الجزء الثالث

طاقة الأمواج والمد والجزر

مقـــدمة

طاقة الأمواج والمد والجزر هى نوع من الأنواع الكثيرة والمتعددة من الطاقة الجديدة والمتجددة والنظيفة والصديقة للبيئة . والمقصود بالطاقة المتجددة تلك الطاقة التى تأتى من مصدر طبيعى لا ينضب بمرور الزمن ، وكل ما ينتجه هذا المصدر من الطاقة يمكن تحويله من صورة إلى صورة أخرى كما نص على ذلك قانون بقاء الطاقة . ولابد من عملية التحويل هذه حتى يتناسب استخدامها مع تقنيات العصر الحديث . وهذا يعنى أن البشر يعيشون فى محيط من الطاقة التى لا تنضب ولا تتوقف . وأقوى أنواع الطاقة على الإطلاق هى «الطاقة الشمسية» وهى المصدر الرئيسى لكل الطاقات الجديدة والمتجددة والنظيفة والصديقة للبيئة .

وطاقة المياه (وخاصة مساقط المياه فقط) يمكنها إنتاج ٨٠% من مجموع ما يستهلكه الإنسان على سطح الأرض من الطاقة الكهرومائية . ولو تم استخدام اندفاع الماء الذى يحدث فى المد والجزر لأمكن تزويد البشرية بنصف احتياجاتها من الطاقة . وطاقة الأمواج والمد والجزر تعتبر مصدرا مهمًا من مصادر الطاقة الميكانيكية والموجودة كمصدر طبيعى . وينشأ المد والجزر من الجاذبية بين الأرض والقمر ويصل المد ذروته عندما يتعامد القمر مع سطح الأرض . والعالم الألمانى « جوهانس كبلر » هو أول من قدّم تفسيرا علميًا سليما لهذه الظاهرة وجاء بعده العالم البريطانى «إسحق نيوتن» ووضع قوانين الجاذبية بين مختلف الاجسام وبذلك أمكنه وضع الأساس الذى تقوم عليه قوانينه.

طاقة الأمواج

قبل أن نتكلم عن طاقة الأمواج لابد لنا أن نعرّف الموجة بأنها (أىّ إرباك دورى يحدث فى الوسط) . وكلمة «دورى» معناها أن الإرباك يكرر نفسه بانتظام فى فترات زمنية متساوية .

والموجات بصفة عامة تنقسم إلى قسمين أساسيين هما على الترتيب :

١ـ الموجة الطولية :

الموجة الطولية عبارة عن عدد متتالى من التضاغطات والتخلخلات . وفى هذه الموجة تتحرك جزيئات الوسط فى نفس اتجاه انتشار الموجة .

ومن أمثلتها : الموجات الصوتية بجميع تردداتها ، والموجات الميكانيكية.

والشكل(١ – أ) يبين انتشار موجة طولية فى سلك زنبركى..

أما شكل(١–ب) فيبين ماكينة يدوية توضح كيفية الحصول على موجة طولية ..

تخلخل تضاغط تخلخل

شكل(١–أ) موجة طولية تنتشر فى سلك زنبركى

تضاغط تخلخل .....

شكل (١-ب) ماكينة يدوية تبين كيفية الحصول على أمواج طولية

٢- الموجة المستعرضة :

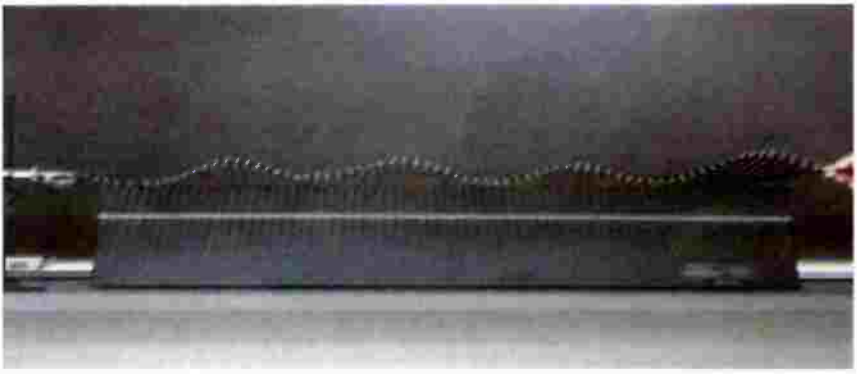
تتكون الموجة المستعرضة من عدد متتالى من القمم والقيعان (أى : قمة وقاع – قمة وقاع وهكذا). وفى الموجة المستعرضة تتحرك جزيئات الوسط فى اتجاه عمودى على اتجاه انتشار الموجة . فإذا كانت الموجة تنتشر أفقيًا من اليمين إلى اليسار أو العكس فإن جزيئات الوسط تتحرك إلى أعلى وإلى أسفل .

ومن أمثلة الموجات المستعرضة (جميع الموجات الكهرومغناطيسية مثل موجات الضوء العادى بجميع ألوانه – والأشعة السينية والتى تستخدم فى التشخيص الطبى- وأشعة «جاما» والتى تصدر عن كل المصادر والمواد المشعة- وموجات البحار والمحيطات وموجات المد والجزر .

والشكل رقم(٢) يبين الموجة المستعرضة .

وتتكون الموجة المستعرضة من قمة وقاع على التوالى .. هكذا :

قمة قاع قمة قاع .....



شكل (٢) : موجة مستعرضة تتكون من قمة وقاع على التوالى

وطاقة الأمواج هى أحد مصادر الطاقة الجديدة والمتجددة والنظيفة والصديقة للبيئة حيث يتم استغلال حركة الأمواج فى البحار والمحيطات وذلك بوضع توربينات خاصة يمكن للأمواج أن تحركها فتتولد كمية كبيرة من الطاقة الكهربية . وباستخدام عدد كبير من هذه المولدات يمكن الحصول على كمية كبيرة من الكهرباء يمكن نقلها عن طريق شبكة من الأسلاك لتوصيلها إلى المناطق السكنية أو المناطق الصناعية.

