

Frascati, April 3, 2000

Note: **ME-10****MISURE MAGNETICO-MECCANICHE DEI QUADRUPOLI PERMANENTI  
DELLA ZONA DI INTERAZIONE FINUDA**

*F. Sgamma, C. Sanelli, B. Bolli, S. Ceravolo, F. Iungo,  
M. Paris, F. Sardone, M. Troiani*

Nel gennaio 2000 si sono effettuate le misure magnetiche-meccaniche dei quattro quadrupoli permanenti della zona interazione di FINUDA con lo scopo di determinare per ciascuno le posizioni del centro magnetico e dei piani di simmetria quadrupolare rispetto alla loro geometria. A questo scopo sono stati utilizzati il sistema di misure magnetiche DANFYSIK [1] e quello di misure meccaniche LEICA.

Il sistema DANFYSIK consente, tra le altre cose, la determinazione della posizione del centro magnetico e della posizione angolare dei piani di simmetria magnetici del quadrupolo in misura. Tali posizioni sono relative ad un sistema di riferimento definito da un asse coincidente con quello di un laser, solidale alla macchina, e da un altro appartenente al piano verticale passante per il primo. La messa a punto della macchina è tale che l'asse del laser e quello della bobina rotante di misura appartengono allo stesso piano verticale, sono paralleli e sono ad una distanza pari a 350 o 500 mm; questi posizionamenti sono affetti da errori di  $\pm 20 \mu\text{m}$ .

Il quadrupolo, montato sulla macchina e preallineato in una posizione iniziale abbastanza vicina ( $\pm 1 \text{ mm}$ ) a quella del suo allineamento magnetico finale, viene misurato e quindi mosso in modo da portare il suo centro magnetico sull'asse della bobina ed il suo piano di simmetria verticale parallelo alla direzione della gravità. La macchina non è in grado di determinare l'asse magnetico del quadrupolo e quindi di allinearlo con l'asse della bobina: si può però ragionevolmente supporre che tale asse, passante per il centro magnetico, sia orientato come l'asse geometrico del quadrupolo, per costruzione meccanica.

Ad ogni magnete è associabile un sistema di riferimento che è facilmente definito dai punti singolari del magnete stesso. I punti singolari che si possono osservare sono:

- i punti appartenenti a ciascuna delle due circonferenze di base del cilindro, che definiscono sia un centro che un asse perpendicolare al piano della circonferenza stessa; si suppone che le due circonferenze definiscano un solido regolare, cioè che la retta che unisce i loro centri sia perpendicolare ad entrambe, in modo da poter osservare indifferentemente una delle due per definire il centro del magnete.
- i punti intersezione tra il taglio longitudinale, che divide in due metà il magnete, e le due circonferenze di base.

Il sistema LEICA è basato sull'uso di due teodoliti, collegati in seriale ad un PC: le posizioni angolari dei due strumenti sono ricevute in tempo reale ed elaborate dal programma "Axyz". Tale sistema consente l'osservazione dei punti significativi della macchina e del magnete in misura ed il calcolo delle loro coordinate nel sistema di riferimento che si ritiene più opportuno.

Ciascun quadrupolo è marcato su entrambe le facce piane: la lettera E definisce il lato affacciato, durante la misura, all'*encoder*, la lettera M quello affacciato al motore; la posizione ed il verso di entrambe definiscono la posizione "alto" del magnete. Ogni quadrupolo ha inoltre una cifra (da 1 a 4) che ne permette l'identificazione; l'1 ed il 2 sono *short* mentre il 3 ed il 4 sono *long*. La Foto 1 mostra il magnete "Long 3" montato sul sistema DANFYSIK con la marcatura "M3".

