



МОДЕЛ НА ВЪЛНОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ ЗА ДОБИВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГИЯ ОТ ЧЕРНО МОРЕ

проф. д-р Радостин Долчинков

доц. д-р Силвия Лецковска

инж. Елдар Заеров

Бургаски свободен университет

MODEL OF WAVE CONVERTER FOR EXTRACTION OF ELECTRICITY FROM THE BLACK SEA

Radostin Dolchinkov

Silviya Letskovska

Eldar Zaerov

Burgas Free University

Abstract: *The present work aims to assess the energy resources of the waves in the Black Sea basin. The study focuses on the use of the wave energy potential in the Black Sea coastal zone. Based on the analysis of the different technologies for the conversion of energy from sea waves, a classification of the different wave converters is made. As part of the study, a real model of a wave converter was made, which combines two ways to drive the working body of the converter.*

Key words: *wave energy, wave converter*

Въведение

През последните десет години интересът към неконвенционалните възобновяеми енергийни източници (ВЕИ) се увеличи значително, разработват се и се изучават приливните електроцентрали, водноелектрическите централи, използващи енергията на течения, и вълновите централи.

Основният недостатък на неконвенционалните възобновяеми енергийни източници е ниската енергийна плътност. Така че за вятърните, слънчевите и геотермалните инсталации енергийните плътности са по-малки от 1 kW m^2 .

Освен това нетрадиционните електроцентрали са скъпи, металоемки и заемат големи площи от съществуващите ТЕЦ и АЕЦ централи.

Амбицията на Европейският съюз е развитите страни колективно да намалят емисиите си на парникови газове с 60-80 % до 2050 г.

Анализът, извършен от Комисиите по климата на отделни държави, потвърждава, че преобразуването на енергийната система да бъде 100 % независима от изкопаемите горива през 2050 г. е реалистична цел.

За да се постигне тази цел, трябва да се предприемат редица инициативи и технологии. Ключовите елементи са по-ефективно използване на енергията и енергия, която да идва от възобновяеми източници. За да получите впечатление за предложеното, вижте Фиг. 1.

Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА



Фиг. 1. Енергийна система без изкопаеми горива

Очаква се голяма част от доставките на електроенергия да идват от вятъра (60-80 % в сравнение с 20 % днес), но както е показано на фиг.1, също и вълновата енергия се предвижда като технология, допринасяща за бъдещия енергиен микс. В някой страни се очаква вълновата енергия да заеме по-централна роля – това е тясно свързано с наличния ресурс. Например по европейските западни брегове на Атлантическия океан нивото на мощност на вълната е 5 пъти по-голямо, отколкото в датската част на Северно море.

Когато се говори за използване на вълновата енергия за производство на електроенергия, сегашното състояние е, че технологиите все още не са разработени. Това се отразява върху цената на произведената енергия от тези инсталации които са многократно по-големи от целевото (пазарното) ниво.

Вълновата енергия има по-висока енергийна плътност в сравнение с тази на вятъра и слънцето.

Авторите на доклада си поставят задача да направят:

1. Анализ на състоянието на методите за производство на електроенергия от морските вълни и морските течения;
2. Проучване възможностите за прилагане на част от методите за производство на електроенергия от морските вълни и морските течения в акваторията на Черно море;
3. Разработка на работен макет на вълнов преобразувател за добив на електроенергия от Черно море.

