

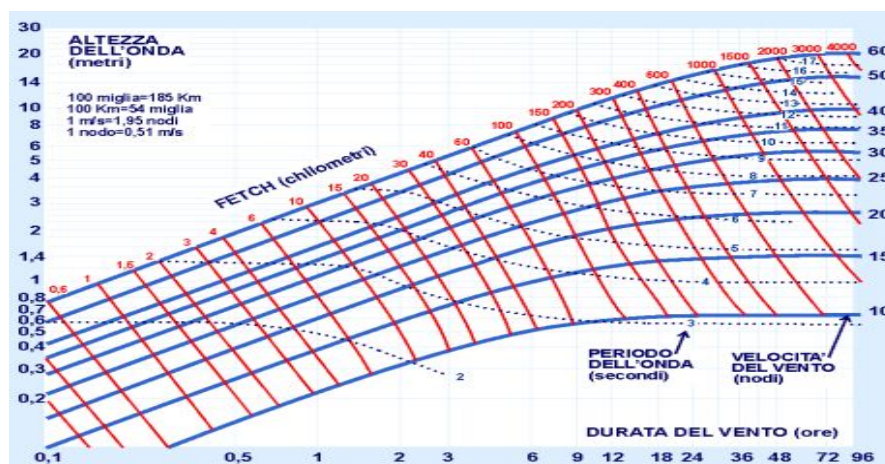
SISTEMA PER LA TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA DELLE ONDE MARINE IN ENERGIA ELETTRICA (Energy Double System) EDS

L' idea:

Lo scopo della ricerca che Tecnomac sta svolgendo è riassunto nei seguenti tre punti.

1. Acquisire il più possibile della potenza delle onde utilizzando una macchina di semplice costruzione e quindi in grado di adeguarsi in modo semplice, automatico e sicuro alle condizioni del mare.
2. La macchina deve essere in grado di trasformare l'energia, acquisita in presenza di onde con potenza da 8 kW/m a 15kW/m, e adeguarsi per sfruttare onde con potenza superiore fino al doppio ovvero, essere assolutamente adattabile alle esigenze del luogo di installazione e delle condizione del mare.
3. Trasformare l' energia indotta dal mare con la massima efficienza ed il minimo costo ovvero ottimizzare la funzione rendimento-costò dell' impianto anche nella fase di esercizio.

Sulle coste italiane le potenze, disponibili in un metro di onda, variano da 8 a 12 kW/m. Nel mediterraneo, in mare aperto, esse raggiungono potenze di 50 kW/m con 6mt di altezza dell' onda . Negli oceani, sulle coste raggiungono i 20 – 25 kW/m mentre, al largo, possono raggiungere e superare i 75 kW/m.



La macchina ideata da Tecnomac è progettualmente in grado di sfruttare onde fino a 2- 4 mt di altezza con potenze fino a 30 Kw.

Ipotizzando di sfruttare onde con potenza 10kW/m in un metro di fronte ,altezza delle onde 1,5m e frequenza 4sec. (valori rilevati da bibliografia scientifica) la macchina sarebbe nelle condizioni di produrre (con un rendimento stimato del 60 %) circa 6 kW continuamente ogni metro di onda sfruttata.

Ne risulterebbe una potenza giornaliera di circa 150 kW, con una produzione annua di 52 MW, ogni metro di onda sfruttata. Valori che risultano essere molto promettenti se raffrontati ad altre soluzioni.

Analisi dei migliori sistemi esistenti che producono energia elettrica dalle onde marine

Catturare l'energia disponibile nelle onde marine è già stato oggetto di molti studi e tentativi più o meno riusciti.

