المتجددة ويجب الشروع في مبادرات بحث وتطوير ونشر مهمة قبل تحقيق نجاح تجاري حقيقي في هذا القطاع.

وجد أن كفاءة محول الطاقة (أي توربينة التيار المائي التي تم انشاؤها بمدينة عطبرة) تزداد بزيادة زاوية السقوط. حيث تصل قيمتها القصوى إلى 35.7% تقريبًا عند 83 درجة، ثم تنخفض بشكل حاد مع أي زيادة أخرى في زاوية السقوط.

7.2 تكلفة الوحدة التوربينية: (Cost of the Turbine Unit)

بمعدلات السوق الحالية، تبلغ تكلفة تركيب التوربين ما يقرب من ثلاثة أضعاف تكلفة مضخة ديزل مقاس 3 بوصات. والسبب الرئيسي لهذا النقص في التكلفة هو أن مضخات الديزل يتم استيرادها من خلال بنك التنمية الزراعية وبيعها للمزارعين بسعر صرف مدعوم. أما التوربين

فيتم شراء جميع المواد اللازمة لتصنيعه بسعر السوق الموازي. كما يتم توفير وقود الديزل للمزارعين بسعر مدعوم.

بالتكاليف الحالية، تبلغ نقطة التعادل لتكلفة التوربين حوالي خمس أضعاف تلك لتكلفة محرك الديزل. وعلى الرغم من ذلك، كان هناك اهتمام كبير بالتوربينات من قبل المزارعين والمصنعين المحتملين في منطقة عطبرة.

إذا أمكن إقناع بنوك التنمية باستيراد مواد التوربينات بنفس الأسعار المواتية لمضخات الديزل، فإن تكاليف توربينات التيار المائي ستكون حوالي مرة ونصف تكلفة مضخة الديزل، مما يعطي نقطة تعادل ما بين سنة وسنتين.

7.3 العمل المستقبلي: (Future Work)

كان أحد أهداف المشروع التجريبي هو تقييم مدى قبول التكنولوجيا للمزارعين المحليين. وكانت ردود الفعل على الآلة إيجابية للغاية من جميع الأطراف المعنية (أي المزارعين، والحكومة السودانية، والمنظمات الخارجية العاملة في السودان). وقد طلبت المنظمات العاملة في مناطق مختلفة من الشمال ثلاث آلات عرض أخرى لأغراض التقييم الخاصة بها.

وتتمثل المرحلة التالية من التطوير في العمل على نموذج الإنتاج خلال 18 شهرًا. سيتم بناء أربع توربينات أخرى لاختبار بعض تعديلات التصميم بهدف زيادة أداء التوربينات وخفض تكلفة المتر المكعب من المياه التي يتم ضخها.

خلال فترة الاختبار هذه، سيتم تنفيذ برنامج واسع النطاق لمسح الموقع لتحديد السوق المحتمل للآلة داخل السودان. وستشكل المقابلات مع المزارعين ووكالات التنمية جزءًا من مسح السوق هذا.

وسيلزم أيضًا إنشاء وسيلة لتصنيع التوربين على نطاق تجاري خلال فترة التطوير التالية. سيتم دراسة أفضل طريقة لتحقيق ذلك، إما داخل ورشة موجودة أو من خلال إنشاء منشأة تصنيع جديدة. ويجب تحديد أي مدخلات ضرورية لذلك وذلك لتوفير الأموال اللازمة لتصنيعها.

المراجع

(References)

[1] Garman P., 'Water Current turbines', a field worker's guide, II publications, London, 1986.

[2] Blue energy Canada, http://www.blueenergy.com, accessed 6 March 1999, 30 Sept. 2002.

[3] Hilton D. J., 'A vertical axis water turbine for extracting energy from rivers and tidal currents', proceedings of the 1st international conference on technology for development, I E Aust/ ADAB et al, Canberra, 24-28 November 1980, pp. (138-141).

[4] Baker A. C., 'Tidal power, Peter Peregrinus Ltd, 1991.

[5] Pearce F., 'Catching the tide', new scientist, 20 June 1998, pp. (34-41).

[6] Fraenkel P. L., Cultterbuck P., Stjernstrow B. and Bard J. 'Sea How', preparing for the world's first pilot project for the exploitation of marine currents at a commercial scale, proceedings of the 3rd European wave energy conference, Patras, Sept - Oct. 1998.

