

## CAVITAZIONE

# Prevenire processi dannosi di cavitazione con il nuovo dispositivo CASBA 2012

L'ENEA ha depositato un nuovo brevetto che consiste in un dispositivo in grado di rilevare i segnali provenienti da trasduttori elettrici sensibili alle vibrazioni prodotte dai fenomeni di cavitazione o di ebollizione che avvengono in un fluido e di effettuarne l'analisi qualitativa e quantitativa della frequenza e dell'andamento nel tempo. Il brevetto, realizzato da Simone Mannori dell'Unità Tecnica Ingegneria Sperimentale del Centro ENEA Brasimone, è stato depositato il 19 settembre 2012 (n. RM2012A000448). È consultabile nella banca dati Brevetti ENEA ed è disponibile per licensing. L'autore ci spiega nell'articolo di che cosa si tratta

■ Simone Mannori



FIGURA 1 Impianto ELTL di Oarai (Giappone)

**I**l dispositivo brevettato, denominato CASBA 2012, è un dispositivo in grado di rilevare la formazione di bolle di gas in un fluido in rapido movimento (cavitazione o ebollizione), misurare la frequenza con cui esse si formano e l'andamento nel tempo del fenomeno.

Il dispositivo può essere utilizzato per la diagnostica e la protezione degli impianti industriali soggetti a danneggiamento derivante dalla formazione e implosione di bolle costituite dal fluido stesso in fase gassosa e da eventuali altri gas disciolti nel fluido.

Il CASBA 2012 è un'evoluzione del CASBA 2000, una tecnologia sviluppata presso il Centro Ricerche ENEA Brasimone negli anni '80 (brevettata da ENEA) e utilizzata nell'impianto ELTL, EVEDA Lithium Test Loop (Figura 1). ELTL (Centro ricerca JAEA di Oarai, Giappone) è stato costruito per validare il circuito a litio liquido dell'impianto sperimentale IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) che verrà utilizzato per caratterizzare i materiali impiegati nei futuri reattori a fusione ITER e DEMO.

■ Simone Mannori  
ENEA, Centro Ricerche Brasimone,  
Unità Tecnica Ingegneria Sperimentale

## Perché è necessario monitorare la formazione di gas in un liquido

Ad esempio, nell'impianto di riscaldamento di una casa l'acqua è fatta circolare forzatamente mediante una pompa. Per come è stata progettata e costruita, la pompa diminuisce la pressione del fluido al suo ingresso e ne aumenta la pressione alla sua uscita. Se la pressione diminuisce al di sotto di un certo valore critico (dipendente dalla temperatura) l'acqua in fase liquida può trasformarsi in vapore in fase gassosa. In un secondo momento, quando le bolle si spostano in una zona a pressione maggiore, esse implodono istantaneamente creando un rumore caratteristico. L'implosione (Figura 2) della bolla di vapore crea dei micro-getti ad altissima velocità di liquido che possono danneggiare in maniera significativa gli organi della pompa (Figura 3).

Lo studio del fenomeno della cavitazione è molto importante per le eliche delle navi (Figura 4): una velocità di rotazione troppo elevata può innescare fenomeni di cavitazione potenzialmente molto distruttivi.

La cavitazione diventa molto difficile da gestire per un sommergibile: infatti la velocità dell'elica oltre la quale si innescano fenomeni di cavitazione è funzione della profondità, della salinità e della temperatura dell'acqua, tutti fattori che possono variare molto rapidamente. Per un sommergibile la cavitazione non è tanto pericolosa per gli eventuali danni all'elica ma perché il suono delle implosioni delle bolle di gas è facilmente individuabile, facendo così perdere al sommergibile la sua caratteristica fondamentale: quella di essere "invisibile".

Negli impianti dove il fluido di scambio è un metallo liquido, si possono utilizzare delle pompe che non hanno parti meccaniche in movimento. La differenza di pressione è indotta da un campo magnetico variabile con una struttura analoga a quella di un motore asincrono trifase dove la parte in movimento (rotore) è il fluido stesso. Questa soluzione è possibile solo quando il fluido è un buon conduttore dell'elettricità (es. sodio, litio ed altre leghe metalliche usate allo stato liquido in impianti di fusione e fissione nucleare). Il fenomeno della cavitazione