Attualmente, i dispositivi più promettenti su cui le industrie, anche con l'aiuto di sostegno economico elargito dai governi interessati, sembrano puntare, come evidenziato dalla allegata ricerca fornita dal

Centro Servizi Multisetoriale e Tecnologico dell'Università di Ingegneria di Brescia, sono:

Centrale a turbina ad aria compressa LIMPET sull'isola scozzese di Islay (collettore OWC)



E' la prima centrale del mondo che sfrutta l'energia delle onde e che immette energia elettrica nella rete con una potenza di 250 kW. La centrale consiste in una struttura di cemento, larga 20 metri, e una turbina che trasforma l'energia del fronte ondosso che sottocosta si attesta intorno a 20 kW

L'impianto LIMPET (Land-Installed Marine-Powered Energy Transformer), è collegato alla rete elettrica e il costo del kWh è di 0,75 € Al fine di valutare la qualità di tale risultato, bisogna fare riferimento al costo dell'energia prodotta dai primi impianti eolici che si attestava sui 0,16 € al kWh mentre oggi il mercato è a 0,04 € con la prospettiva di scendere a meno di 0,03 € L'efficienza del sistema LIMPET è circa del 50%. E' opportuno osservare che i costi del prototipo sono quattro volte maggiori di quelli delle turbine eoliche attuali le quali però sono in una fase di piena industrializzazione

Il progetto LIMPET è stato ulteriormente sviluppato e la ditta costruttrice (Wavegen) il 23 aprile 2008 ha presentato al governo scozzese un nuovo progetto che prevede l'abbandono di turbine di grandi dimensioni a favore di turbine modulari più piccole e flessibili da 100 kW la cui produzione in serie dovrebbe creare economie di scala. Il 22 gennaio 2009 è stato sottoscritto fra il governo scozzese e la Wavegen un accordo di collaborazione per costituire il consorzio SWEP (Siadar Wave Energy Project) con l'obiettivo di testare a fondo e ingegnerizzare la soluzione per diffondere la tecnologia e per acquisire una posizione di leadership nel settore delle energie rinnovabili marine. Il progetto prevede l'installazione di 40 turbine da 100 kW per produrre l'energia elettrica necessaria a coprire il fabbisogno di circa 1500 abitazioni a Lewis e Harris.

Centrale idrodinamica ad elementi articolati galleggianti PELAMIS ad Agucadoura (Portogallo)



L'impianto Pelamis, prodotto dalla società scozzese Ocean Power Delivery, produce corrente elettrica sfruttando i principi dell'idrodinamica. Quattro elementi collegati che, insieme, assumono una lunghezza di 150 mt galleggiano perpendicolarmente alla cresta delle onde. I singoli elementi seguono il movimento delle onde e nel loro moto relativo producono energia elettrica. L'installazione, realizzata a qualche miglio dalla costa di Agucadoura, una città situata a nord della capitale portoghese, è composta da "Pelamis p-750", ovvero "serpentoni" di forma cilindrica lunghi 120 mt e ancorati al fondale. I "tubi" sono composti da sezioni cilindriche collegate tra loro attraverso giunti. Grazie al moto delle onde, l'olio ad altissima pressione contenuto nei tubi viene spinto verso i motori. Questi, a loro volta, attivano dei generatori di energia elettrica. L'energia prodotta ad Agucadoura viene tariffata a 0,23 €/al kWh.

Secondo i dati forniti dal costruttore, la Ocean Power Delivery, un'installazione in grado di produrre 30 MW di energia occupa solo un chilometro quadrato d'oceano ed è in grado di sopperire al fabbisogno energetico di 20.000 case. Il sistema può essere installato in bacini con almeno 50 mt di profondità.

Sistema a galleggianti della Wave Star Energy a Nissum Bredning (Danimarca)



Il principio di funzionamento della Wave Star differisce sensibilmente dai concetti sin qui analizzati. Il sistema non è una barriera che si oppone alle onde che invece continuano il loro deflusso lungo tutta la lunghezza dell'impianto generando un processo continuo di conversione di energia. Il sistema è costituito da una piattaforma solidale con il fondale ai cui lati principali sono incernierate 20 leve che portano all'estremità un galleggiante semisferico. Ogni leva agisce su un pistone idraulico che per effetto del moto indotto dall'onda sul galleggiante sviluppa una pressione fino a 200 bar sul fluido del circuito il quale a sua volta aziona un motore oleodinamico collegato al generatore di corrente.