[7] Fraenkel P. L., 'Tidal currents', a major new source of power for the millennium, sustainable development international No. 1, 1999, PP. (107-112), ICG publishing, http://www.sustdev.org.

[8] Fraenkel P. L., 'Marine Currents', a promising large clean energy source, proceedings of the international mechanical engineering conference, 'power generation by renewables', London, 15-16 May, 2000.

[9] Fraenkel P.L., 'power from marine currents', proceedings of the Inst. Mech. Eng., J. power and energy 216(A1), 2002, PP. (1-14).

[10] Cairo D., Department of Aeronautical Engineering, University of Naples, Pers. Comm, 2001, 2003.

[11] Zoeb Husain, Zulkifly Abdullah, Zainal Alimuddin, 'Basic fluid mechanics and hydraulic machines, BS publications, Hyderabad, 2008.

[12] Rama S.R. Gorla, Aijaz A. khan, 'Turbo machinery design and theory', Marcel Dekker, Switzerland, 2003.

[13] Bernard Massey, 'Mechanics of fluids', Taylor and Francis, USA, sixth edition, 2006.

[14] Bernard Massey, 'Mechanics of fluids-solution manual, Taylor and Francis, USA, eighth edition, 2006.

[15] John F. Douglas, Janusz M. Gasiork, John A. Swaffield, Lynne B. Jack 'Fluid mechanics', sixth edition, Pearson publishers.

[16] John F. Douglas, 'solving problems in fluid mechanics, vol. 2', prentice Hall, 1996.

[17] John F. Douglas, 'solving problems in fluid mechanics, vol. 1', prentice Hall, 1996.

[18] Kari Sornes, 'small scale water current turbines for river applications', January 2010, zero emission resource organization.

[19] Thropton energy, physic lane, Thropton, North umber land NE65 7HV, United Kingdom, January 2010, http://www.throptonenergy.co.uk.

[20] Alternative energy, January 2010, http://www.alternativeenergy-news.info/

[21] S. Gahin, Mustafa M. Elsayed, Mohammed A. Ghazi, 'Introduction to engineering mechanics', King Abdul-Aziz University, Jeddah, Saudi Arabia, 1985.

[22] Bachelor, G. K., 'An introduction to fluid dynamics, Cambridge University press, 1967.

[23] Duncan, W. J. A. S. Thom, and A. D. Young, ‘Mechanics of fluids’, the Gresham press, Edward Arnold limited, 1978.

[24] Fox, R. W., and A. T. McDonald, ‘Introduction to fluid mechanics’, John Wiley and Sons, 1978.

[25] Hughes, W. F. and J. A. Brighton, ‘Fluid dynamics Schaum's outline series’, McGraw – Hill Book Company, 1967.

[26] James E. A. John, William L. Haberman, ‘Introduction to fluid mechanics’, Prentice Hall, Inc. 1980.

[27] Massey, B. S., ‘Mechanics of fluids dynamics’, Van Nostrand company Ltd, 1968.

[28] Kay, J. M. and R. M. Nedderman, ‘An introduction to fluid mechanics and heat transfer’, Cambridge University press, 1977.

[29] Schlichting, H., ‘Boundary – Layer theory’, McGraw – Hill, 1968.

[30] Webber, N. B., ‘Fluid mechanics for civil engineers’, University of Southampton, 1968.

[31] Streeter, V. L., and E. B. Wylie, ‘Fluid mechanics, McGraw – Hill Book Company, 1975.

[32] Stephen J. Kline, ‘Similitude and approximation theory’, McGraw – Hill Book Company, 1965.

[33] Osama Mohammed Elmardi Suleiman, (2015). Further Experimental Research Work on Water Current Turbines, LAP LAMBERT Academic Publishing, Member of Omni Scriptum Publishing Group, Germany, ISBN: 978-3-659-58160-1.

[34] Osama Mohammed Elmardi Suleiman Khayal & Mahmoud Yassin Osman, July (2018). Atbara Water Current Turbine, International Journal of Engineering & Computer Science (IJECS), Vol. 1 No. 1, PP. 30 – 46.

[35] Freddie L. Inambao, Department of Mechanical Engineering, University of Kwa-Zulu Natal, Durban, South Africa, https://orcid.org/0000-0001-9922-5434, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55596483700, Tuijin Jishu/Journal of Propulsion Technology, ISSN: 1001-4055, Vol. 44 No. 5(2023) .