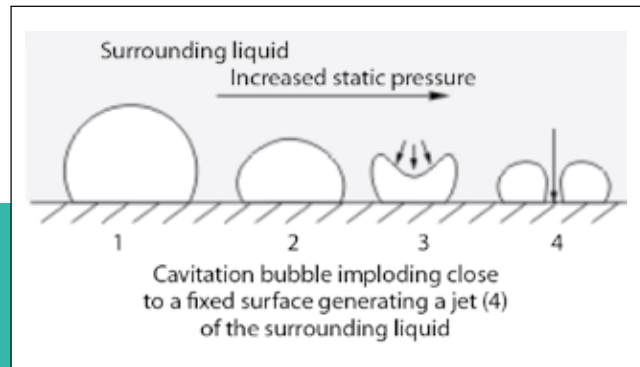


FIGURA 2 Formazione e implosione della bolla di gas



FIGURA 3 Girante di una pompa danneggiata dalla cavitazione



FIGURA 4 Elica con danni provocati dalla cavitazione, in particolare in vicinanza del bordo, dove la velocità della lama è massima

può essere pericoloso anche in questo caso perché si potrebbero creare delle bolle di metallo in fase gassosa sulle pareti del condotto della pompa, in particolare al suo ingresso, dove la pressione è più bassa.

Questo è il caso dell'impianto ELTL (EVEDA *Lithium Test Loop di Oarai*, Figura 1) dove ENEA installerà un sistema CASBA all'ingresso della pompa elettromagnetica (Figura 5) adibita alla circolazione forzata del litio in fase liquida.

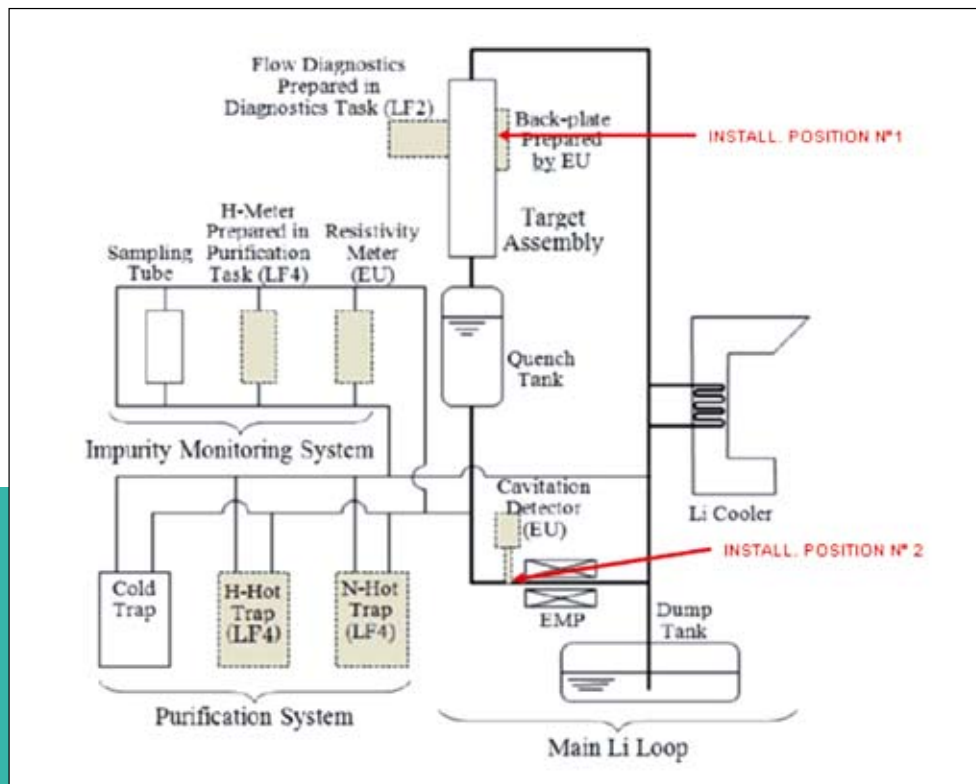
### Caratteristiche tecniche

Il CASBA 2012 misura e analizza i segnali elettrici provenienti da sensori piezoelettrici sensibili alle vibra-

zioni prodotte durante i fenomeni di cavitazione ed ebollizione di un liquido.

Le vibrazioni sono captate da un sensore piezoelettrico installato in prossimità della zona dove si sospetta l'insorgenza del fenomeno di cavitazione. Il sensore trasforma le vibrazioni in segnali elettrici che, attraverso un cavo coassiale, vengono elaborati e rappresentati su di un display LCD a colori.