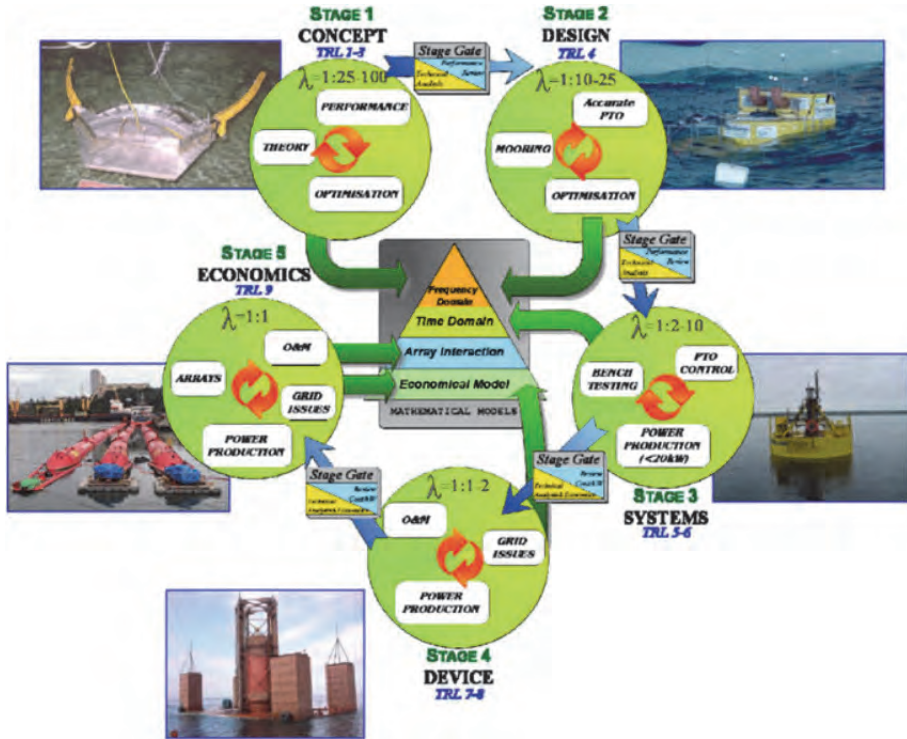
Морските вълни натрупват енергията от вятъра в значително пространство с възможности за ускорение. По този начин те се явяват естествен концентратор на енергия.

Понякога за да се активира или увеличи тази енергия е необходимо да се използва допълнителна техника.

По света се популяризира използването на подход на поетапно развитие на WEC /преобразователи на вълнова енергия/. Използват се пет етапа, за да се опише развитието на WEC от идея до реклама продукт. Тези пет етапа са илюстрирани на фиг. 2. Всеки етап трябва да предоставя конкретна ценна информация на изобретателя и инвеститорите, преди да се премине към следващата стъпка.

Важни въпроси които трябва да се разгледат и анализират са енергиен ресурс на вълната, икономика на енергията на вълната, хидродинамика на WEC, мощност, системи за „излитане“, системи за „акостиране“, както и експериментални и числени

симулации на WEC. Основният въпрос обхваща темата за преобразуването на вълновата енергия от различни перспективи.



Фиг. 2. 5-те етапа на развитие, използвани за описание на развитието на WEC от идея до търговски продукт.

WEC са машини или устройства, които са в състояние да „експлоатират“ енергията от океанските вълни и да я превърнат в използваема форма на енергия, като електричество. Теоретично океанските вълни относително добре и подробно са описани. На практика обаче е много трудно точно да се опишат, възпроизведат и предвидят точните условия на околната среда на определено офшорно място. Това се дължи на неговата сложност и голямото количество параметри на околната среда, които могат да имат значително влияние върху него. Различни са параметрите влияещи върху морската среда – влажност, налягане на вятъра, разстояние до брега, състав на морското дъно, дълбочина, движение на вълната, прилив и отлив, температура, плътност и соленост на водата и други.

Съществува голямо разнообразие от WEC и непрекъснато се появяват нови.

Повечето WEC, дори и тези с различни принципи на работа са много сходни от обща гледна точка. Повечето от тях се състоят от една и съща първична подсистема, което се дължи на общата им среда и цел.

Когато се разглежда вълновата енергия като източник за производство на електроенергия, уместно и интересно е да се разгледат прогнозите за това колко голям е потенциалът за оползотворяване.