طاقة المحيطات :

إذا نظرنا نظرة متفائلة إلى بحار ومحيطات العالم فسنجد أنها يمكنها أن تمدنا بالطاقة اللازمة لتشغيل منازلنا ومصانعنا وجميع أعمالنا. ولكن للأسف الشديد وحتى الآن ليس هناك خطة تطمح إلى توليد نسبة معقولة من الطاقة الكهربية من طاقة المحيطات والبحار. ومحطات توليد الطاقة الكهربية من البحار والمحيطات تعتبر قليلة جدًا على مستوى العالم .

ولكن السؤال الآن :

(كيف يمكن الحصول على الطاقة من البحار والمحيطات ؟).

والإجابة عن هذا السؤال هى أن هناك ثلاث طرق رئيسية للحصول على الطاقة من البحار والمحيطات :

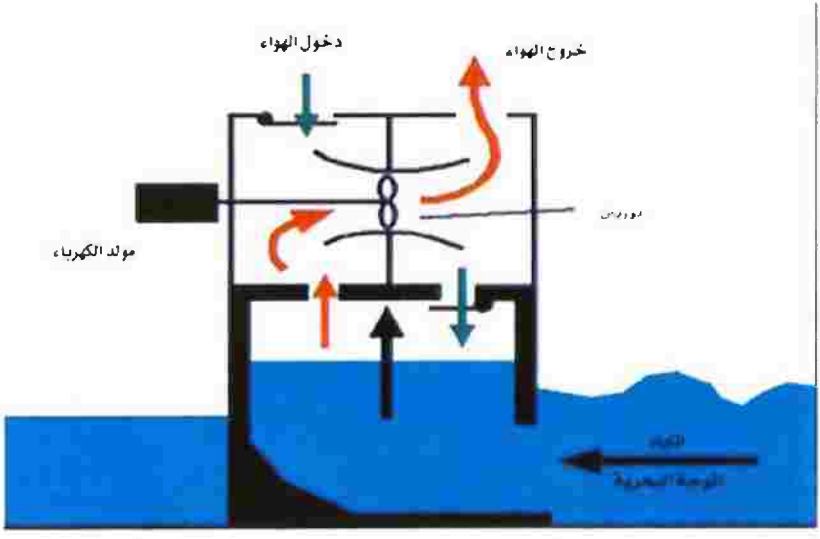
١ - من موجات البحار والمحيطات .

٢ - من موجات المد المرتفع والمد المنخفض .

٣ - من فروق درجات حرارة المياه بين السطح والأعماق .

الطريقة الأولى:

هذه الطريقة تعتمد على توليد الطاقة الكهربية من موجات المحيطات والبحار. والشكل رقم (٣) يوضح فكرة عمل هذه الطريقة :



شكل (٣)

عند النظر إلى الشكل السابق نجد أن طاقة الحركة المصاحبة لموجات البحار والمحيطات يمكنها أن تحرك «التوربين» . فعندما تندفع الموجة من أسفل تتحرك داخل غرفة فتدفع الهواء لأعلى حيث يخرج ، وعند خروجه يقوم بتحريك زعانف (ريش) التوربين ، وعندما تهبط الموجة يقل ارتفاع الماء داخل الغرفة فيندفع الهواء داخل التوربين محركًا إياه. وهناك طرق أخرى يتم شرحها فيما بعد وتعتمد على حركة مكبس لأعلى وأسفل داخل أسطوانة .

الطريقة الثانية :

هذه الطريقة يمكن بها توليد الطاقة الكهربية من موجات المد العالى والمد المنخفض (المد والجزر) . فى هذه الطريقة عندما تقترب موجات المد من الشاطئ يمكن تخزين المياه خلف عدد من السدود ، وعندما تنخفض موجات المد يمكن استغلال هذه المياه المخزنة فى تحريك توربينات لتوليد الطاقة الكهربية. ومن المعلوم أن طاقة المد والجزر تم استخدامها منذ القرن الحادى عشر عندما تم بناء عدد من السدود على طول شواطئ محيطات أستراليا وعلى امتداد الخلجان الضيقة. وتم استخدام هذه المياه فى إدارة عجلات مائية يمكنها تشغيل طواحين الغلال أو كسّارات الحجارة.

وحتى نحصل على طاقة مد كبيرة نحتاج إلى زيادة كبيرة فى ارتفاع موجات المد . ومثال لذلك نجد أن متوسط ارتفاع موجات المد بين ارتفاعها وانخفاضها يعادل على الأقل ١٦ قدمًا .

وهناك بعض النماذج الكبيرة لتوربينات موجات المد والجزر فى فرنسا تنتج حوالى ٢٤٠ ميجا وات / ساعة من الكهرباء وهى تكفى لتشغيل ٢٤٠ ألف منزل تشغيلا كاملا . وهذه النماذج تم تشغيلها فى فرنسا عام ١٩٦٦م والقوة الإجمالية لها تعادل خمس الطاقة الكهربية الناتجة من مفاعل نووى أو محطة لإنتاج الكهرباء تدار بالفحم الملوث للبيئة والقاتل للبشر .

والشكل رقم (٤) يوضح نموذجًا لهذه الطريقة :

شكل (٤)

الطريقة الثالثة :

تعتمد هذه الطريقة على توليد الطاقة الكهربية من الطاقة الحرارية الناتجة من فروق درجات الحرارة للمياه. وإذا عدنا إلى الماضى ، أى : حوالى عام ١٨٨١م فسنجد أن العالم الفرنسى «جاكويز دارسونال» هو أول من اشتغل بهذه الطريقة .

ويمكنك أن تشعر بفرق درجات الحرارة إذا كنت تعوم فى مياه المحيط وحاولت الغوص (الغطس) إلى أسفل فستجد أن الماء أصبح باردًا عن نظيره فى سطح المحيط .

ويمكن بناء مثل هذه المحطات والتى تعمل على فروق درجات الحرارة عندما يصل الفرق فى درجة الحرارة إلى ٣٨ درجة فهرنهيتية (ف). وموجود نموذج من هذه المحطة فى جزر «هاواى» .

* * *

مميزات طاقة الأمواج والمد والجزر:

١ - متوفرة فى كل مكان فى العالم حيث تتوافر مصادر ومساقط المياه .

٢ - مصدر من مصادر الطاقة يتواءم دائما مع البيئة وتنميتها وخاصة فى المناطق النائية والمطلة على السواحل .

٣ - لا تلوث البيئة وتحافظ على الصحة العامة وتقلل نسبة التلوث الناتج من الوقود الحفرى (الوقود التقليدى) .

