

# Sensore Elettrolitico a Massa Fluida (FMES) - Primi risultati

R. Rossi



## Storia del Sensore

Il sensore denominato FMES (Fluid Mass Electrolytic Sensor – Sensore Elettrolitico a Massa Fluida) è stato ideato e realizzato sulla base dell'esperienza maturata negli USA dall'ing. Dave Nelson e proposto in Italia nell'ambito di un convegno amatoriale organizzato dal Gruppo Comunale di Protezione Civile di Pozzuolo del Friuli nel maggio 2006 presso il Castello di Udine. A proporre la propria versione di tale progetto è stato il sig. Angel Rodríguez, titolare di una personale rete di rilevamento sismico sita in Panama, dotata di alcuni sensori di tale tipo. A seguito della presentazione, la FESN, già da allora integrata nell'ambito della Squadra Comunale di Protezione Civile di Pozzuolo del Friuli, grazie alla specifica approvazione ottenuta dalla Direzione Regionale della Protezione Civile, ha deciso di sperimentare una propria realizzazione, ottenendo, tramite il sig. Rodríguez, la possibilità di confrontare le proprie esperienze direttamente con il progettista.

A seguito di importanti scambi di idee con lo stesso Dave Nelson, via e-mail, è stato possibile modificare la struttura del sensore rendendone più semplice la realizzazione. La versione italiana del circuito stampato è stata messa a punto da Paolo Cocco, radioamatore e professionista esperto di circuiti radio elettronici, mentre la restante costruzione elettronica e meccanica, leggermente modificate rispetto al progetto originale, è opera del sottoscritto. La realizzazione italiana è stata ottimizzata per l'autocostruzione, nell'ottica di un utilizzo didattico esportabile nelle scuole e negli istituti professionali.

## Costruzione del sensore

La parte meccanica del sensore, nella versione italiana è stata realizzata con delle tubazioni plastiche per impianti elettrici del diametro di mm. 20 esterno e di mm. 12 di diametro interno.

Il freno è stato ottenuto con un rubinetto per irrigazione, mentre gli elettrodi sono stati ottenuti con del filo di acciaio inossidabile del diametro di mm. 1,00. La lunghezza dei tubi può variare tra i 20 e i 100 cm. La versione italiana è stata realizzata con dimensioni di circa 60 cm.

Gli elettrodi sono differenzialmente immersi nel liquido: il polo connesso a massa è immerso per circa 8 mm, mentre il polo caldo è immerso per circa 2 mm. Sul tappo, il polo di massa è posizionato vicino alla parete interna della tubazione, mentre il polo caldo è posizionato nel centro.

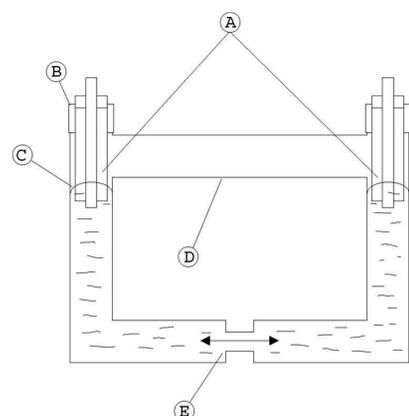
## Primi risultati

Il sensore, nella sua versione iniziale, è stato messo in funzione nei primi giorni del mese di giugno di quest'anno. È stato così possibile verificare immediatamente il comportamento grazie agli eventi della Grecia di quel periodo.

Ulteriori piccole modifiche, soprattutto elettroniche, hanno portato alla realizzazione attuale, che è perfettamente compatibile con altri sensori elettronici basati su un'uscita a tensione variabile tra +/- 12 V.

Le immagini che seguono mostrano la capacità del sensore di restituire una risposta del tipo a "banda larga". Il sensore infatti è in grado di rilevare sia eventi locali (previa filtratura del segnale di fondo a lunga frequenza) sia telesismi, fornendo tracciati con un'ottima evidenziazione delle fasi dell'evento.

Lo strumento è in grado di visualizzare ottimamente anche le onde lunghe di superficie al pari di altri sensori amatoriali caratterizzati da masse dell'ordine di 15 e 20 Kg. Inoltre si è constatata l'assenza di oscillazioni parassite (effetto pendolo) sulla frequenza di risonanza tipiche dei sensori a pendolo o Lehman, solitamente utilizzati dal nostro gruppo.



