

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione di Napoli

INFN/TC-90/07
11 Aprile 1990

A. Bove, F. Manna, A. Parmentola:

GENERATORE A B. F. PER TEST DI FILI DI CAMERE A DRIFT

GENERATORE A B. F. PER TEST DI FILI DI CAMERE A DRIFT

A. Bove¹⁻²- F. Manna² - A. Parmentola²

¹ Dip. di Scienze Fisiche, Università di Napoli

² Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Sez. di Napoli

ABSTRACT

We describe below a simple system used to apply and check the correct mechanical tension of the wires in the 16 ($6 \times 2 \text{ m}^2$) drift chambers built for the L3 muon detector. The system is based on the measurement of the oscillation frequency of the wires when excited by means of a transverse electric field, generated by the dedicated H. V. - L. F. oscillator here described.

1. - INTRODUZIONE

Nella costruzione di camere multifilo, ed in particolare nel caso delle camere a drift, il valore e l' uniformità della tensione meccanica applicata ai singoli fili é un fattore importante. Ciò é particolarmente vero quando si lavora con fili con lunghezza di vari metri; in tal caso le deflessioni dovute alle forze elettrostatiche ed al peso del filo stesso possono falsare completamente la misura di posizione delle particelle rivelate.

Molti metodi sono stati sviluppati per risolvere il problema del controllo della tensione meccanica, quasi tutti basati sul controllo della frequenza di oscillazione meccanica propria del filo (1 - 6).

Il presente lavoro é stato svolto nell' ambito dell' esperimento L3, al LEP del CERN. Tra le responsabilità del gruppo di Napoli vi é stata la costruzione ed il test dello strato interno dello spettrometro per muoni, per un totale di 16 camere a drift di grandi dimensioni ($\sim 6 \times 2 \text{ m}^2$) e di elevatissima risoluzione spaziale ($50 \mu\text{m}$) (7). Ciascuna camera a drift contiene 19 celle, costituite da un piano di lettura tra due piani catodici. La distanza tra i piani catodici é di 100 mm. Un piano

di lettura é costituito da 20 fili di "sense" alternati a 21 fili di "field", piú 4 fili di "guard" alle estremità, mentre un piano catodico è formato da 100 fili di "mesh". Complessivamente, per ogni camera, abbiamo 19 piani di lettura inframmezzati da 20 piani catodici, 18 dei quali realizzati con fili; i due piani catodici che chiudono la camera sono invece realizzati con circuiti stampati incollati sui longheroni laterali che delimitano il rivelatore. Si ha così un totale di 380 fili di sense, 399 fili di field, 76 fili di guard e 1800 fili di mesh, che differiscono per composizione e sezione.

I fili di ogni piano sono saldati alle estremità a due cartoline e poggiano su 3 speciali supporti costituiti da un insieme di lastre di vetro, lavorate otticamente, uno centrale e due alle estremità e allineati con precisione micrometrica. Le lastre di vetro di ciascuno dei tre supporti sono state incollate su barre di fibra di carbonio in posizione controllate con tecniche interferometriche, e l'appoggio dei vari piani su tali vetri ed il successivo fissaggio con cera garantisce la posizione dei fili nello spazio e le distanze tra i vari piani. Una delle cartoline è mobile lungo la direzione dei fili mediante viti calibrate in modo da permettere la regolazione della tensione meccanica dei fili. Data la loro lunghezza bisogna contenere, entro la tolleranza, la freccia dovuta alle forze elettrostatiche ed alla gravità, senza peraltro eccedere per evitare la sfuggita dei fili dalle saldature.

Preventivamente, sono stati effettuati svariati tests sui fili, tenendo conto delle loro diverse composizioni e sezioni e delle sollecitazioni meccaniche da sopportare. E' stata così determinata la tensione meccanica ottimale per ogni tipo di filo, da rispettare con stretta tolleranza.

