



ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Genova

INFN/TC-02/10
17 Aprile 2002

**I MODULI DI CONTROLLO LOCALE (LCM) IN TITANIO
DEL RIVELATORE ANTARES**

M. Ameri, M. Anghinolfi, M. Battaglieri, P. Cocconi, S. Cuneo, R. DeVita,
F. Parodi, P. Pollovio, A. Rottura, S. Zavatarelli

INFN, Sezione di Genova, via Dodecaneso, 33, I-16146, Genova, Italy INFN

Riassunto

La Sezione INFN di Genova ha realizzato i contenitori in titanio utilizzati in un test di immersione di parte del rivelatore ANTARES, il telescopio sottomarino per la misura di neutrini di alta energia. Questo report descrive le loro caratteristiche, il tipo di lavorazione utilizzato ed il sistema autonomo contenuto in uno di essi per la misura dell'accelerazione e della rotazione durante le fasi di immersione dell'apparato .

*Published by SIS-Pubblicazioni
Laboratori Nazionali di Frascati*

1. INTRODUZIONE

Il progetto ANTARES (Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental REsearch) ^[1] si pone l'obiettivo di costruire un rivelatore sottomarino per misurare il flusso di neutrini cosmici di energia superiore ai 10 GeV. Il principio di funzionamento e' il seguente: un neutrino cosmico, proveniente dall'altro emisfero celeste, attraversa la terra e interagisce sulle rocce del fondo marino producendo un mesone μ carico nella medesima direzione di quella iniziale. Il mesone si propaga a velocità della luce nell'acqua marina generando un cono di luce Cerenkov. Il rivelatore ANTARES, misurando la luce emessa, ricostruisce l'energia e la direzione del neutrino iniziale. Questo rivelatore fornisce quindi la prima possibilità di osservare l'Universo sotto un nuovo punto di vista ^[2], utilizzando un nuovo tipo di sonda.

Il rivelatore (vedi Fig. 1) e' costituito da dieci stringhe verticali posizionate sul fondo marino a circa 2500 m di profondità e opportunamente collegate con la stazione di terra tramite cavi elettro ottici per la trasmissione della potenza elettrica e dei dati.

Il sito prescelto e' di fronte a Tolone a circa 40 Km dalla costa.

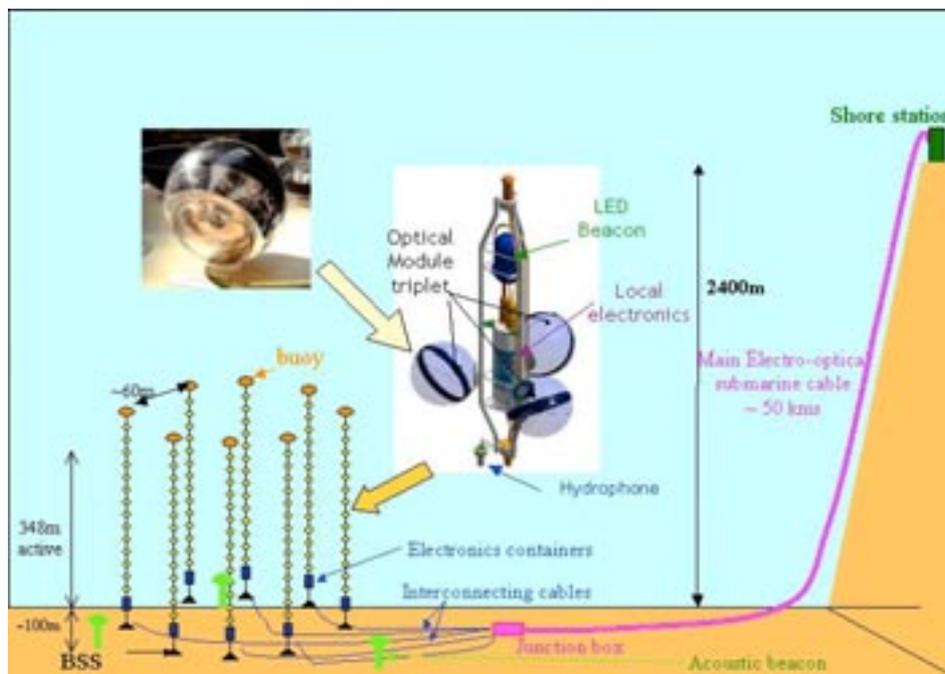


Fig. 1: il rivelatore sottomarino ANTARES.