٤ - اقتصادية ، أى : غير مكلفة ، ولها دور اقتصادى كبير إذا استخدمت على أساس علمى .

٥ - ضمان استمرارها ، ومولداتها لا تحتاج إلى صيانة مكلفة .

٦ - ليست لها أية أضرار ولا تحدث أى ضوضاء .

٧ - تساعد على التنمية الناجحة وتساعد على تطوير فكر الشباب .

٨ - يمكن تصنيع مكوناتها محليًا فى كل الدول النامية ولا تحتاج إلى وكلاء عالميين مثل طاقة الرياح مما يوفر فرص عمل للشباب فى الدول النامية التى لديها شواطئ .

شدة وعظمة الأمواج :

تتحرك الموجات البحرية أو موجات البحار والمحيطات بقوة كبيرة تبين عظمة وشدة هذه الأمواج ؛ مما يشجع على الإسراع فى استخدام هذه الطاقة (طاقة الأمواج والمد والجزر) حيث إن البدائل الأخرى مثل توربينات الرياح معقدة فى تصنيعها . والشكل رقم (٥) يبين عظمة وشدة طاقة الأمواج :

شكل (٥) : يبين شدة وعظمة طاقة الأمواج

ويمكن تقسيم الطاقة الكهربية المتولدة من المياه بصفة عامة إلى :

١ - طاقة الأمواج .

٢ - طاقة المساقط المائية .

٣ - طاقة المد والجزر .

أما طاقة المساقط المائية فتعتمد أساسًا على التبادل بين طاقة الوضع وطاقة الحركة ومجموعهما يساوى مقدارًا ثابتًا بحيث إذا زادت إحداهما تقل الأخرى ، وطاقة الحركة تتناسب مع مربع السرعة ، أما طاقة الوضع فتعتمد على الارتفاع . ويلاحظ أن أصل طاقة المياه - سواء كانت مساقط (شلالات) أو أمواجًا - هو « الطاقة الشمسية» والتى بدورها تعمل على تبخير الماء وتتصاعد هذه الأبخرة إلى طبقات الجو العليا مكونةً السُحب التى تتحرك فى اتجاه الرياح. وإذا قابلت هذه السُحب منطقة جبلية فإنها تبرد أكثر وتسقط مطرًا وبعد تجمُعها تكوّن الشلالات . فإذا وضعت توربينات مائية فى طريق هذه الشلالات فإنها تعطى كميات كبيرة من الطاقة الكهربية .

شكل (٦) : صورة لشلال وأخرى لتوربين موضوع فى أسفل الشلال

مميزات الطاقة الكهربية الناتجة من مصادر المياه :

١- لا تحدث أى تلوث للبيئة المحيطة.

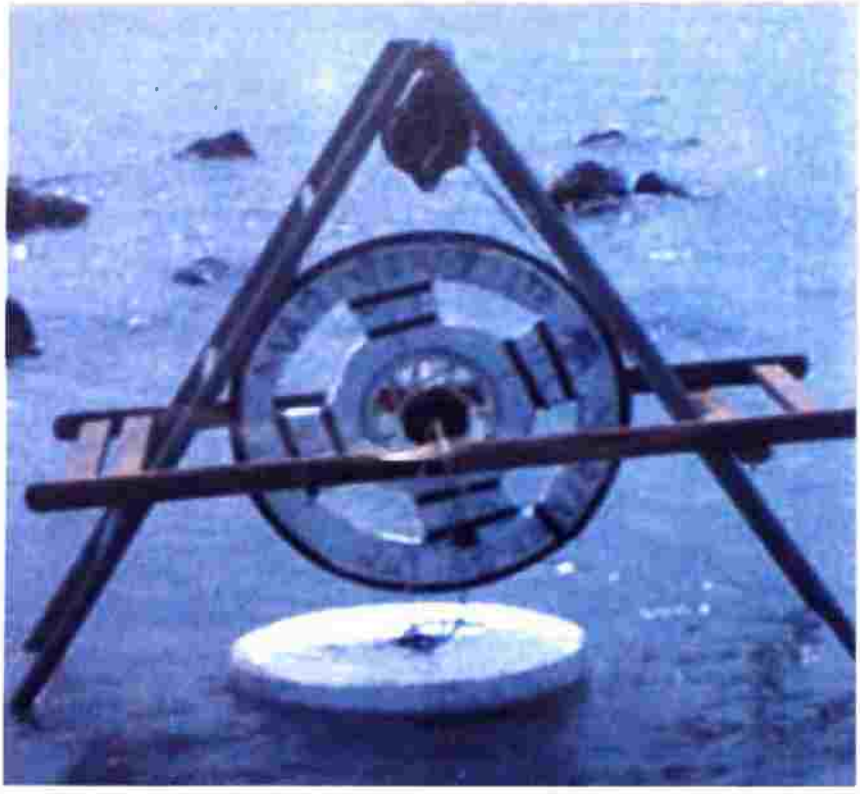
٢- المال الذى يتم استثماره فيها فى تزايد دائمًا.

٣- توربينات المصادر المائية ذات كفاءة مرتفعة.

٤- صيانة توربينات المياه سهلة وغير باهظة التكاليف.

٥- تصنيعها أسهل بكثير من أى توربينات أخرى.

وكان أول اختراع لتحويل طاقة الأمواج إلى طاقة كهربية فى عام ١٧٩٩م أى : من قرابة ثلاثمائة عام ، وفى ذلك الوقت تم تصنيع أكثر من ثلاثمائة توربين ومولد كهربى يعمل بطاقة الأمواج كما فى الشكل رقم (٧) والذى يبين صورة لأول توربين تم اكتشافه وتصنيعه :