Il sistema utilizza componentistica standard, è modulare ed è stato testato per tre anni, in una versione pilota in scala 1:10 con galleggianti del diametro di 1 mt e con un generatore da 5,5 kW, a Nissum Bredning ed ora l'impresa si appresta a realizzare la prima parte di un impianto da 500 kW con solo due leve per lato, in un sito del Mare del Nord con 7 mt di profondità. Un vantaggio della soluzione risiede nel fatto che il prototipo in scala 1:10 ha generato energia elettrica anche con onde di soli 10 cm e lavorando per circa il 90% del tempo disponibile.

Le macchine Wave Star non sono ancora commercializzate e lo saranno solo a valle della sperimentazione completa della taglia da 500 kW. Il sistema risulterà competitivo se, nel confronto con le turbine a vento, si riuscirà a ridurre di 4 volte l'attuale prezzo per kWh prodotto.

Il progetto

Il progetto Tecnomac prevede, come nel Wave Star Energy ,di catturare l'energia delle onde per mezzo di una leva che, opportunamente posizionata e strutturata, sia in grado di fungere da pompante per movimentare il fluido, contenuto in un cilindro oleodinamico ad essa collegato , forzandolo a scorrere in un circuito oleodinamico predisposto allo scopo.

Praticamente, il cilindro oleodinamico pieno di fluido, sollecitato del movimento della leva, agisce da pompa imprimendo al fluido in esso contenuto, una pressione che varia in funzione del rapporto tra spinta ricevuta e sezione del cilindro stesso.

Il fluido pompato, seguendo un circuito predisposto,viene iniettato in un motore oleodinamico che garantisce la potenza necessaria ad attivare il generatore di corrente.

Il fluido in uscita dal motore oleodinamico viene inviato ad un vaso di contenimento che provvede a mantenere sempre piena la parte pompante del cilindro.

Il percorso del fluido nell' intero circuito è controllato e gestito da opportune valvole unidirezionali.

E' possibile catturare la spinta verticale dell'onda (leva orizzontale) utilizzando una leva inclinata di circa 30° gradi sull'orizzonte, incernierata a 3-4 metri sul livello del mare, e con il terminale basso appoggiato sulle onde per mezzo di un galleggiante.

Il galleggiante, seguendo il movimento verticale dell' onda, movimentata la leva che aziona il cilindro pompante attivando così il ciclo sopra descritto.

Il ciclo rimane attivo per il tempo in cui la fase montante della cresta dell'onda solleva il galleggiante poi, quando la cresta dell' onda supera il galleggiante,il ciclo attivo si interrompe in attesa dell' onda seguente.

Ora supponiamo di collegare nella parte bassa (verso il mare) della leva , posizionandolo dietro il galleggiante, un braccio mobile libero di oscillare, il cui terminale verso il mare sia una pala.

Adeguando le dimensioni e le posizioni relative tra galleggiante e pala è possibile ottenere che la cresta dell' onda, superato il galleggiante , nel suo procedere verso la costa si trovi a contatto con la pala e sia quindi costretta a spingerla in direzione del suo movimento.

Frapponendo tra la leva e l' appendice della pala un cilindro oleodinamico, questi è in grado di funzionare esattamente come il cilindro della leva attivato dal movimento del galleggiante.