Вълните се генерират от метеорологични системи. Най-често „вълнова енергия“ се получава от слънчева енергия, чрез вятър, който при духане генерира над повърхността на океана вълни. Вълните пътуват на големи разстояния с много малко загуба на енергия, стига вълните да са в условия на дълбока вода. При разглеждането на използването на океана се има в предвид вълните, генерирани от вятъра които набъхват, *в зависимост от специфичните характеристики на устройство*. Освен приливите и отливите, останалите типове вълни на практика нямат потенциал за използване. Използването на приливи и отливи за производството на енергия се нарича *приливна енергия*. При разглеждане на състояния на морето, което се характеризира със статистически вълнови параметри, енергийният поток на вълната (ниво на мощност) показва значителна промяна във времето и пространството. Тя може да варира от няколко W/m до MW/m при бурни условия.

Ако проследим развитието на преобразуватели на вълнова енергия (WEC) назад във времето ще открием, че първите опити са извършени през 1800-те година, виж фиг. 3. Всъщност първият патент за преобразувател на вълнова енергия датира от 1799 година.



Фиг. 3. Експеримент с „вълнов двигател“ край бреговете на Санта Круз от 1898 г.

Особености и класификация на вълновите преобразуватели (WEC)

Развитието на WEC се характеризира с факта, че има много и различни идеи и концепции за това как да се използва вълновият енергиен ресурс.

Често основната категоризация използва термините терминатор, атенюатор и абсорбатор. Терминаторите са устройства с големи хоризонтални разширения успоредно на посоката на разпространение на вълната, докато атенюаторите имат големи хоризонтални разширения, ортогонални на посоката на разпространение на вълната.

Локация

WEC могат да бъдат категоризирани според местоположението на инсталиране. Като цяло има три места, подходящи за разполагане на преобразуватели на вълнова енергия:

- На брега (On-shore) – това са крайбрежни райони, в които дълбочината на водата е от порядък на 10÷15 метра, а максималната височина на вълната – 7-8 метра. Устройствата на сушата или монтирани на брега са по природа терминатори и неподвижно свързани със сушата. Типични примери за това са колебателни движения и устройства за претоварване.
- Близко до брега (Near-shore) – в плитки водни зони, в които дълбочината на водата е 15÷25 метра, а максималната височина на вълната достига 15 метра. В близост до брега са разположени устройства на дълбочини на водата, където наличните вълни са повлияни от дълбочината на водата, и устройствата, разположени в този регион, често монтирани отдолу.
- Извън брега (Off-shore) – дълбочинни водни зони, в които няма естествено ограничение както за дълбочината на водата, така и за височината на вълната. Дълбочината на водата винаги е повече от 50 метра, а височината на вълната може да надвишава 30 метра. Устройствата, разположени в морето, обикновено ще бъдат плаващи и ще имат достъп до вълните непроменен от наличието на морското дъно.

Класификация на вълновите преобразуватели (Фиг. 4.)



Фиг. 4. Класификация на вълновите преобразуватели

Анализът на различните класификации на преобразувателите на вълнова енергия, представен в различни научни публикации показва, че те се различават значително не само по отношение на разглежданите елементи на преобразувателите, но и по отношение на принципите на класификация. Резултатът е доста пъстра и сложна картина под формата на множество предложения и патенти, от които въпреки това „изпадат“ някои интересни идеи, които не се вписват в рамките на класификациите.