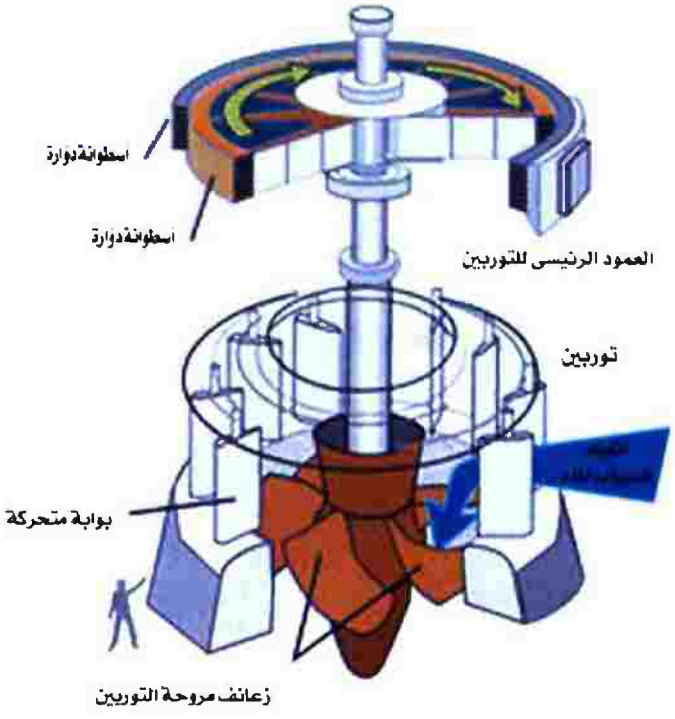


شكل (٧) : صورة لأول توربين تم اكتشافه وتصنيعه

وعلى المستوى التجارى لم يزد عدد المولدات زيادة طفرية . وفى أوروبا الغربية يتم إنتاج ما مقداره ٩٠٠ تراوات / ساعة (٩٠٠ مليون مليون وات / ساعة) فى العام الواحد وهو كم كبير جدًا من القدرة الكهربية الناتجة من طاقة الأمواج. ومن طاقة المد والجزر يتم إنتاج ما مقداره ٤٨ تراوات / ساعة بحيث يمكن استخدامها مباشرة فى الليالى القمرية عندما يزداد المد البحرى أو المد فى المحيطات أو يشحن بها بطاريات تستخدم مع عدد من المحوّلات (Converters) لتحويلها إلى تيار وفرق جهد متردد .

والشكل رقم (٨) يبين مقطعًا فى توربين مائى :

مولد كهرباء



شكل (٨) : مقطع فى توربين مائى

وقد قام مختبر تابع للبحرية الأمريكية بتسجيل موجة قياسية فى إعصار عام ٢٠٠٤م . وهناك معامل أبحاث تابعة لوكالة الطيران والفضاء الأمريكية (ناسا) بها أجهزة متطورة يمكنها قياس طاقة المنحدر والجرف وكذلك ديناميكا التبادل بين طاقة الحركة والطاقة الكهربية الناتجة. والأجهزة المستخدمة فى القياس يمكن وضعها فى أعماق المحيط على عمق ٦٠-٩٠ مترًا لقياس طاقة الأمواج والمد والجزر .

والشكل رقم (٩) يبين عددا من التوربينات مثبتة أسفل الماء :

شكل (٩): عدد من التوربينات مثبتة أسفل الماء

والشكل رقم (١٠) يبين محوّل طاقة مثبّتًا داخل الأمواج :

شكل (١٠)

وفى وكالة ناسا للفضاء أيضا تم تسجيل بعض الأمواج القياسية من حيث القوة والارتفاع حيث بلغ ارتفاعها ٢٧ (سبعة وعشرين) مترا . وهذه الموجة هى أضخم موجة تم تسجيلها حتى الآن بمقياس الأمواج والذى يتم تثبيته بواسطة ستة مراسى . والمرساة هى كتلة ثقيلة توضع فى الأعماق ويخرج منها سلك متين من الصلب القوى مثبت به من أعلى أو قرب السطح جهاز القياس . ولك أن تتخيل أن أجهزة القياس لا يمكنها تحمُّل قوة العواصف أو الأعاصير بحيث إذا مرت عين الإعصار على مثل هذه الأجهزة فستدمرها . وإذا كانت موجة العواصف القياسية بارتفاع ٢٧ مترا فقد تم تسجيل موجة إعصار قياسية أخرى بارتفاع ٣٩ مترا وهو ارتفاع عمارة سكنية مكونة من ١٣ طابقا .

وفى كندا قامت شركة تسمى (شركة الطاقة الزرقاء) بتطوير التوربينات التى توضع عند تيارات المحيطات حيث تمدنا بالطاقة الكهربية النظيفة بعد تحوُّلها بواسطة التوربينات . وحول العالم الآن يوجد يوميًا ٢ مليار من البشر على سطح الأرض يعيشون بدون كهرباء . وللعلم فإن أعلى تلوث ينتج من محطات الكهرباء التقليدية . ولذلك فإن إنتاج الطاقة النظيفة والمتجددة من مصادر عديدة يتطلب فى جميع الأوقات اهتمام الحكومات وإصدار قرارات سياسية جريئة .

ولوجود مشاكل بيئية كبيرة جدًا ومدمرة للبشرية حيث اقترب العالم من نقطة اللاعودة اتجهت الأنظار وبصورة جدية إلى إنتاج الأنواع النظيفة من الطاقة ، كالتى ذكرناها فى الجزءين الأول والثانى ، وأيضا التى نحن بصددها فى هذا الجزء وهى طاقة الأمواج والمد والجزر والتى تتطلب توربينات ذات

تصميمات خاصة . وكما هو واضح فى الشكل السابق فعندما يثبت التوربين فى المياه أو عند مساقطها تقوم المياه بتحريك مروحة التوربين حركة مغزلية حول محوره ثم تنقل هذه الحركة إلى مولد كهرباء عادى حيث تتولد كمية من الكهرباء كبيرة جدًا إذا كان لدينا عدد كبير من هذه التوربينات . وباستخدام شبكة عادية من الأسلاك يتم نقل هذه الكهرباء إلى المناطق السكنية أو الصناعية حيث يتم الاستهلاك.

وكما تقول الشركة الكندية المتخصصة (بعكس الطاقة المتولدة من السدود حيث يرتفع منسوب المياه وعند سقوطها يتحرك التوربين) نجد أن طاقة الأمواج والمد والجزر يتم بناء أنظمتها بحيث تجعل التدمير البيئى أقل ما يمكن ، وأيضًا فى هذا النظام تتحرك زعانف المراوح التوربينية حركة بطيئة بحيث لا تقتل الأسماك بل يمكن للأسماك أن تعوم وتتحرك داخل هذه التوربينات. وطاقة الأمواج ذات كفاءة عالية عن طاقة الرياح حيث إن كثافة الماء أعلى من كثافة الهواء . وقد قامت هذه الشركة بإمداد دولة « الفلبين » بأحد مشروعات طاقة الأمواج والمد والجزر حيث تم إمداد إحدى الجزر بطاقة كهربية قدرها ٢٢٠٠ ميجا وات/ساعة من الكهرباء وهى كمية كبيرة تكفى لتشغيل المصانع وإمداد المنازل بالكهرباء فى هذه الجزيرة .