In alto:  
Stazione di Pasion di Prato  
A lato:  
Schema di funzionamento  
A: Cella capacitometriche  
B: Tappo  
C: Livello del liquido  
D: Tubo compensatore  
E: Strozzatura

## Principio di funzionamento

Il fluido, composto per il 50% da acqua distillata e per il restante 50% da liquido anti-congelante (alcol glicole etilenico e additivo antischiuma), è posto all'interno di un circuito chiuso a forma simile ad una "U" completato da un tubo che collega i due bracci verticali avente funzione di compensatore di pressione. Il liquido, sollecitato da movimenti sismici orizzontali del terreno, si muove lungo i due bracci verticali inversamente l'uno rispetto all'altro, traducendo un movimento orizzontale in uno verticale. In corrispondenza degli estremi dei due bracci verticali sono inseriti due elettrodi realizzati con filo di acciaio inossidabile, che "pescano" all'interno del liquido.

Completa la realizzazione del sensore un rubinetto con apertura variabile, avente funzione frenante, posizionato al centro del tubo orizzontale.

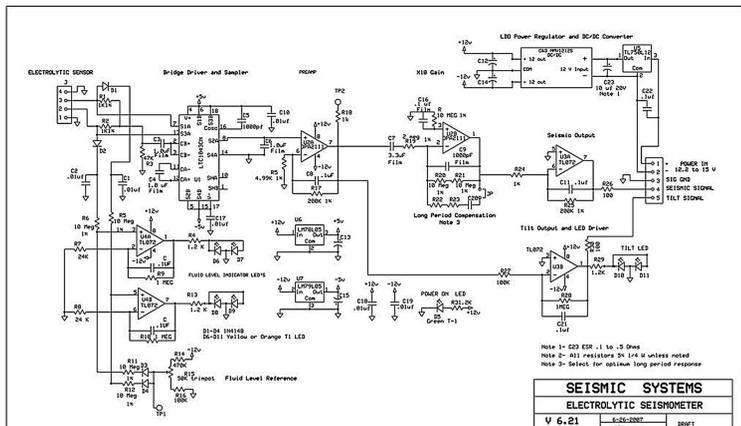
## Circuito elettrico

Visto più propriamente dal punto di vista elettrico, il circuito, peraltro di semplice realizzazione, è costituito da un limitato numero di componenti. L'integrato principale, un capacimetro a comparazione, genera una corrente alternata a onda quadra che viene iniettata in uno dei due fili metallici che compongono un elettrodo. A seconda del livello del liquido, e quindi della capacità del condensatore, formato dai due fili metallici aventi funzione di armatura, e del dielettrico costituito, appunto, dal liquido, l'onda quadra si riduce o aumenta in ampiezza. Un aumento dell'ampiezza dell'onda quadra generata dall'integrato su uno dei due bracci, corrisponde ad una riduzione sul braccio opposto. Tali differenze di livello elettrico, vengono interpretate dall'integrato e restituite sotto forma di un segnale elettrico variabile in tensione, il quale viene successivamente filtrato e amplificato da ulteriori stadi formati da amplificatori operazionali.

Un circuito accessorio, estrae una piccola quantità della corrente alternata presente su entrambi i bracci e la rettifica in corrente continua tramite dei diodi, permettendo così la comparazione con un ulteriore amplificatore operazionale, il quale tramite l'accensione o lo spegnimento di due spie rivela l'eventuale stato di tilt (inclinazione) del sensore.

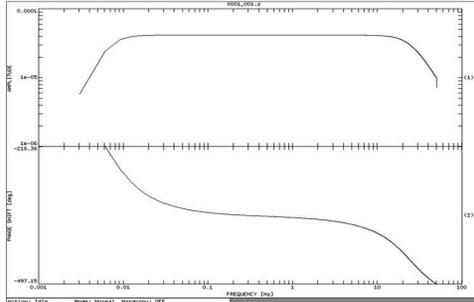
Un ulteriore operazione confronta il segnale derivante dalle due celle capacitometriche con una tensione di riferimento variabile a piacere dall'utilizzatore. Il risultato di tale confronto, evidenziato dall'accensione/spiegimento di altre quattro spie (due per ogni cella) permette di verificare il livello del liquido presente all'interno del circuito segnalando eventuali insufficienze o eccessi di fluido.

Le spie di controllo, importanti per un corretto funzionamento, sono estremamente sensibili alle variazioni di inclinazione e livello, mostrando in tal modo qualsiasi ipotetica anomalia di funzionamento.