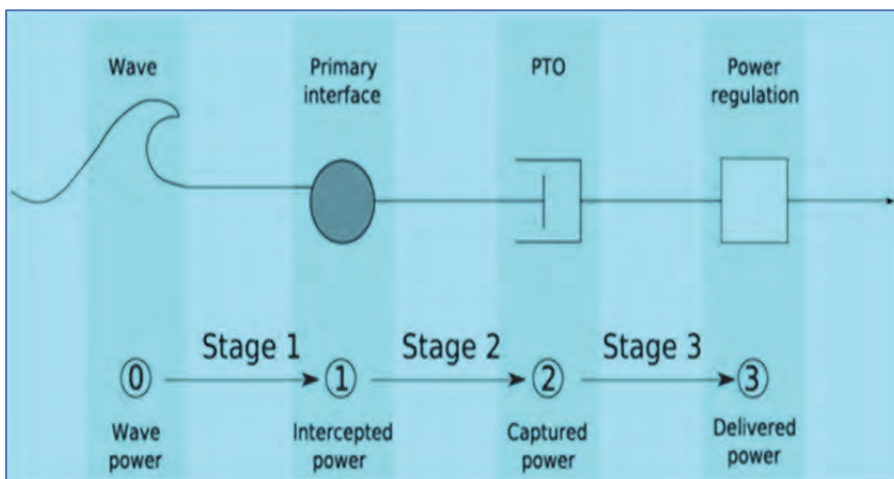
Причината за това разнообразие от класификации е сложността на физическите процеси и произтичащата от това сложност на повечето устройства, които използват няколку вида преобразувания на енергия едновременно.

Основно в класификациите се отбелязва наличието на първични и вторични преобразуватели:

- Първичните преобразуватели са преобразуватели, които преобразуват енергията на вълната в поток от енергиен носител или механичен момент;
- Вторичните преобразуватели се използват за преобразуване на енергията на работещ флуид – енергоносител или механичен момент в електрическа или в други видове енергия.

Разграничават се три етапа на пренос на енергия (Фиг. 5):

1. Поток на вълновата енергия и нейното приемане от първичен преобразувател;
2. Поток на енергия от първичния преобразувател към отвеждащото устройство (РТО) и неговото извличане;
3. Поток на енергия от РТО и окончателната му трансформация.

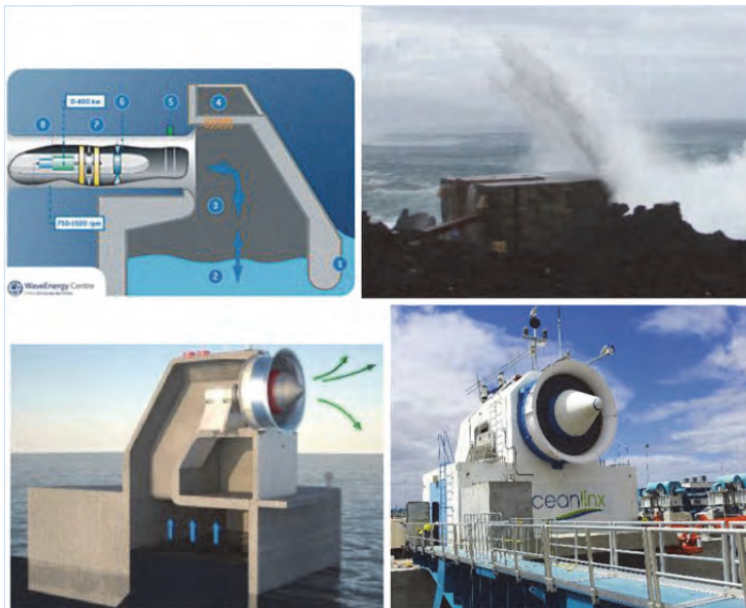


Фиг. 5. Етапи на пренос на енергия

Принцип на работа на системата за първично улавяне

Осцилираща водна колона (OWC)

Осцилиращата система на водния стълб може да бъде инсталирана както на брегова система, така и като плаваща система. Осцилиращият воден стълб се състои от полупотопена структура от бетон или стомана, вътре в която има въздушна камера.



Фиг. 6. Схеми и тяхното приложение

Елементи на системата, активирани от морска вълна (WABs)

Устройствата за осцилиране са поглъщащи точкови абсорбатори, които използват разликата в налягането над устройството между пиковата вълна и основното ниво. Когато гребена на вълната преминава над устройството, водното налягане над устройството компресира въздуха вътре в цилиндър, премествайки буталото надолу.