* * *

طاقة أمواج البحار والمحيطات:

توليد الطاقة الكهربية من طاقة الأمواج يعتبر فى هذه الأيام حديث العصر حيث إن كثيرا من الأنواع الأخرى من الطاقة النظيفة تستخدم منذ فترة طويلة على المقياس الصناعى ، وأصبحت خبرة العالم فى الطاقة الجديدة والمتجددة والنظيفة كبيرة جدًا. وبدأ العالم ينتبه إلى هذا النوع من الطاقة بدءًا من عام ٢٠٠٣م . والأجهزة المستخدمة فى توليد هذا النوع من الطاقة يمكن تصنيفها على أنها تكنولوجيا عامة . ورياح المحيطات تندفع بقوة أكبر وسهلة الاستخدام من المُناظرة لها على اليابسة . هذه الرياح والتقلبات الجوية التى نشهدها سببها المباشر هو «الطاقة الشمسية» والتى كما ذكرنا سابقًا هى أم الطاقات الجديدة والمتجددة والنظيفة والصديقة للبيئة بجميع أنواعها حيث يتم تصنيع مولدات كهربية تتناسب مع كل نوع من هذه الأنواع الصديقة للبيئة . فمولدات طاقة الأمواج والمد والجزر لها مواصفات خاصة تختلف باختلاف المكان فتصميمها للمحيطات يختلف تمامًا عن تصميمها للبحار وكذلك يختلف عن تصميمها لأماكن قرب الشواطئ .

والسبب المباشر لطاقة موجات البحار والمحيطات وطاقة المد والجزر هو «طاقة الرياح» . وهذا معناه أن بحار ومحيطات العالم ستصبح فى العقود القليلة المقبلة مصدرًا منافسًا لمصادر الطاقة المتجددة الأخرى وذلك من الناحية الاقتصادية.

عندما تمر الرياح مداعبةً أسطح البحار والمحيطات تتفاعل معها وتبدأ الأمواج فى الظهور بطريقة غير منتظمة متغيرة بين ارتفاع وانخفاض . هذه

الارتفاعات والانخفاضات تكرر نفسها بانتظام ولكن بترددات منخفضة جدًا فتقوم محوّلات الطاقة بتحويلها إلى موجة ذات تردد مقداره ٦٠ ذبذبة فى الثانية أو ٦٠ هيرتز (والهيرتز هو وحدة قياس التردد وهو مقلوب الزمن). وفى هذه الحالة يمكن استخدام هذه الأمواج فى توليد الطاقة الكهربية.

وفى عام ١٩٩٥م تم التوصل إلى محول طاقة لديه القدرة على إنتاج ٦٨٥ كيلو وات/ساعة وانتشر هذا النوع من المحوّلات فى أنحاء العالم فى ذلك الوقت مع كل مستخدمى طاقة أمواج المحيطات . وتم تجربة هذا المحوّل التوربينى فى كاليفورنيا وسان فرانسيسكو بالولايات المتحدة الأمريكية .

ويمكن القول بصفة عامة أن طاقة الأمواج تنتج من الاحتكاك بين الهواء وسطح الماء وكذلك من تغييرات الضغط التى تحدث فى الرياح أثناء احتكاكها بسطح الماء . وطاقة الأمواج هى فى الغالب طاقة ثابتة بخلاف الأنواع الأخرى من الطاقة النظيفة بمعنى أنه يمكنها التحرك لمسافات طويلة دون أى فقد .

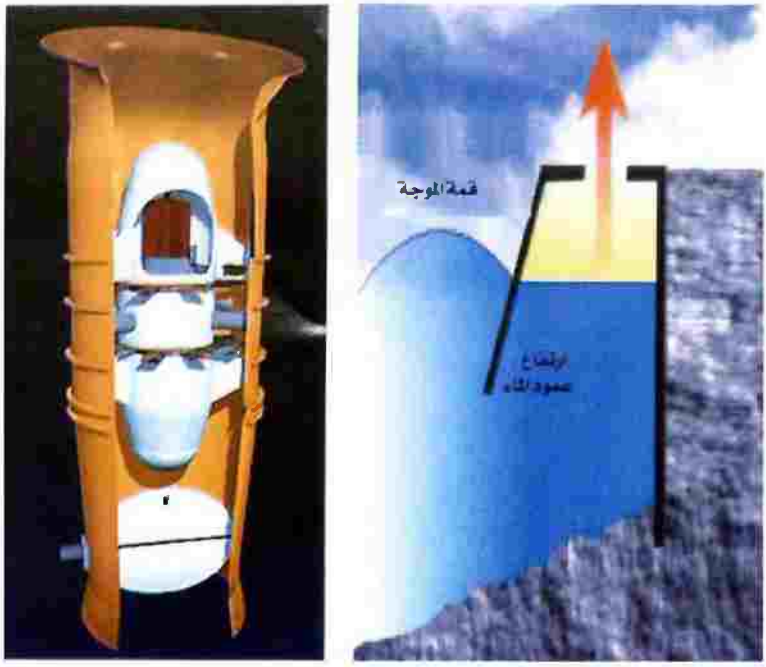
وحتى تصل إلينا المعلومة واضحة لوحظ أن طاقة الأمواج فى البحار والمحيطات تقل إلى النصف إذا تحركت مسافة قدرها ١٢٠٠ كيلومتر. وحركة هذه الأمواج تقوم بنقل الطاقة ، وعندما تنحصر هذه الأمواج فى مضيق أو مكان ضيّق تتحول طاقتها إلى طاقة حرارية نتيجة الاحتكاك بالقاع وانكسار الموجة نفسها . وفى البحار نجد أن هناك أمواجًا متغيرة فى الاتجاه والارتفاع وفى زمن تكرارها لاختلافها فى مساحة السطح عن المحيطات الشاسعة . وعند تصميم المولدات أو المحوّلات لابد من الأخذ فى الاعتبار ارتفاع الموجة نفسها

حيث إن الطاقة تتناسب أيضا مع الارتفاع بالإضافة إلى أنها تتناسب مع مربع السرعة .