Ogni singola stringa e' modulare ed e' costituita da 30 unità (Storey) fissate ad intervalli di 10 m ad un cavo verticale ancorato al fondo marino e sostenuto da una boa alla sommità. Ciascuna unità contiene una struttura in titanio (OMF) che sorregge tre sfere posizionate a 120 gradi, contenenti un fototubo per rivelare la luce Cerenkov. L'elettronica di lettura ed alimentazione dei tre fototubi ^[3] e' alloggiata nel modulo di controllo locale (LCM), un cilindro in titanio posizionato al centro della struttura.

La programmazione dell'esperimento prevede per il 2003 l'installazione e messa in opera delle prime stringhe. Fino adesso sono stati effettuati svariati test per verificare le procedure di

immersione e posizionamento di alcune parti dell'apparato tra le quali un settore di una stringa (sector line) costituito da un insieme di 5 storeys.

In questo report descriveremo la costruzione dei contenitori in titanio (LCM) effettuata presso l'Officina Meccanica della sezione INFN di Genova e il loro utilizzo nel test di immersione della sector line effettuato nel Dicembre 2001.

2. Il modulo di controllo locale (LCM)

2.1 Descrizione

Il LCM è un contenitore cilindrico chiuso alle due estremità da due flange cieche (fig.2) fissate da tre tiranti esterni posizionati a 120 gradi tra loro. Il LCM contiene la strumentazione e le schede di elettronica e le protegge dall'ambiente esterno. I cavi elettro ottici penetrano nel contenitore tramite passanti a tenuta praticati sulle flange laterali.

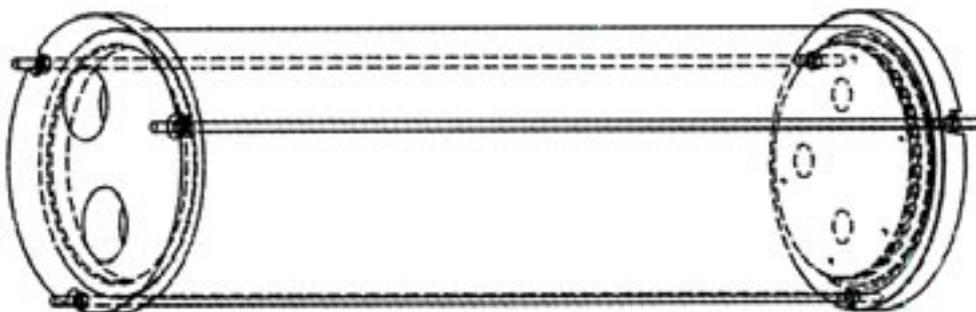


Fig.2: il modulo di controllo locale.

In misura il LCM verrà immerso nell'acqua di mare a 2500 m di profondità e deve quindi resistere ad una pressione esterna di 250 bars. La tenuta è garantita da una coppia di orings in Fluorocarbonio radiali ed assiali posizionati sulle flange di chiusura, mentre per le connessioni con l'esterno si utilizzano dei connettori passanti prodotti da ditte specializzate (Subconn mod. BH 12 M). Le caratteristiche dell'oring e della cava corrispondente in cui è alloggiato sono state determinate, dal punto di vista della dimensione, resistenza alla pressione, temperatura di esercizio e compatibilità con ambiente marino, secondo le indicazioni della casa produttrice (www.parker.com).

Dato che il rivelatore è previsto funzionare in ambiente marino profondo per un periodo ininterrotto di 10 anni, il LCM non deve subire perdite di tenuta o di resistenza meccanica dovuta a fenomeni di corrosione. Si tratta certamente di una specifica piuttosto severa che può essere soddisfatta con una scelta opportuna del materiale. Per la realizzazione del LCM si è individuato il titanio grado V che garantisce ottime caratteristiche di resistenza meccanica e alla corrosione in ambiente marino.

Le dimensioni del LCM sono 600 mm in lunghezza e 179 mm in diametro.

Con la simulazione agli elementi finiti si e' verificato che lo spessore del cilindro (11 mm) e delle due flange cieche (30 mm) sono sufficienti per resistere alla pressione esterna. I LCM assemblati sono stati sottoposti ai test in camera iperbarica a 310 bars previsti dalle procedure dell' IFREMER, l'Istituto francese che cura la posa del rivelatore.