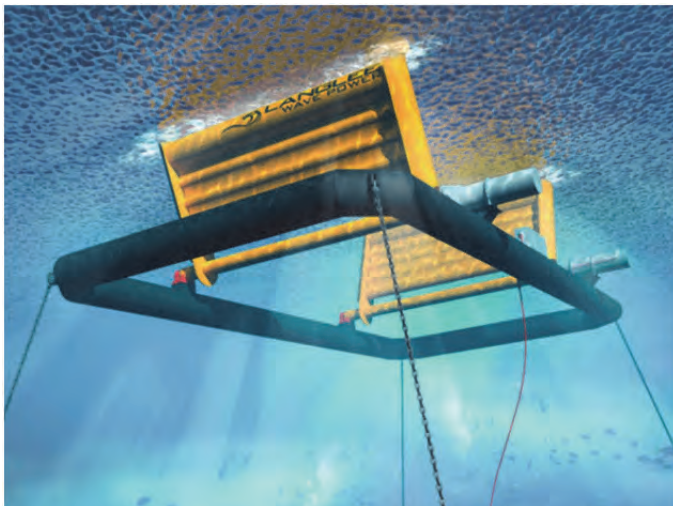
Друга група фиксирани WAB, представлява специално потопени клапани шарнирно на морското дъно. Клапата се движи напред и назад от вълни, а мощността се извежда чрез хидравлични помпи, монтирани между клапата и конструкцията, прикрепена към морското дъно. Най-новото поколение конструкция, намираща се на 500 м. от брега има инсталирана мощност 800 kW., има ширина 26 m, височина 12 m при дълбочина на водата 13 m.



Фиг. 7. Потопеният клапан Oyster 800 WEC в Оркни, Шотландия

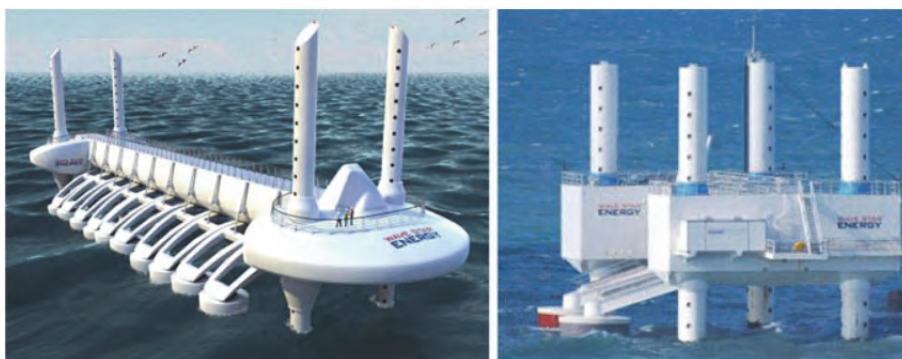
Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА

Познати са и други подходящи конструкции WEC, използващи същите принципи на работа. Те може да не са фиксирани към морското дъно, а конструкцията да е с два клапана, прикрепени към плаваща референтна рамка.



Фиг. 8. Плаваща потопена клапа WEC

В допълнение към гореспоменатите WEC в категория WAB, съществуват устройства, при които множество тела са комбинирани в една по-голяма структура. Например това е устройството Wavestar, което се състои от два реда кръгли поплавци – точкови абсорбери – прикрепени към мостова конструкция, фиксирани към морското дъно с помощта на стоманени пилоти, които се отливат в бетонни основи.



Фиг. 9. Прототип на Wavestar с два плаващи поплавъка

Устройството е инсталирано със структура на мост, поддържащ плувките, насочени към доминиращата посока на вълната. Кога вълната преминава, плувките се движат нагоре и надолу, задвижвани от преминаващите вълни, като по този начин изпомпване на хидравлична течност в обща хидравлична система, която произвежда поток от масло под високо налягане в хидравличен двигател, който директно задвижва електрически генератор.