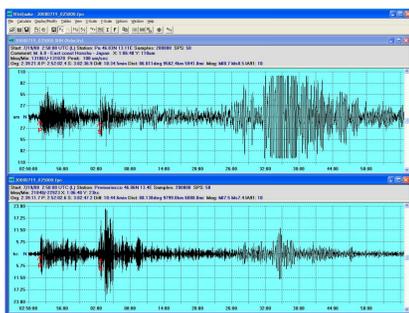
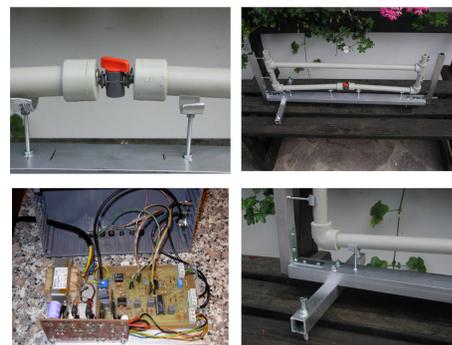


## Limiti del sensore

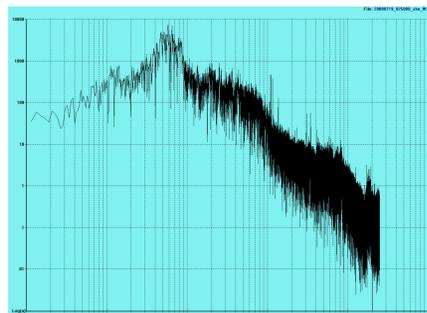
Anche se il circuito elettronico è stato pensato per ridurre al minimo le interazioni del sensore con la temperatura, l'attuale costruzione si è rivelata sensibile alle differenze di temperatura lungo la struttura. È pertanto importante provvedere con appropriate coibentazioni dei tubi. È anche utile posizionare il sensore all'interno di un locale protetto da variazioni termiche eccessive o da condizioni critiche di temperatura. L'ideale è all'interno di una piccola stanza chiusa non riscaldata o comunque con temperatura non troppo variabile. È necessario attendere alcuni giorni dopo il posizionamento, per permettere la stabilizzazione della struttura e la risalita di eventuali bollicine d'aria che possono causare spikes o altri segnali indesiderati. È utile verificare spesso, il tilt e lo stato del livello del liquido dello strumento. Tale condizione, è evidenziata dalle spie di riferimento. È anche necessario procedere alla taratura elettrica, resa possibile, nella versione italiana, da un ulteriore potenziometro in grado di limitare in ampiezza la tensione di uscita. Tale condizione è risultata necessaria per interfacciare lo strumento alle apparecchiature utilizzate dalla FESN in quanto l'eccessiva dinamica del segnale comportava spesso segnali in saturazione.



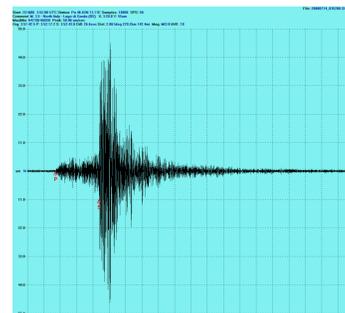
In alto: Risposta in frequenza del sensore  
A lato: Dettagli costruttivi



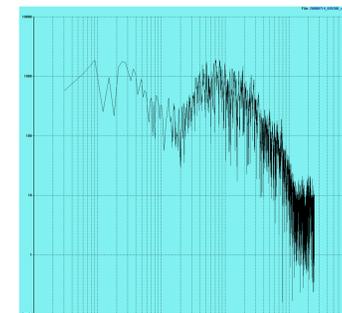
Evento del 19.07.2008, M. 6.8—Honshu (Japan)  
In alto: sensore FMES stazione di Pasion di Prato  
In basso: sensore Lehman stazione di Premariacco



Evento del 19.07.2008, M. 6.8—Honshu (Japan)  
Spettro del tracciato sensore FMES - stazione di Pasion di Prato



Evento del 14.07.2008, M. 3.5 - Lago di Garda  
Sensore FMES stazione di Pasion di Prato  
Segnale filtrato bassa-alto 3 Hz.



Evento del 14.07.2008, M. 3.5 - Lago di Garda  
Sensore FMES stazione di Pasion di Prato  
Spettro del tracciato non filtrato