I risultati sono riportati nella tabella che segue:

FILI	MATER.	SEZIONE	TENS. MECC.	FREQ.
SENSE	W+Rh /Au	30 μ m	130 gr.	27, 75 Hz
FIELD	Cu+Be	75 μ m	375 gr.	28, 29 Hz
GUARD	W+Rh/Au	75 μ m	812 gr.	25, 80 Hz
MESH	W/Au	30 μ m	110 gr.	25, 60 Hz

I fili, poggiati ai soli supporti estremali, si comportano come corde tese fisse agli estremi. Per piccole oscillazioni e con perdite trascurabili oscillano nel modo fondamentale con frequenza f° (Hertz):

$$f^{\circ} = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (1)$$

L = distanza tra gli estremi (5,64 m)

T = tensione meccanica (Newton)

μ = densità lineare (kg / m)

Quindi:

$$T = \mu(2Lf^{\circ})^2 \quad \Delta T = 8\mu L^2 f^{\circ} \Delta f^{\circ} \quad \frac{\Delta T}{T} = \frac{2\Delta f^{\circ}}{f^{\circ}} \quad (2)$$

Eccitando il filo con una forza trasversale sinusoidale di ampiezza costante e frequenza variabile f , l'andamento dell'ampiezza delle oscillazioni in funzione di f è una caratteristica campana piccata intorno ad f° . Dunque, la tensione meccanica è determinabile dalla frequenza di risonanza fondamentale del filo, misurabile col metodo che andremo a descrivere.

2. - IL TEST DEI FILI

L'operazione di misura si effettua allontanando il supporto centrale e ponendo una placca rigida metallica, (antenna), 2mm sotto il piano dei fili, fig.1, e a circa 3/4 della loro lunghezza. Questi ultimi sono, preventivamente, posti a massa da una spazzola conduttrice poggiata ad una loro estremità. In tal modo la placca e i fili, affacciati ad essa, costituiscono le armature di un condensatore. Applicando alla placca un segnale sinusoidale di 1000 V di ampiezza, fornito dal generatore B.F. appositamente realizzato, i fili saranno sottoposti alla forza del campo elettrico che per piccole oscillazioni é proporzionale alla d.d.p. tra la placca e gli stessi. Al variare della frequenza l'ampiezza dell' oscillazione dei fili segue l'andamento descritto, mostrando un pronunciato picco in corrispondenza di f° . Si può osservare così "ad occhio" la corretta tensione e se uno, tra i tanti fili del piano, é troppo teso o allentato rispetto agli altri.

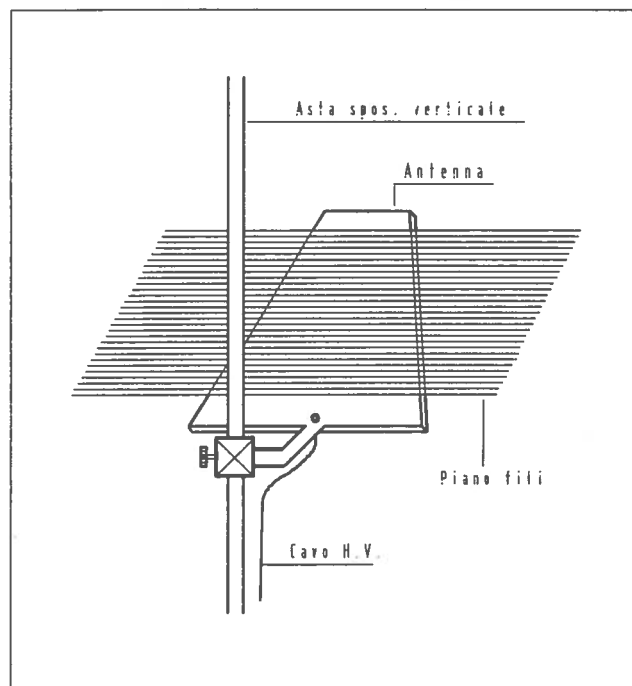


FIG. 1 - Antenna per oscillazione fili.

Onde evitare di allungare i fili oltre misura, si parte con i fili leggermente mollati e, attraverso successive misure e conseguenti regolazioni, si arriva alle frequenze di risonanza desiderate.

Col metodo descritto, eravamo in grado di discriminare le corrette f° con precisione di ~ 0.10 Hz. Ciò corrisponde ad una indeterminazione su f° inferiore allo 0,4%, ed in base alla (2) tale errore si riflette sulla tensione T con una indeterminazione di $\sim 0,8\%$, pari cioè ad una frazione di grammo. Ne risultava una tolleranza di frazioni di grammi nella determinazione delle tensioni meccaniche.

3. - IL GENERATORE B.F. - H.V.