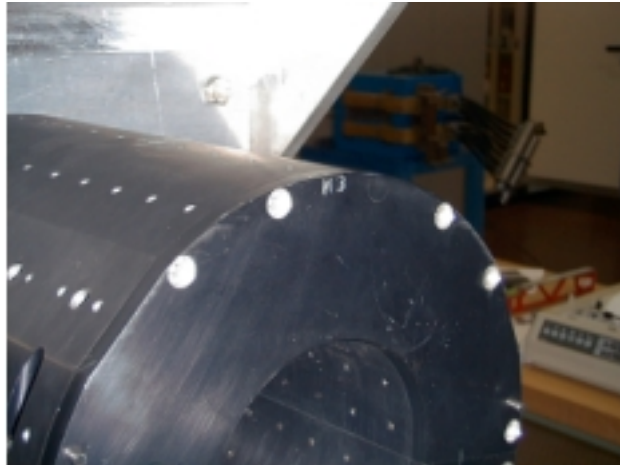


Foto 1

Ogni magnete viene misurato in due posizioni distinte, ruotate di  $180^\circ$  tra di loro, per scoprire la eventuale presenza di errori sistematici nella misura magnetica: la rotazione del magnete, vista la simmetria magnetica della misura, non deve infatti incidere sul risultato della misura magnetico-meccanica (posizione del centro magnetico rispetto alla geometria del magnete).

La sequenza delle operazioni eseguite durante la misura è stata:

- Il quadrupolo, solidale al suo attrezzo di supporto, viene posizionato adeguatamente sulla macchina DANFYSIK; il sistema LEICA ne può osservare la faccia marcata con M. La Foto 2 mostra un quadrupolo appena posizionato.



Foto 2

- Il supporto cui è vincolato il quadrupolo viene mosso in modo tale che il suo piano superiore sia perpendicolare alla gravità e che le due mire Taylor-Hobson, solidali al magnete, siano allineate con il laser della macchina DANFYSIK. La Foto 3 mostra uno dei due supporti delle sfere all'atto del montaggio.

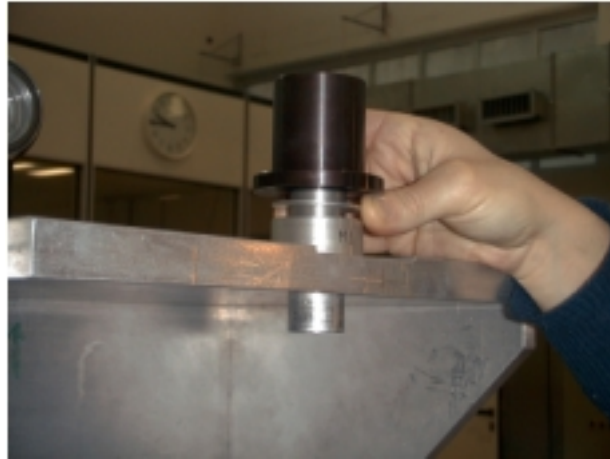


Foto 3

- Il sistema LEICA rileva la posizione delle due mire, di più punti (più di tre) sul contorno della circonferenza di base del cilindro interno del quadrupolo, dei due punti intersezione del taglio longitudinale con la circonferenza stessa. La Foto 4 mostra il tool per rilevare la posizione dei punti della circonferenza.



Foto 4

- Con il sistema LEICA si definisce un sistema di riferimento in cui:
  - l'asse z appartiene al piano verticale passante per il laser ed è distante 500 mm da questo (si suppone quindi che sia coincidente con l'asse della bobina): è inoltre orientato dal motore all'*encoder*;
  - l'asse y è verticale ed orientato verso l'alto;

- l'asse x, necessariamente orizzontale, è orientato verso destra se si guarda dal lato *encoder*;
- l'origine, non influente per la misura, è collocata arbitrariamente sul piano dei punti rilevati per definire la posizione della circonferenza descritta prima.
- Il sistema DANFYSIK esegue la misura magnetica, calcola gli *offsets* (orizzontale, verticale e angolare), muove corrispondentemente il magnete e quindi lo rimisura per verificare che sia effettivamente allineato rispetto alla bobina.
- Il sistema LEICA rileva la nuova posizione degli stessi punti significativi del magnete descritti prima.