Il CASBA 2012 può collegare fino a 4 canali di acquisizione dati. In ognuno il segnale è campionato da una coppia di circuiti funzionanti in parallelo con un preciso sfasamento temporale. Questo consente di aumentare l'accuratezza delle misure e di individuare con maggiore precisione la sorgente primaria e i meccanismi di propagazione dei fenomeni.



**FIGURA 5** Posizioni dei sensori CASBA nell'impianto ELTL (evidenziate in rosso)



Oltre alle quattro unità di acquisizione dati che convertono il segnale da analogico a digitale, il dispositivo è costituito da un processore digitale di segnali, una unità di visualizzazione con grafica interattiva a colori con pannello tattile, una unità di memorizzazione dati e interfacce standard per bus di campo e reti locali che permettono una facile integrazione nei moderni sistemi di controllo.

Il “cervello” del CASBA 2012 è un microprocessore ad alte prestazioni del tipo ARM, lo stesso tipo che equipaggia gli smartphone di ultima generazione. Anche il display tattile LCD usa la stessa tecnologia “touch” degli smartphone. Come sistema operativo viene utilizzata una versione su misura di Linux preparata da Evidence. L'utilizzo di un sistema operativo Open Source come Linux realizza un'elevata affidabilità senza un ulteriore aggravio dei costi per l'acquisto di licenze. La libreria grafica QT, permette di realizzare rapidamente interfacce utente di facile utilizzo per l'operatore. Gli algoritmi di elaborazione dati digitali sono sviluppati con ScicosLab (un software Open Source sviluppato in INRIA) ed implementati tramite suo generatore automatico di codice.

### Problema tecnico risolto

Come abbiamo detto, il CASBA 2012 è una evoluzione del CASBA 2000. A distanza di 20 anni si è potuti passare da una tecnologia di tipo analogico a una di tipo digitale. Il CASBA 2000 ha un solo canale di rilevazione, mentre il CASBA 2012 ne ha quattro. Inoltre il CASBA 2000 fornisce solo una indicazione integrale della potenza del segnale di cavitazione. Per ulteriori misure più dettagliate sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza, è necessario utilizzare della strumentazione esterna (es. un oscilloscopio digitale con analisi di Fourier integrata). Il CASBA 2012 è invece capace di rappresentare fino a quattro canali in tempo reale, sia nel dominio del tempo che nel dominio della frequenza. Il sistema di acquisizione dati multicanale del CASBA 2012 permette inoltre misure di correlazione tra due canali (misure non possibili con il precedente modello).

Un'altra innovazione del CASBA 2012 è la presenza di interfacce standard per la rete Ethernet e per bus di campo di tipo CAN. L'Ethernet viene utilizzata per la comunicazione con la rete d'impianto, ad esempio per accedere allo storico delle misure, mentre il CAN bus permette elevate (e garantite) velocità di risposta qualora si volesse utilizzare il CASBA all'interno di un sistema automatico di protezione capace di reagire immediatamente prima che il fenomeno della cavitazione danneggi l'impianto (il bus CAN è stato ideato e utilizzato da BOSCH per applicazioni come l'ABS delle auto dove sono richiesti tempi di risposta rapidi e certi).

### Le altre possibili applicazioni

Oltre all'analisi e alla misura di segnali di cavitazione e ebollizione, la struttura modulare del CASBA 2012 lo rende utilizzabile come analizzatore di sistemi con elevata dinamica (120 dB) e bande passanti fino a 50kHz in ambiente industriale.

Il CASBA 2012 combina un modulo CPU/LCD “touch” ad alte prestazioni con una piastra madre che può ospitare fino a quattro moduli per il condizionamento e la conversione in digitale di segnali provenienti da trasduttori industriali. La scheda d'ingresso progettata per il CASBA 2012 è stata ottimizzata per segnali di cavitazione, ma può essere facilmente adattata per segnali di tipo generico, ad esempio per l'analisi e la misura di vibrazioni provenienti da altre parti dell'impianto con altri obiettivi (es. valutazione dell'usura di cuscinetti a sfere).

### Futuri sviluppi

Evidence, una società spin-off della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, specializzata nello sviluppo di software per sistemi in tempo reale e nella realizzazione di schede elettroniche con microprocessori e logiche programmabili, ha realizzato il progetto dettagliato del CASBA 2012 sulla base delle linee guida definite nel brevetto ENEA. Attualmente è in costruzione un prototipo “da banco” che verrà utilizzato per testare e validare lo strumento prima di passare alla produzione in serie. ●