وهناك مجموعات بحثية كبيرة تقوم بإجراء البحوث فى مجال تحويل طاقة الأمواج إلى طاقة كهربية . وأفضل هذه المجموعات توجد فى « إسرائيل» وتسمى (مجموعة « إسرائيل» لتنمية الطاقة S.D.E) والتى تنتج مثل هذه التوربينات التى تعمل حتى فى أصعب الظروف الجوية .

ومن الأشياء التى تجعل البشر مضطرين إلى استخدام طاقة الأمواج فى إنتاج الطاقة الكهربية : زيادة تكلفة استخراج البترول من باطن الأرض لاستخدامه فى إنتاج الطاقة الكهربية . وهذه الطريقة ملوثة بل قاتلة للبيئة . وتعتمد الطريقة الإسرائيلية أساسًا على تحويل طاقة الأمواج إلى ضغط هيدروليكى والذى - بدوره - يتحول بسهولة شديدة إلى طاقة كهربية . وهذا النظام مختلف تمامًا عن أنظمة التحويل الأخرى . ويعتمد هذا النظام الجديد أيضًا على الاستفادة من سرعة الموجة وارتفاعها والعمق البحرى وزمن التكرار ولا تحتاج إلى مساحات شاسعة من المسطحات المائية كالطرق السابقة. وفى النظام الجديد يمكن إنتاج ٣٨ كيلو وات/ساعة لكل متر مقابل للشاطئ مما يعطى كمًا كبيرا من الطاقة الكهربية المتولدة من طاقة الأمواج. والمولدات التوربينية التى تثبّت فى الماء تعتمد أساسًا على استمرار حركة التوربين لأعلى وأسفل فى نفس الاتجاه فى غرفة التجميع ، وهذا التوربين يقوم بتحريك المولد والذى يحول هذه الحركة إلى طاقة كهربية.

والشكل رقم (١١) يبين مقطعا فى توربين مانى ورسما تخطيطيًا لهذا النوع الجديد :



شكل (١١)

وفى النرويج تم التوصل أيضًا إلى نظام جديد للحصول على الطاقة الكهربية من طاقة الأمواج ويعتمد على الحركة الرأسية لجزء طاف فى التوربين ويتم توصيل هذا الجزء بمكبس مضخة هيدروليكية. ويمكن الاستفادة من هذا النظام فى توليد الكهرباء بالإضافة إلى تحلية مياه البحر وإمداد المزارع السمكية بالماء النظيف. وعلى هذا يمكن القول بأن العلماء النورويجيين فى الخمس والعشرين سنة الماضية قدموا خدمات عظيمة للعلم فى مجال توربينات الأمواج. وتم إجراء هذه البحوث فى الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا وركزت هذه الأبحاث - كما ذكرنا سابقًا - على الحركة الترددية للتوربين.

والشكل رقم (١٢) يبين صورة أخرى لتوربين مائى يعمل بطاقة الأمواج :

شكل (١٢)

وهناك مجموعة بريطانية من العلماء تسمى «مجموعة الطاقة الزرقاء» - كما ذكرنا سابقًا - وتعمل منذ عشر سنوات فى مجال تطوير توربينات الأمواج وطاقة المد والجزر . وعند استخدام عدد من هذه الأنظمة فى توليد ٢٠٠٠ ميجا وات من موجات المد يكون سعر الكيلو وات/ساعة (= ٢ سنت) وهو أقل عشر مرات من تكلفة الكهرباء من الوقود الحفرى (التقليدى) .

المد والجزر

يُعرَّف المَدُّ بأنه الارتفاع والانخفاض الدورى لسطح مياه المحيطات نتيجة قوى المد للقمر والشمس والتى تؤثر على الأرض . وموجات المد تؤثر على أعماق البحار وتنتج أيضًا تيارات متذبذبة تسمى «تيارات المد» . والتغيرات الناتجة من المد فى مواضع مختلفة من الكرة الأرضية تعتمد على تغيُّر وضع القمر والشمس بالنسبة للأرض وكذلك على دوران الأرض حول الشمس. وأقصى ارتفاع للماء يطلق عليه «المد العالى» أو المرتفع ، وأقل ارتفاع للماء يسمى «المد المنخفض» . وعند أى نقطة فى المحيط يوجد مدَّان مرتفعان ومدَّان منخفضان فى اليوم الواحد. والفرق فى الارتفاع الموجى بين المد المرتفع والمد المنخفض فى كل يوم يعتمد على وضع القمر بالنسبة لخط الاستواء. ويكون هذا الفرق صغيرًا إذا كان القمر فوق خط الاستواء مباشرة. والمد المرتفع يحدث دائمًا كل ١٢ ساعة وأربع وعشرين دقيقة . فرقم ١٢ ناتج من دوران الأرض حول الشمس ورقم ٢٤ دقيقة ناتج من دوران القمر حول الأرض .

وعندما ينخفض مستوى الماء يسمى الجَزْر (Ebb tide) وارتفاع موجة المد المرتفع والمد المنخفض يعتمد أساسًا على مستوى الماء فى البحار والمحيطات . ويحدث المد المرتفع عادة عندما تكون الشمس والقمر والأرض على خط واحد. وعندما يكون المد فى أقصى قيمة له يسمى «المد الربيعى» (Spring tide) وكلمة ربيعى هنا ليس المقصود بها فصل الربيع ولكن يقصد بها «القفز العلوى» (Jump) .

وعندما يكون القمر فى الربع الأول أو الثالث من دورته تكون الشمس والقمر بينهما زاوية مقدارها ٩٠ درجة وذلك عند النظر من الأرض . وفى هذه الحالة نجد أن القوة الناتجة من الأرض تلغى جزئيًا القوى الناتجة من القمر وفى هذه الحالة يكون المد فى أقل قيمة له . وبُعد القمر من الأرض يؤثر تأثيرا مباشرا على ارتفاعات المد .