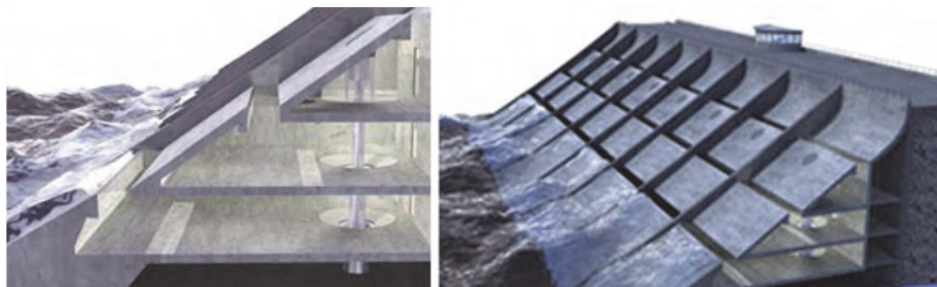
Друго много корпусно устройство е Плаващата електроцентрала (фиг. 10). Това устройство е закотвена структура, използваща множество WABs, подредени успоредно на гребените на вълната. Референтната структура тук е плаваща и не е монтирана отдолу. Освен това, плаваща конструкция се използва като плаваща основа за вятърни турбини.



Фиг. 10. Плаваща електроцентрала

Overtopping преобразуватели

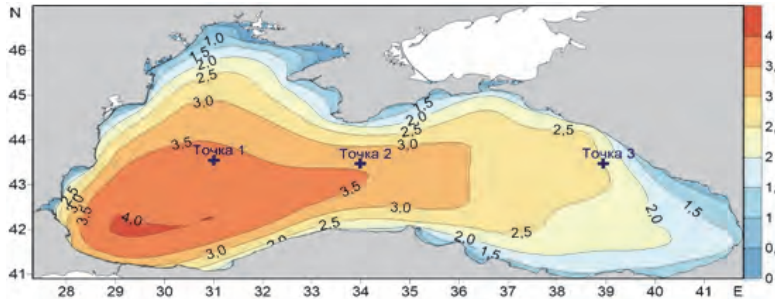
Overtopping-устройствата улавят морските вълни в резервоар над морското равнище и след това пускат водата обратно в морето през турбини. Водните вълни влизат в резервоара, минавайки над наклонена рампа. Тази система може да бъде инсталирана както на брега като брегова система (Tapered Channel (TAPCHAN)), така и извън брега, като плаваща система (WaveDragon) – фиг.11.



Фиг. 11. Overtopping-устройства

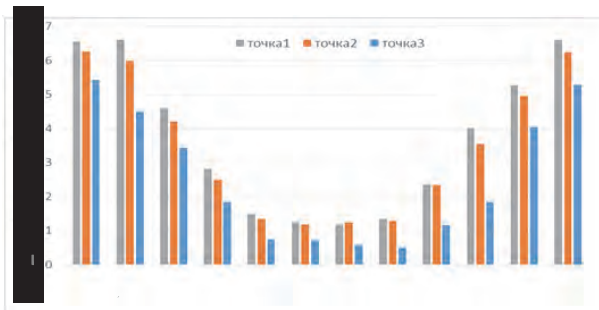
**Съвременни управленски практики XI - БСУ, 2021
ИНТЕЛИГЕНТНА СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ В ДЕСЕТИЛЕТИЕТО
НА СВЪРЗАНОСТТА И АВТОМАТИЗАЦИЯТА**

Анализ на възможностите за прилагане, на част от методите за производството на електроенергия, в акваторията на Черно море.