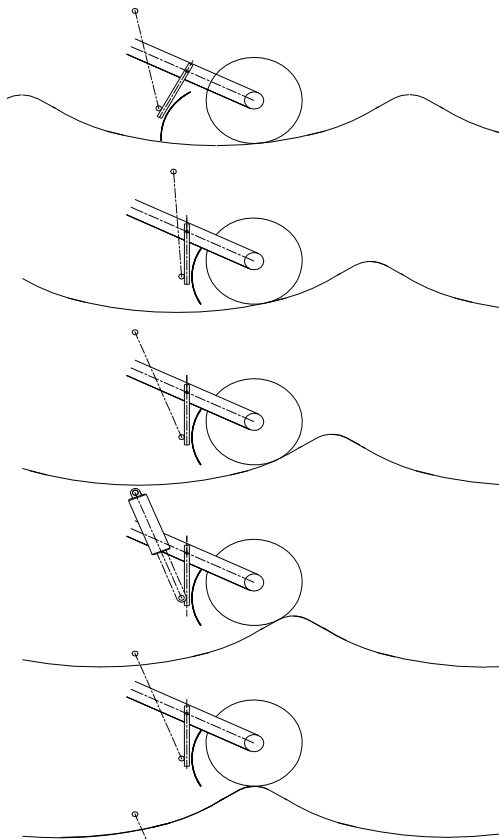
Il ciclo di pompaggio del cilindro collegato alla pala, analogamente al cilindro collegato al galleggiante, è attivo solamente per il periodo in cui la cresta dell' onda spinge contro la pala.

E' quindi possibile, congegnando e sincronizzando bene il modulo combinato così ottenuto, raggiungere la funzionalità continua del sistema in modo da pompare, al motore oleodinamico, il fluido contenuto nei due cilindri oleodinamici ottenendo che il periodo inattivo di uno sia coperto dal periodo attivo dell' altro.

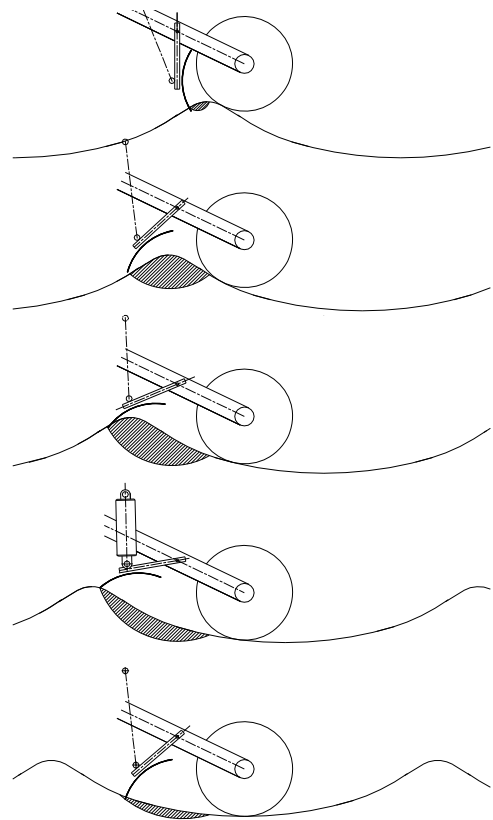
Ciclo e movimenti galleggiante e pala

L'onda, raggiunto il galleggiante, lo solleva per tutta l'altezza dell'onda stessa (fase attiva di pompaggio verticale). In questa fase il movimento del galleggiante induce il movimento della leva che aziona il cilindro ad essa collegato. Il fluido, pompato ad alta pressione, percorre il circuito e aziona il motore oleodinamico collegato al generatore di corrente che quindi produce energia elettrica. Cessata la fase attiva del galleggiante, il fluido in pressione viene a mancare e quindi il generatore di corrente cessa di produrre energia elettrica. In tutta questa fase di movimento della leva, la pala posta posteriormente al galleggiante non ha mai sfiorato l'acqua ed è quindi stata ininfluente. Cessata l'azione di spinta attiva dell'onda sul galleggiante la leva, seguendo il galleggiante, scende seguendo l'andamento della stessa. La fase discendente della leva inserisce la pala nell'onda e la tiene immersa fino a quando il galleggiante inizia a risalire. Durante tutta questa fase la pala è inserita nell'onda e ne subisce l'influenza spingendo sul cilindro oleodinamico che, sollecitato, pompa fluido al motore oleodinamico. In funzione della sezione del cilindro oleodinamico il fluido viene pompato nel circuito alla stessa pressione del fluido pompato dal cilindro collegato alla leva mantenendo quindi costante e continua la rotazione del generatore e la potenza elettrica prodotta. E' quindi possibile, bilanciando adeguatamente l'impianto e le fasi attive del galleggiante e della pala, produrre costantemente e continuativamente la potenza elettrica. Il modulo combinato consente, quindi, di estrarre il massimo possibile dell'energia cinetica posseduta dalle onde sottocosta trasformandola in energia elettrica con la sola perdita dovuta al normale calo di rendimento di ogni ciclo di trasformazione.

