

Modellistica analitica e numerica di dispositivi del tipo *Oscillating Water Column*, stato dell'arte e prime applicazioni

Irene Simonetti

Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA)
Via di Santa Marta 3 - 50139, Firenze. E-mail: irene.simonetti@dicea.unifi.it

Introduzione

Il dispositivo tipo Oscillating Water Column (OWC) è un convertitore di moto ondoso costituito essenzialmente da una camera cava, aperta sul fondo all'azione del moto ondoso, il quale alternativamente comprime e decomprime una sovrastante colonna d'aria. Il flusso così generato alimenta una turbina ad aria. Fra i numerosi concetti proposti per l'estrazione dell'energia da onda, l'OWC è uno dei soli ad aver raggiunto il livello di prototipo a scala reale. L'ottimizzazione dell'efficienza idraulico-meccanica del dispositivo è, tuttavia, uno degli aspetti fondamentali per la diffusione su ampia scala. La modellistica fisica e i test su campo sono economicamente dispendiosi, e, nell'ottica dell'ottimizzazione, consentono di valutare un numero limitato di alternative progettuali. In quest'ambito, la modellistica numerica appare uno strumento fondamentale, sia nelle fasi preliminari di predimensionamento del prototipo, sia nelle successive fasi di ottimizzazione.

Teoria potenziale e formulazione idrodinamica del problema

Classicamente, il problema dell'interazione fra OWC e moto ondoso è stato affrontato, nell'ambito della teoria lineare del moto ondoso, con approcci di tipo analitico basati sulla risoluzione del campo di potenziale di velocità ϕ . Il problema dell'interazione fra l'onda e il dispositivo OWC può essere espresso come sovrapposizione del problema della riflessione e del quello scattering. Per l'ipotesi di incompressibilità del fluido, il potenziale ϕ soddisfa l'equazione di Laplace. Introducendo condizioni al contorno al fondo e di superficie libera in modo coerente con la geometria in esame il problema risulta completamente definito. Gli approcci analitici alla modellazione dell'OWC sono principalmente: il modello del pistone rigido (Evans, 1978) e il modello della distribuzione uniforme di pressione (Falcao e Justino, 1999). Nel modello a pistone rigido (Fig. 1, a), la superficie libera interna all'OWC è schematizzata come un piatto rigido galleggiante oscillante, dotato dei propri coefficienti idrodinamici (massa aggiunta e smorzamento radiativo).

Le forze agenti sul piatto rigido sono: (i) forze dovute all'onda incidente e diffratta; (ii) forze idrodinamiche dovute all'onda radiata indotta dal moto del piatto, (descritte in termini di massa aggiunta e smorzamento radiativo); (iii) forze idrostatiche; (iv) forze dovute alla presenza della turbina, schematizzate da uno smorzamento aggiuntivo. Dal bilancio di forze sul piatto rigido si ricava l'equazione del moto. Ignorando le

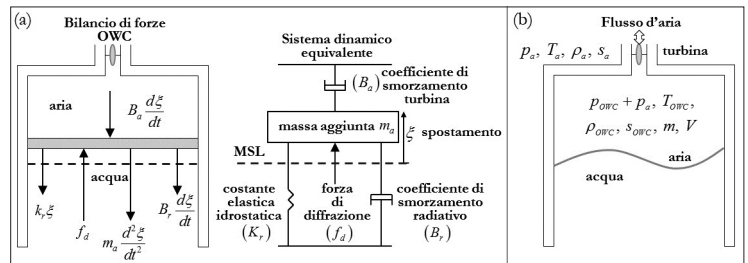


Figura 1 - schematizzazione del modello a pistone rigido (a) e di distribuzione uniforme di pressione (b) per un OWC