Il generatore di B. F., che é stato realizzato per effettuare il test dei fili delle camere, ha caratteristiche non molto comuni. Il segnale in uscita, regolabile in ampiezza, va da 0 V ad oltre 1000 V e con un range di frequenza $20 \div 33$ Hz, e regolazione di 1/100 di Hz tramite Helipot a 10 giri e manopola con divisioni centesimali.

Come elemento di base, per questo circuito, é stato utilizzato l' integrato AD 537 prodotto da Analog Devices. E' questo un convertitore tensione/frequenza di grande affidabilità e alta precisione con una tensione di alimentazione che può variare da $5 \div 36$ V. Il fondo scala del valore di frequenza viene determinato dalla costante di tempo del gruppo R C, montato esternamente, e calcolato in base alla formula :

$$f = \frac{V_{ref}}{10 R C} \quad (3)$$

La variazione di frequenza si ottiene, come si può rilevare dalla Fig. 2 , variando di alcuni mV la tensione positiva applicata all' ingresso non invertente dell' operazionale in esso contenuto.

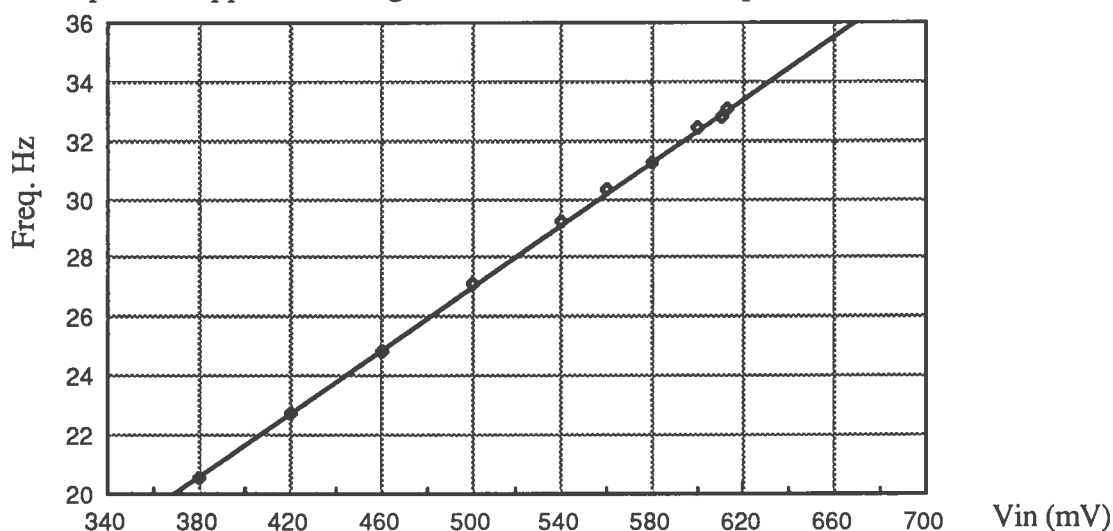


FIG. 2 - Relazione tensione/frequenza dell'AD537.

Come sorgente di tensione positiva, per il comando di questo convertitore, utilizziamo quella fornitaci dallo stesso integrato che preleviamo dal pin 4 denominata Vref. Questo valore di tensione

di 1V é troppo elevato per le nostre esigenze, quindi, montando una resistenza a monte del potenziometro ed una a valle, creiamo un partitore resistivo, in modo che l'intera escursione del cursore ci permette di coprire il range di frequenza da noi desiderato. Le due capacit  ceramiche da 0.22 μ F, collegate ai capi del potenziometro e riferite a GND, servono a filtrare eventuale rumore.

Anche l'uscita, di questo convertitore, é abbastanza versatile, infatti, lo stadio finale é rappresentato da un transistor NPN a collettore aperto in modo da poterlo alimentare con una tensione diversa da quella del convertitore. Nel nostro caso ci  non si rende necessario quindi, una volta montato il carico resistivo da 5,6 k Ω , abilitiamo l'uscita collegandola alla stessa tensione di alimentazione del convertitore.

Prima ancora di utilizzare questo segnale per pilotare i vari circuiti, e cio  amplificatore finale, frequenzimetro, periodimetro, ecc., lo faremo passare per un traslatore d'impedenza; lo applichiamo infatti sulla base del 2N2222 collegato ad emitter follower per non sovraccaricare lo stadio di uscita del nostro convertitore.