2.2 Lavorazione e controllo dimensionale

La tolleranza generale nella lavorazione e' di +/-0.2 mm ad esclusione delle parti contenenti gli o-ring che richiedono, in generale, una tolleranza superiore . La rugosita' generale e' pari a 3.2 μm mentre nelle parti a contatto con le tenute e' richiesta una rugosita' inferiore e pari a 0.8 μm .

La produzione dei 6 cilindri e' stata affidata ad una ditta esterna non essendo la nostra officina attrezzata a questo tipo di lavorazione .

Al contrario, per la produzione delle flange abbiamo utilizzato le seguenti macchine operatrici:

1) per tutte le lavorazioni in tornitura si e' usato un tornio orizzontale Padovani modello 'LABOR 200 ELECTRONICK' con il sistema di controllo numerico 'SINUMERIK' della Siemens e gli appositi utensili per titanio forniti dalla Ditta SANDVIK

2) per le restanti lavorazioni, essenzialmente forature di vari diametri, si sono usate due diverse macchine operatrici. Per i fori di diametro 30 e 50 mm, vista la durezza del titanio, si e' optato per una filo-erosione della Charmilles Technologies modello ROBOFIL 330 F con un sistema di controllo numerico 'FANUC' prodotto dalla stessa casa fornitrice della macchina; per le restanti forature ci si e' avvalsi di una fresa Deckel modello 'FP 42 NC' con un sistema di controllo numerico 'DIALOG 11' della Grundig Electronic

A lavorazione ultimata e' stato effettuato il controllo dimensionale utilizzando sia la macchina a controllo numerico in dotazione alla nostra officina che un rugosimetro .

La tabella seguente mostra un riassunto dei valori misurati sui 6 LCM ricordando che il valore nominale del diametro e' 157.5 +0.00 +0.04 mm, quello della rugosita' 0.8 μm e quello della lunghezza di 600 +/- 0.2mm

Numero del cilindro	Diametro sede lato A	Rugosita' sede lato A	Rugosita' testa lato A	Diametro sede lato B	Rugosita' sede lato B	Rugosita' testa lato B	lunghezza
1	157.509	0.60	0.34	157.503	0.44	0.28	599.9
2	157.495	2.18	0.90	157.513	0.47	0.90	599.9
3	157.488	0.43	0.48	157.498	0.57	0.45	599.9
4	157.501	0.72	0.80	157.500	0.80	0.20	600.0
5	157.514	0.65	0.28	157.519	0.57	0.39	599.8
6	157.509	0.80	0.46	157.501	0.80	0.51	599.9

Come si vede dalla tabella i cilindri numero 2 e 3 hanno un diametro misurato inferiore al valore richiesto e potrebbe rendere difficoltoso l'inserimento delle flange di chiusura. Si e' quindi optato per una semplice soluzione del problema riducendo di 0.02 mm il diametro di tutte le flange, conservando comunque proporzioni geometriche accettabili delle sedi di lavoro degli oring radiali.

3. Il LCM utilizzato nel test di immersione di un settore di stringa

Il telescopio ANTARES, pur essendo basato su principi di rivelazione piuttosto standard, ha la caratteristica fondamentale di dover operare per un lungo periodo in ambiente marino di elevata profondità. E' quindi estremamente importante pianificare e testare tutte le operazioni necessarie ad immergere, posizionare e collegare il rivelatore nella zona prescelta del fondo marino. Diversi collaboratori appartenenti all'Istituto francese IFREMER partecipano all'esperimento ANTARES con lo scopo preciso di studiare e definire tali operazioni utilizzando, tra l'altro, una nave a posizionamento dinamico (CASTOR) e un ROV (Remote Operated Vehicle).

Una parte di tali procedure e' stata verificata effettuando l'immersione nel sito ANTARES di un settore di una stringa completa (vedi fig.3) comprendente in successione dal basso verso l'alto:

- una struttura di base (BSS) composta da un'ancora connessa con un doppio sistema di sganciamento acustico ad una parte mobile;
- 100 m di cavo meccanico-elettro-ottico;
- 5 storeys distanziate di 10 m come nella configurazione finale;
- 1 boa alla sommità.

Il test si e' svolto in diverse fasi che includono

- l'assemblaggio di tutto il settore sul ponte della nave CASTOR;
- la sua immersione in un punto predefinito del sito ANTARES a 2500 m di profondità utilizzando il carro ponte e l'argano con il lungo cavo in acciaio di CASTOR;
- il rilascio sul settore nel fondo marino per un periodo di 2 ore;
- lo sgancio della struttura mobile dall'ancora tramite comando acustico, la risalita di tutto il settore e il suo recupero sul CASTOR.