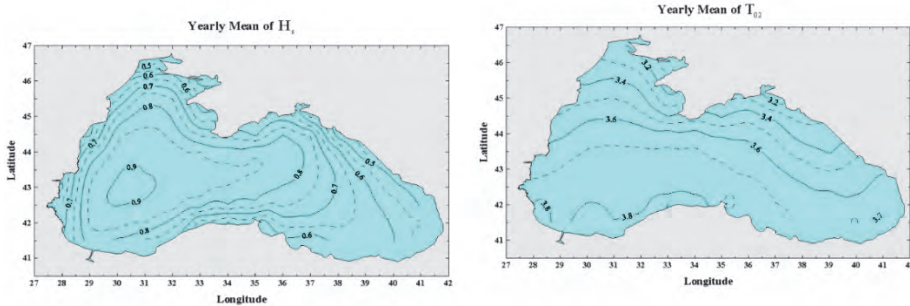
Фиг. 12. Средният дългосрочен (за периода 1979-2016 г.) енергиен поток на морските вълни kW / m в Черно море.

Кръстовете на фиг. 12., показват местоположението на точките за анализ на между годишната и сезонната променливост.



Фиг. 13. Средните дългосрочни (за периода 1979-2016 г.) стойности на вълновия енергиен поток за всеки месец в три точки.

Анализ на възможностите за прилагане, на част от методите за производството на електроенергия, в акваторията на Черно море.



Фиг. 14. Средногодишни климатични стойности: височина [m] (вляво) и период [s] (вдясно) вълни в Черно море

РЕАЛНА СТАНЦИЯ, ТЕСТВАНА В ЧЕРНО МОРЕ



Фиг. 15. Поплавък на бреговата вълна

Проблеми с използването на вълновата енергия. Критерии за избор на преобразуватели

Електроцентрала, проектирана само за високи вълни, няма да работи при ниски, а централа, проектирана само за слаби вълни, може лесно да бъде унищожена от бурни вълни.

Винаги има някаква възможност за поява на екстремни вълни. Обикновено в рамките на период от 50 години има вълна за поява на 10 пъти по-висока вълна от средната.

Това изисква конструкцията на преобразувателите да издържат на вълна, имаща мощност, стотици пъти по-голяма от мощността на средната вълна. Следователно, когато се проектира WEC, е необходимо да се предвиди голям диапазон на вълните, за да се осигурят безопасни условия на работа

Това води до висока цена на конструкциите и да намаляване на ефективността на преобразувателите при нормални работни условия. В резултат на това, много добре познати технически решения се оказват нерентабилни поради големия разход на материали на конструкциите.

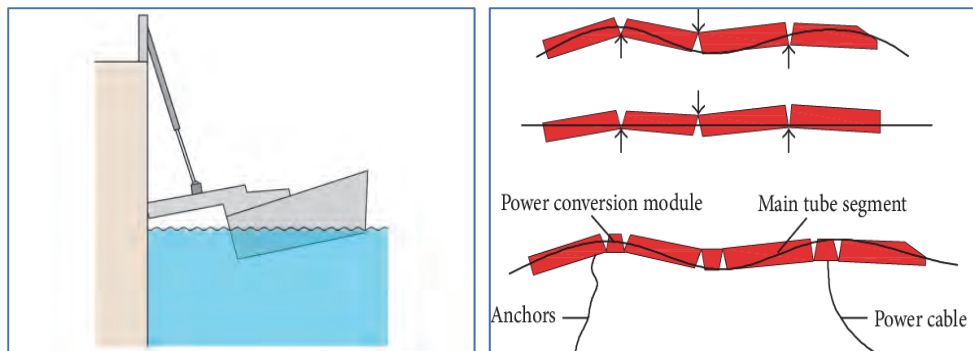
Разработване на вълнов преобразувател

С цел избягване на горе цитираните недостатъци е проектиран макет на вълнов преобразувател, който може да се монтира на готовите вече конструкции, които от една страна в някаква степен предпазват устройството от супер-вълни, от друга страна могат да бъдат ефективни в режима, при който има само вертикалното движение на вълната, без наличие на силна приливна сила на вълната.

След анализ и оценка на различните технологии за осъществяване на проекта се предлагат два преобразувателя, които вече са изследвани в практиката и които работят в някои станции по света (Фиг. 16).