deformazioni della superficie libera, il modello predice distribuzioni di pressione irrealistiche. Il modello di distribuzione uniforme di pressione (Fig. 1, b) consente deformazioni della superficie interna dell'OWC. Considerando condizioni termodinamiche uniformi nella camera, la portata d'aria determinata dal movimento della colonna d'acqua può essere scomposta in un contributo radiativo e un contributo dovuto alle forze eccitanti. Applicando alla camera d'aria il principio di conservazione della massa e assumendo processi di compressione e decompressione dell'aria isoentropici (Falcao e Justino, 1999), nota la curva flusso d'aria-sovrapressione nella camera della turbina, è possibile ricavare la portata d'aria attraverso la turbina. In ciascuna delle due schematizzazioni viste, i coefficienti idrodinamici del sistema devono essere noti in funzione della frequenza. Questi possono essere determinati risolvendo il problema al contorno dell'interazione onda-OWC per via analitica (Evans e Porter, 1995), numerica (Brito-Melo, 2001) o sperimentale.

Metodi degli elementi al contorno

La tecnica numerica più diffusa per la risoluzione del problema al contorno dell'interazione onda-OWC (e ricavare quindi i coefficienti idrodinamici) è il metodo degli elementi al contorno. Il metodo si basa sulla trasformazione del problema al contorno in un problema intergale tramite funzioni di Green. WAMIT, AQWA e AQUADYN sono fra i codici commerciali applicabili a questo problema (Brito-Melo et al, 2001; Delauré e Lewis, 2003). Per l'applicazione ad OWC, il metodo è soggetto a problematiche specifiche: modellando domini di forma chiusa come quello di un dispositivo OWC, si possono originare difficoltà di discretizzazione che inducono errori numerici.

Modelli Computational Fluid Dynamics

Alcune aspetti intrinseci di dispositivi OWC (quali e.g. la formazioni di vortici e flussi turbolenti in prossimità della parete frontale, la possibilità sospensione di nel flusso d'aria verso la turbina) rendono consigliabile, per una modellazione accurata del sistema, l'implementazione una soluzione completamente viscosa basata sulle equazioni di Navier Stokes. Questo implica l'utilizzo di codici di calcolo Computational Fluid Dynamics (CFD), in grado di trattare sistemi bifase. La tecnica di modellazione CFD è un'applicazione consolidata limitatamente alle componenti meccaniche del sistema, quindi la turbina ad aria. Applicazioni alla componente idrodinamica e aerodinamica della camera sono invece tutt'oggi limitate (Marjani et al., 2008).

Applicazioni di modelli analitici semplificati

L'applicazione di modelli analitici semplificati può essere utile, nella fase preliminare di progetto di un dispositivo OWC, per: (i) individuazione dei parametri fondamentali per l'efficienza; (ii) indagine preliminare del range di variazione dei parametri fondamentali da sottoporre a successiva ottimizzazione con modellistica più avanzata; (iii) individuazione del range di misura degli strumenti per modellistica fisica. A titolo di esempio, nell'ambito del dimensionamento preliminare di un dispositivo OWC da testare nel Laboratorio di Idraulica dell'Università degli Studi di Firenze, l'applicazione di un modello a pistone rigido semplificato ha permesso di identificare, con riferimento al regime ondoso di un sito selezionato nel Mediterraneo, il valore del pescaggio del dispositivo necessario per la risonanza della colonna d'acqua con l'onda associata al maggior contenuto energetico annuo.

Bibliografia

- Brito-Melo A., Hoffman T., et al. (2001) *Numerical modelling of OWC-shoreline devices including the effect of surrounding coastline and non-flat bottom* - International Journal of Offshore and Polar Engineering, 11: 147-154.
- Delauré Y., Lewis A. (2003) - *3D hydrodynamic modelling of a fixed oscillating water column wave power plant by a boundary element methods*, Ocean Engineering, 30: 309-330.
- Evans D. (1978) - *The Oscillating water Column Wave Energy Device*, Journal of Fluid Mechanics, 22: 423-433.
- Evans D., Porter R. (1995) - *Hydrodynamic characteristics of an oscillating water column device*, Applied Ocean Research, 17: 155-164.
- Falcao A., Justino P. (1999) - *OWC Wave energy devices with air-flow control*. Ocean Engineering, 26: 1275-1295.
- Marjani A., Ruiz F., Rodriguez M., Santos M. (2008) - *Numerical modelling in wave Energy conversion systems*, Energy, 33: 1246-1253.