Trattandosi di un test dei soli elementi strutturali della linea, i LCM di ciascuna storey erano privi della elettronica interna tranne quello immediatamente sotto la boa dove e' stato alloggiato un modulo contenente diversi strumenti alimentati e letti da un sistema autonomo (Fig. 4) sviluppato dagli autori.[4]

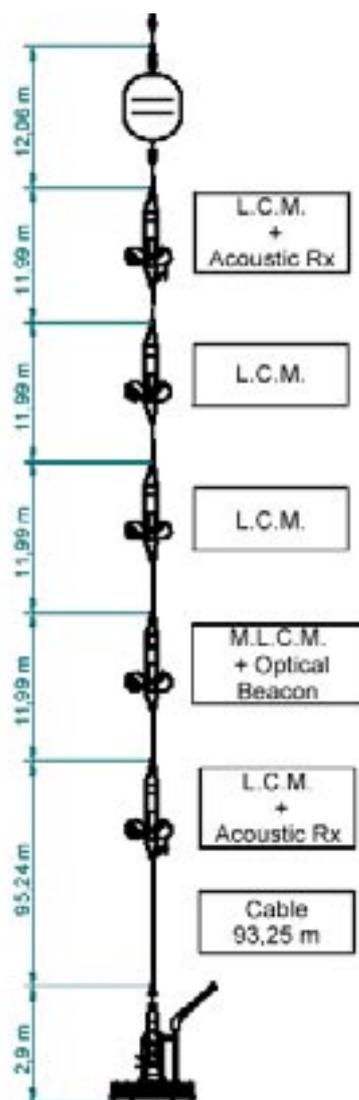


Fig.4: il settore di dtringa del rivelatore ANATRES utilizzato nel test di deployment.

Lo scopo e' stato quello di monitorare tutti i parametri piu' importanti durante le varie fasi del test quali l'accelerazione nelle tre componenti, la rotazione rispetto al nord magnetico (head), l'inclinazione rispetto all'orizzontale (pitch and roll) , la temperatura e l'umidità' relativa.

I sensori utilizzati sono i seguenti:

- accelerimetro della Instrumentation Devices mod 2422-010, acc. Max =10g, acc. min = 0.01 g;
- Bussola TCM2;
- Humidy and temperature sensor Honeywell mod . HIH-3605-A-CP

L'acquisizione dati e' stata effettuata utilizzando un PC Real Time Devices;

- CPU mod. CMM 7686GX233-128;
- Storage Device Flash Drive mod CMT 106;
- I/O data Module Bus mod. 7520 HR – 8.

Il sistema e' stato alimentato con due set batterie serie-parallelo al Litio SAFT modello LSH20, uno da 10.8 Volt, 130 Ah e l'altro da 14.4 Volt, 13 Ah.

Il sistema ha una autonomia di circa 36 ore per un rate di acquisizione di 200 Hz per l'accelerimetro e 0.5 Hz per gli altri strumenti.

L'analisi dei dati raccolti ha permesso lo studio e la definizione di alcuni parametri importanti per le procedure di qualificazione quali l'accelerazione massima misurata, i valori delle frequenze tipiche di vibrazione, la rotazione dell'apparato durante la discesa e in fondo al mare, la velocità di risalita ecc...; un dettagliato rapporto sul comportamento del settore della linea di ANTARES durante il test sarà argomento di un prossimo report INFN.

4. Conclusione

Presso la nostra officina della sezione INFN di Genova sono stati realizzati i contenitori in titanio (LCM) che alloggeranno l'elettronica di lettura e alimentazione dei fototubi del telescopio ANTARES.

I LCM sono stati utilizzati in un test preliminare che ha dimostrato con successo la possibilità di immergere, posizionare e recuperare ciascuna stringa del rivelatore; uno dei LCM e' stato munito di un sistema autonomo per la misura dell'accelerazione, rotazione e inclinazione del settore della stringa utilizzato nel test .

Referenze

- [1] Technical Design Report of the ANTARES project: <http://antares.in2p3.fr/internal/TDR>.
- [2] L.Moscoso., in Neutrino Telescopes under the ocean: the case for ANTARES. Talk given at NEUTRINO 98 Conference , Takayama, Japan, July 98.
- [3] P.Amram et al. The Optical modules of ANTARES to appear on Nucl. Instr. And Meth.
- [3] M.Anghinolfi et al. The TEMPURA meter for the deployment test; da pubblicare come report INFN