Първият преобразувател (Фиг. 16, А) представлява подвижен поплавок, който е фиксиран към стената на вълнолома. Преминаващата вълна го повдига и предизвиква поява на постъпателни движения на поплавката, който предава движението си към устройство, преобразуващо хидравличното усилие в електрическа енергия. Конструк-

цията е относително евтина, безопасна, тъй като в агресивната морска вода се намира само поплавъка, който не е изработен от скъпи материали.



А.

В.

Фиг. 16. Варианти на преобразуватели на вълнова енергия.

Вторият преобразувател (Фиг. 16, В) е модел на работеща станция Pelamis, която е направена след десет годишни изследвания от водещите лаборатории, работещи в тази област.

Тук се използват няколко поплавъка, свързани по между си, като това свързване е реализира устройство, което извлича енергия от морските вълни в резултат на огъване на сегментите при преминаване на вълна под инсталацията.

На Фиг. 17. е показан действащ макет на проектирания вълнов преобразувател.



Фиг. 17. Действащ макет на проектирания вълнов преобразувател.



Заклучение

Целта на предложението преобразувател е да се реализира система за извличане на енергия от морските вълни на Черно море, която да осигури производство на електрическа енергия в крайбрежните зони на населени места, както и на острови отдалечени от сушата.

Литература

- [1]. Tunde Aderinto and Hua Li, OceanWave Energy Converters: Status and Challenges Energies 2018, 11, 1250; doi:10.3390/en11051250
- [2]. B Drew, A R Plummer, and MN Sahinkaya, A review of wave energy converter technology, REVIEWPAPER 887, Department of Mechanical Engineering, University of Bath, Bath, UK
- [3]. A. Pecher and J.P. Kofoed (eds.), Handbook of Ocean Wave Energy, Ocean Engineering & Oceanography, ISSN 2194-6396 ISSN 2194-640X (electronic)
- [4]. IEA-OES „IEA Ocean Energy Systems Implementing Agreement – 5 Year Strategic Plan 2007-2011” [Электронный ресурс] // IEA-OES publication: [сайт]. [2011]. URL: www.iea-oceans.org
- [5]. Silviya Letskovska, Kamen Seymenliysk, Ginko Georgiev, Laboratory Equipment for Energy Accumulation from Renewable Sources, ICEST 2016, International Scientific Conference On Information, Communication And Energy Systems And Technologies, 28 - 30 June 2016, Ohrid, Macedonia, Proceedings of Papers p. 455-459, ISBN-10 9989-786-78-X, ISBN-13 978-9989-786-78-5, EAN 9789989786785, Published by: Faculty of Technical Sciences, Bitola, Macedonia, Printing of this edition has been financially supported by EVN Macedonia
- [6]. Silviya Letskovska and Kamen Seymenliyski, Renewable Energy Sources and Tariffing of Electrical Power, XLVIII International scientific conference ICEST 2013. Proceedings of Papers, ISBN: 978-9989-786-89-1, Volume 2, p.739-742, Printed by: OFFICE 1 – BITOLA
- [7]. Силвия Лецковска, Камен Сейменлийски, Елдар Заеров, Радослав Симионов, ПЕРСПЕКТИВНИ ТЕХНОЛОГИИ ЗА ОПОЛЗОТВОРЯВАНЕ НА МОРСКИЯ РЕСУРС, Международна научна конференция Дигитални трансформации, медии и обществено включване, БСУ, 5 юни 2020, ISBN: 978-619-7126-92-1, стр. 485-492, Печатница „ЕКС-ПРЕС” ООД – Габрово.
- [8]. Долчинков Радостин, Камен Сейменлийски, Иван Попов, Замяряване на черно море в резултат на пожар на танкер, Синя икономика, МНК Синя икономика БСУ 2018, с 419 - 428, Сборник доклади, ISBN 978-619-7126-57-0, Печатница „ЕКС-ПРЕС” ООД – Габрово.