Come visibile nello schema di fig. 3, col segnale in uscita dal traslatore, pilotiamo direttamente gli apparecchi di misura che richiedono il segnale di un certo livello e di ampiezza costante. L'amplificatore, invece, lo colleghiamo al potenziometro che si trova al suo ingresso, tramite un resistore da 1 k Ω , partitorizzando cos  il segnale, in modo da non saturare l'amplificatore stesso.

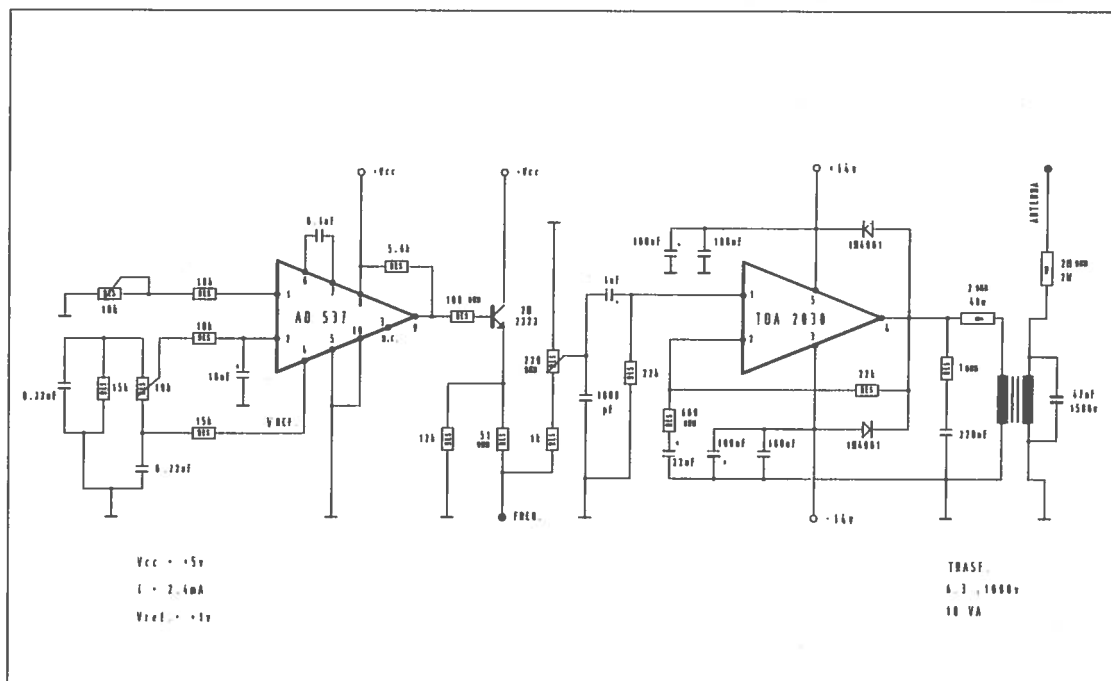


FIG. 3 - Schema oscillatore B.F.-H.V.

La capacit  da 1 μ F, montata tra il cursore del potenziometro e GND, serve a bloccare eventuali spuri di tensione di frequenza pi  elevata di quella interessata.

Come stadio finale, di questo oscillatore, é stato scelto un amplificatore di B. F. HI-FI della THOMSON e precisamente l' integrato TDA 2030. Questo tipo di amplificatore, polarizzato in classe " B", é in grado di fornirci in uscita una potenza di 14 W su un carico di 4 Ω alimentandolo con una tensione $\pm 14V$, é inoltre provvisto di un circuito di protezione contro cortocircuiti e sovratemperatura. Nel nostro caso il carico sull' uscita é rappresentato dal primario di un trasformatore a bassa impedenza che permette, in virtú dell' alto numero di spire sul secondario, di avere sul connettore di uscita un segnale di forma sinusoidale di ampiezza superiore a 1 kV.

La resistenza del valore di 2M Ω , collegata in serie all' uscita H.V., serve a proteggere l' operatore, da pericolose scosse, in caso di contatto accidentale con la placca dell' antenna.