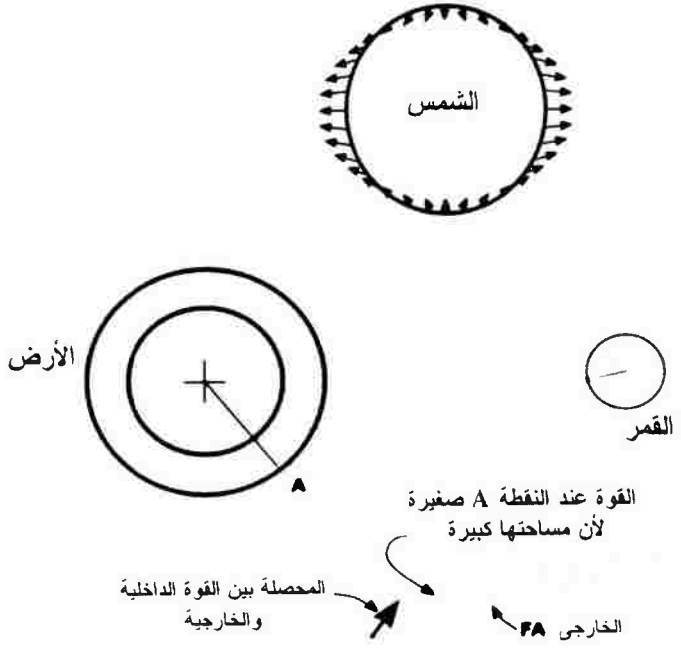
ومعروف أن موجات المد الناتجة فى المحيط الأطلنطى تأخذ يوما واحدا تقريبا لتصل إلى القنال الإنجليزى وتحتاج إلى يوم آخر لتصل إلى بحر الشمال ويكون لها تأثير فيه . وفى البحر الأبيض المتوسط وبحر البلطيق توجد موجات من «المد الهادئ» والمسمى «المد المنخفض» ؛ ويرجع ذلك إلى اتصال كل من هذين البحرين بمساحة ضيقة بالمحيط الأطلنطى . ولنفس السبب يوجد هذا «المد المنخفض» فى خليج المكسيك وبحر اليابان وأيضا على شاطئ أستراليا لوجوده فى صورة مستقيمة وليست ملتوية مما يؤثر على موجات المد والجزر.

المد والجزر من الناحية الفيزيائية :

للنظر إلى كل من المد والجزر من الناحية الفيزيائية لابد من معرفة أن قوة الجاذبية الناتجة من الشمس والتى تؤثر بها على الأرض تعادل ٢٠٠ مرة أكبر من قوة الجاذبية التى يؤثر بها القمر على الأرض. وقوة المد الناتجة من القمر أقوى مرتين من قوة المد الناتجة من الشمس والسبب فى هذا هو أن قوة المد لا تتناسب مع شدة مجال الجاذبية ولكن تتناسب مع تغيُّر المسافة فيما نسميه «انتشار» (Gradient) . وعلى هذا فإذا كانت المحيطات ذات عمق ثابت وليس هناك أى يابسة مرئية فسنجد أن موجات المد (ارتفاع المياه) تظهر فى

منطقتين : الأولى هى المقابلة للقمر ، والمنطقة الثانية فى الاتجاه المعاكس من الأرض ؛ أى : بعيدًا عن القمر. وأيضًا نجد أن هناك مدًّا وجزرًا آخر من نقاط مختلفة ولكن بارتفاعات أقل . وكما ذكرنا من قبل فإن انتشار المجال يقل بسرعة مع المسافة من المصدر أسرع من شدة المجال نفسه حيث إن الشمس تبعد عن الأرض ٤٠٠ مرة أكثر من بُعد القمر عن الأرض مما يفسر ضعف مد الشمس عن مد القمر .

والشكل رقم (١٣) يبين أن جاذبية القمر تتوزع على سمك طبقة الأرض التى يمكن أن نتخيلها هكذا :



شكل (١٣)

طاقة المد والجزر:

إذا كان الحصول على الطاقة الكهربية من طاقة الأمواج عملية سهلة فيرجع ذلك إلى أن انتشار الأمواج البحرية يكون أفقيًا وفى اتجاه الشاطئ فيكون من السهل تثبيت التوربينات بالقرب من الشاطئ حيث تعمل هذه الأمواج على تحريكها فتتولَّد الطاقة الكهربية. أما صعوبة الحصول على الطاقة الكهربية من حركة المياه بواسطة المد فيرجع إلى أن اتجاه حركة المد دائمًا لأعلى والجزر لأسفل؛ ومن هنا بدأت الأفكار تتكون للحصول على مثل هذه الطاقة وتحويلها إلى أى صورة نريدها طبقًا لقانون بقاء الطاقة والسابق ذكره والذى ينص على أن (الطاقة لا تفنى ولا تُستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى صورة أخرى).

ومن هذه الأفكار طريقة للحصول على طاقة المد بوضع أنابيب بلاستيكية فى وضع رأسى بحيث تكون طافية على امتداد شواطئ المحيطات والبحار. فعند عملية المد يندفع الماء بقوة كبيرة جدًا داخل الأنابيب فيتحول المد إلى طاقة ميكانيكية يمكن بعد ذلك تحويلها إلى أى نوع من الطاقة حسب الحاجة ، وفى مجالنا هذا تتحول إلى طاقة كهربية. وللسهولة لابد من وضع هذه الأنابيب فى مجموعات رأسية ويثبت داخلها توربينات تقوم بتحويل طاقة الحركة إلى طاقة كهربية. ويحدث المد عند جذب القمر للماء فى نقطتين متقابلتين على سطح الكرة الأرضية وفى آنٍ واحد . وتستغل هذه الظاهرة كما ذكرنا فى توليد الكهرباء حيث يصل ارتفاع الماء أثناء المد إلى حوالى ١٥ مترًا . وظاهرة المد والجزر تظهر أيضًا فى الخلجان ؛ وعلى هذا يمكن عمل سدود حيث يختلف

منسوب المياه قبل وبعد السد. فإذا سقطت هذه المياه على توربينات من نوع خاص فإنها تولد طاقة كهربية ضخمة . وعندما ينتهى المد ويبدأ الجزر يتم غلق السدود تدريجيًا ليندفع الماء داخل الخليج.