Fase attiva del galleggiante



Fase attiva della pala



Caratteristiche del moto ondoso e principio di estrazione dell' energia

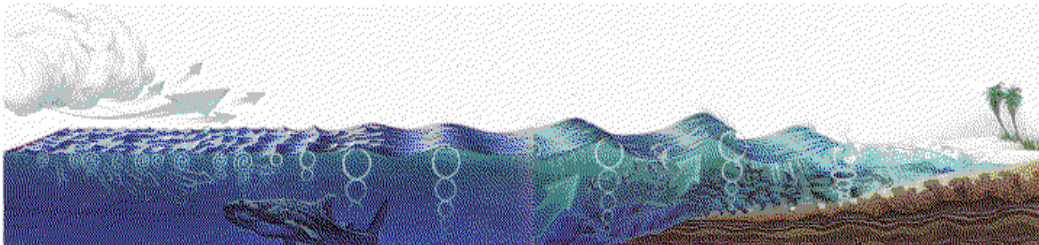
Quando le onde lunghe del mare aperto entrano in acqua meno profonda le loro caratteristiche subiscono una significativa trasformazione.

La trasformazione avviene quando la profondità del mare diventa inferiore alla metà della lunghezza dell'onda con la conseguenza che le onde lunghe si trasformano gradualmente fino a diventare onde frangenti.

Le onde rallentano via via che il fondale diminuisce di profondità, si incurvano verso la riva e l'energia dell'onda, nei bassi fondali, converge e si concentra sopra i profili a rilievo.

Le onde marine, quindi, avvicinandosi alla costa, in funzione del fondale acquistano altezza, diminuiscono la loro lunghezza e, la massa d'acqua di cui sono costituite acquisisce una importante e potente spinta orizzontale.

Ciò significa che, in queste condizioni, è possibile disporre di una altezza d'onda rilevante e lunghezza d'onda minima. Quindi massima spinta con massima frequenza.



La potenza disponibile nel moto ondoso è soggetta alle variazioni di forza, frequenza e altezza delle onde è quindi necessaria una approfondita analisi di queste variabili e di come influiscono sui terminali della leva (pala e galleggiante) per ottimizzare il rendimento della macchina.

La forza agisce direttamente sulla leva, l'altezza dell'onda determina l'ampiezza del movimento, mentre la frequenza determina il numero dei movimenti nel tempo.

In pratica, nel sistema oleodinamico adottato, la forza sfruttata si traduce direttamente in pressione impressa al fluido, mentre l'altezza dell'onda e la frequenza agiscono sulla portata del fluido stesso.

La frequenza è un dato invariabile mentre, lavorando sul rapporto di leva, è possibile variare la forza che agisce sul cilindro e l'ampiezza del movimento della leva che però sono inversamente proporzionali fra di loro.

Particolarmente importante nella scelta progettuale è stata l'adozione di due accorgimenti:

- Il primo relativo all' utilizzo di un cilindro oleodinamico moltiplicatore di pressione, progettato allo scopo, per fornire al fluido pompato il massimo di pressione possibile garantendo ovviamente i requisiti minimi per queste apparecchiature in pressione.
- Il secondo riguarda la leva sulla quale è stato collocato un contrappeso mobile che, opportunamente movimentato automaticamente, permette di utilizzare la macchina adeguandola alle diverse condizioni del mare, con l'obiettivo di massimizzare il rendimento della macchina stessa.