Il frequenzimetro utilizzato per queste misure é il Mod. PM 8400 della Philips; questo tipo di apparecchio ci ha consentito di apprezzare misure dell' ordine di 1/100 di Hz.

3.1 - L' ALIMENTATORE

Le tensioni necessarie per il funzionamento del generatore B.F. vengono ricavate dall' alimentatore rappresentato in fig. 4. Come é ben visibile le tensioni di $\pm 14V$, per l' alimentazione dello stadio finale, vengono prelevate direttamente dai raddrizzatori a ponte dopo opportuno livellamento effettuato con le capacitá da 2200 μF . Per quanto riguarda, invece, il convertitore V/F si richiede una tensione molto stabile e priva di ripple. A questo scopo utilizziamo il regolatore di tensione μA 7805 in contenitore TO-220. Questo circuito integrato, prodotto da varie case, ci fornisce una tensione stabilizzata di 5V, 1A applicando semplicemente al suo ingresso la tensione di +14 V fornitaci dal nostro alimentatore.

Il trasformatore di rete é previsto per una tensione di ingresso di 220 V a c, mentre i 2 avvolgimenti secondari forniscono una tensione di circa 12 V a c - 2 Amp.

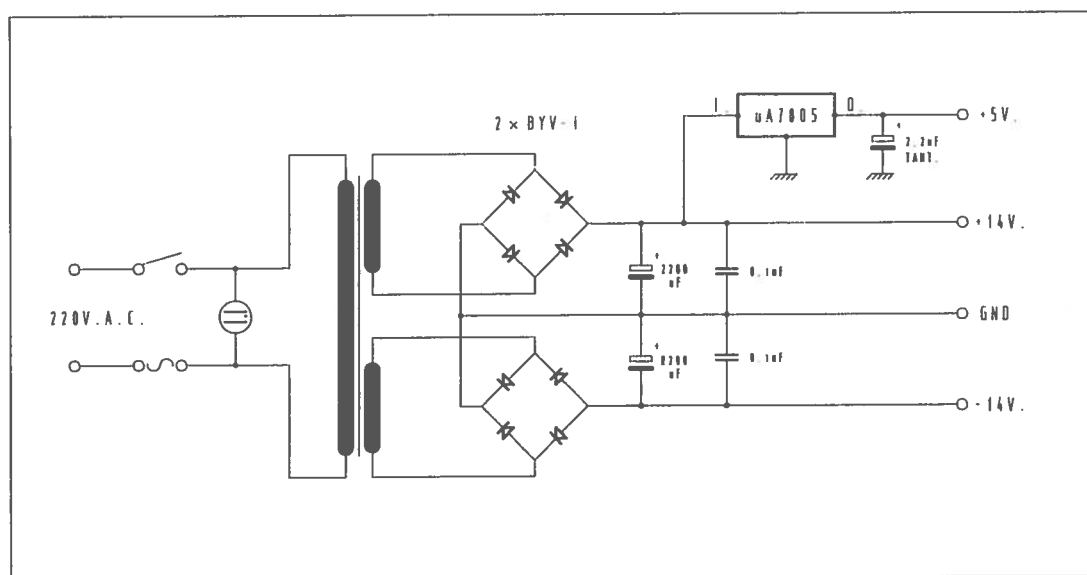


FIG. 4 - Schema alimentatore oscillatore B.F.

4. - CONCLUSIONI

Il sistema descritto ha mostrato ottime caratteristiche di affidabilità e ripetibilità durante tutto il periodo di costruzione delle 16 camere interne dello spettrometro per muoni di L3. Con la tecnica descritta sono stati messi alla tensione meccanica di progetto oltre 600 piani per un totale di ~ 50.000 fili. Il tempo richiesto per la messa a punto di ciascuna camera (39 piani) è stato di circa due giorni.

BIBLIOGRAFIA

- 1) R.T. Tones, NIM A269 (1988) 550.
- 2) Y. Aseno et al. , NIM A254 (1987) 35.
- 3) T. Regan , NIM 219 (1984) 100.
- 4) B. Koene et al. , NIM 190 (1981) 511.
- 5) M. Calvetti et al. , NIM 174 (1980) 285.
- 6) R. Stephenson et al. , NIM 171 (1980) 33.
- 7) L3 Collaboration , " The construction of L3 " , in corso di pubblicazione NIM.