La accuratezza complessiva della misura meccanica è illustrata dalla Tabella 1, nella quale sono confrontati, magnete per magnete, gli spostamenti effettuati per arrivare dalla posizione di montaggio iniziale a quella allineata magneticamente: i dati provengono indipendentemente dai due sistemi di misura (DANFYSIK e LEICA).

Tabella 1

		x [mm]		y [mm]		$\phi$ [mrad]	
		DAN FYSIK	LEICA	DAN FYSIK	LEICA	DAN FYSIK	LEICA
short 1	dritto	0,102	0,150	-0,110	-0,098	2,310	2,341
	ruotato 180°	-1,317	-1,305	-0,890	-0,887	2,320	2,560
short 2	dritto	-0,556	-0,542	-0,555	-0,633	3,660	4,750
	ruotato 180°	-0,917	-0,845	-0,457	-0,435	3,380	3,502
long 3	dritto	-0,109	-0,065	-0,910	-0,861	3,030	3,519
	ruotato 180°	-0,976	-0,943	-0,606	-0,602	2,640	2,665
long 4	dritto	-0,161	-0,115	-0,614	-0,623	4,510	4,772
	ruotato 180°	-0,933	-0,883	-0,670	-0,664	4,050	4,669

Rilevata, dopo l'allineamento magnetico, la posizione dei punti significativi del magnete rispetto al sistema di riferimento con asse z coincidente con quello della bobina, si determina il centro meccanico del magnete come proiezione, lungo la direzione perpendicolare alla circonferenza, del punto medio tra i due punti di intersezione taglio-circonferenza; la distanza tra punto medio e centro del magnete è pari alla metà della lunghezza del magnete stesso.

La Tabella 2 illustra sia i risultati delle misure sia il confronto (possibile solo per tre dei quattro magneti per la non completezza dei dati necessari) tra le due misure di ogni magnete. Il punto medio tra le due posizioni occupate dal centro meccanico dopo l'allineamento "dritto" e dopo quello "ruotato 180°" dovrebbe avere valori coincidenti con l'asse z: il centro meccanico infatti si deve trovare in due posizioni simmetriche rispetto al centro magnetico, le cui coordinate x ed y devono essere nulle rispetto all'asse della bobina. La tabella mostra invece che sembra esserci un errore sistematico della macchina DANFYSIK: è come se l'asse magnetico della bobina, sul quale viene allineato il centro magnetico in entrambe le situazioni, fosse più basso di circa 0.15 mm della posizione nominale (distante 500 mm dal laser) e spostato in x di 0.05 mm.

Tabella 2

		angolo tra piano verticale e taglio centro meccanico			punto medio tra i due centri	
		$\phi$ [mrad]	x [mm]	y [mm]	x [mm]	y [mm]
short 1	dritto	198.578	0.382	0.017		
short 2	dritto	200.664	-0.366	-0.234	0.041	-0.128
	ruotato 180°		0.448	-0.021		
long 3	dritto	199.097	0.191	-0.200	0.068	-0.147
	ruotato 180°		-0.055	-0.094		
long 4	dritto	201.112	0.086	0.072	0.040	-0.177
	ruotato 180°		-0.006	-0.426		

I valori da utilizzare per l'allineamento sono quindi mostrati dalla Tabella 3 e danno per il centro meccanico le sue coordinate rispetto al centro magnetico:

Tabella 3

		angolo tra piano verticale e taglio centro meccanico		
		$\phi$ [mrad]	x [mm]	y [mm]
short 1		198.578	0.332	0.167
short 2		200.664	-0.416	-0.084
long 3		199.097	0.141	-0.050
long 4		201.112	0.036	0.220

---

[1] F. Iungo, M. Modena, Q. Qiao, C. Sanelli: "DAΦNE Magnetic Measurement Systems – DAΦNE Technical Note MM-1 (Nov. 4, 1993).