ما هى الدول التى تستخدم طاقة المد والجزر فى توليد الكهرباء ؟

من أكثر الدول استغلالاً لطاقة المد والجزر واستخدامها فى توليد الطاقة الكهربية : فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية حيث توجد فى فرنسا محطة قدرتها ٢٤٠ ميجا وات/ساعة ويمكن لهذه المحطات أن تحول طاقة المد والجزر إلى طاقة كهربية تسد أكثر من ١% من احتياجات الطاقة . وكان الاتحاد السوفيتى - السابق - قد أنشأ محطة على مدخل نهر كميلسايا وكانت قدرتها ضعيفة لحظة إنشائها أى : حوالى ٤٠٠ كيلو وات/ساعة للتوربين الواحد. أما الآن وبعد أكثر من عشر سنوات أصبحت قدرتها بالميجا وات/ساعة. وفى إسبانيا حيث تنتشر على شواطئها توربينات المد والجزر بجميع أنواعها حيث إنها بالتعاون مع طاقة الرياح أصبحت تضىء كل شواطئها وتشغِّل مصانعها بالكامل على الشواطئ من هذه الأنواع النظيفة من الطاقة.

ولا تعتبر الإجابة تكرارًا إذا كان السؤال :

ما هى مصادر طاقة المد والجزر حول العالم ؟

١ - أول محطة للقدرة الكهربية كانت فى فرنسا واستغرق بناؤها مدة ٦ سنوات من عام١٩٦٠ - ١٩٦٦م وتنتج كما ذكرنا ٢٤٠ ميجا وات/ساعة.

٢ - فى أمريكا الشمالية كانت هناك محطة وحيدة تم افتتاحها فى عام ١٩٨٤م وكانت تنتج فى ذلك الوقت ٢٠ ميجا وات /ساعة.

٣ - يوجد مشروع صغير تم بناؤه فى الاتحاد السوفيتى السابق وكانت سعة إنتاجه من الطاقة الكهربية نصف ميجا وات/ساعة .

٤ - فى الصين تم تنمية عدد من مشروعات طاقة المد.

٥ - فى إسكتلندا تم تشكيل لجنة قومية تعمل على أن يكون الاعتماد على ١٨% من الطاقة الجديدة والمتجددة فى عام ٢٠١٠ م.

٦ - فى جنوب إفريقيا يتم بناء أكثر من محطة كهربية تعتمد أساسا على الطاقة المتولدة من المد والجزر.

* * *

ملاحظات مهمة :

(أ) الطاقة الحرارية المحمولة بتيارات البحار والمحيطات لها تأثير قوى على المناخ حول العالم.

(ب) المناخ أحيانًا يتغيَّر تغيُّرًا فجائيًا عن الماضى نتيجة للتغيُّرات فى القشرة الأرضية والتى تحدث من تأثيرات البراكين والزلازل وسقوط الصخور الضخمة من الفضاء.

(جـ) الماء العذب والمحدود الموارد ضرورى جدًا للحياة وأيضًا لكثير من الأغراض الصناعية.

(د) كثير من الأنهار والبحيرات والمياه الجوفية ملوثة ولا تصلح للاستخدام الآدمى ولاستمرار الحياة .. ولذلك يجب التفكير بجدية فى الاستفادة من تحلية مياه البحار والمحيطات والاعتماد عليها لأنها أنظف وأنقى .

(هـ) تنتقل الحرارة فى المواد بواسطة مجموعات الذرات عبر الفراغ بالإشعاع.

(و) التيارات البحرية تُعرَّف بأنها انسياب الماء فى اتجاه واحد والسبب فيها هو احتكاك الرياح بأسطح المياه.

(ز) الحركة الأفقية للمياه يسببها عدد من العوامل مثل:

- حركة الرياح على أسطح المياه.
- التغيُّر الأفقى للضغط مع المسافة.
- فروق درجات الحرارة.

* * *

المراجع

- Baker, A. C. 1991, Tidal power, Peter Peregrinus Ltd., London.
- Baker, G. C., Wilson E. M., Miller, H., Gibson, R. A. & Ball, M., 1980. 'The Annapolis tidal power pilot project', in Waterpower `79 Proceedings, ed. Anon, U.S. Government Printing Office, Washington, pp 550-559.
- Hammons, T. J. 1993, 'Tidal power', Proceedings of the IEEE, [Online], v81, n3, pp 419-433. Available from: IEEE/IEEE Xplore. [26 July 2004].
- Lecomber, R. 1979, 'The evaluation of tidal power projects', in Tidal Power and Estuary Management, eds. Severn, R. T., Dineley, D. L. & Hawker, L. E., Henry Ling Ltd., Dorchester, pp 31-39.
- اختراعات في مجال طاقة الأمواج والمد والجزر Patents :
- U.S. Patent 6,982,498 , Tharp, January 3, 2006, Hydro-electric farms.
- U.S. Patent 6,995,479 , Tharp, February 7, 2006, Hydro-electric farms .
- U.S. Patent 6,998,730 , Tharp, February 14, 2006, Hydro-electric farms .

* * *

تعريف بالمؤلف

الأستاذ الدكتور محمد على أحمد.. أستاذ الفيزياء التجريبية بكلية العلوم / جامعة القاهرة . من مواليد (أم الزين - الزقازيق- محافظة الشرقية) عام ١٩٤٧م . حصل على أعلى الدرجات العلمية العالمية (D.Sc.) فى الفيزياء من الهيئة الملكية البريطانية عام ٢٠٠٣م ، وله مدرسة علمية كبيرة فى مصر ، وقد أشرف على أكثر من ٥٠ رسالة ماجستير ودكتوراه فى تخصصات مختلفة ، وله أكثر من ١٥٠ بحثًا منشورًا فى مجلات علمية عالمية ، وقد حصل أيضًا على جائزة الجامعة التقديرية فى العلوم الأساسية عام ٢٠٠٤م ، ويشغل الآن منصب مستشار رئيس جامعة القاهرة للجمعيات العلمية ، كما يهتم بخدمة البيئة والمجتمع ويشارك دائمًا فى قوافل جامعة القاهرة لخدمة المجتمع عن طريق ريادته لقافلة التوعية البيئية والصناعات الصغيرة بالجامعة، ويعمل مع شباب جامعة القاهرة من خلال الجمعيات العلمية وريادته للجان الثقافية ونادى العلوم بالجامعة .

* * *