



Frascati, May 18, 2000

Note: **ME-11****MISURE DI FLUSSO E TEMPERATURA DEL GHe
NELLA TL DEL COMPENSATORE N° 2***R. Ceccarelli, M. De Giorgi, G. O. Delle Monache, G. Ermini, E. Passarelli***Introduzione**

Nel Febbraio 1999 è stata effettuata l'installazione definitiva dei magneti compensatori di DAΦNE sugli anelli. Il riempimento dei compensatori stessi però si è dimostrato impossibile da realizzare per mezzo dell'impianto criogenico. Si sono quindi resi necessari una serie di test e di analisi su magneti e linee di trasferimento (TL), per porre rimedio alla situazione. In particolare è stato necessario determinare flusso e temperatura del GHe a monte della valvola Joule Thompson (JT), per verificare o meno l'esistenza delle condizioni termodinamiche utili al riempimento dei magneti.

Si descrivono le procedure di outgassing delle TL del magnete compensatore n° 2 di DAΦNE, e le misure di flusso e temperatura a monte della valvola Joule Thompson (JT) del magnete stesso.

Set up di misura

Sensore di temperatura (T6): Fe-Rh 27 Ω, N° 9216 Certificato di Calibrazione n° 32110

Multimetro: HP 3457 A. Corrente di misura 1 mA

Evaporatore: 2 serpentine Cu $D_{in} = 20$ mm $L = 11$ m $R_{curvatura} = 0.5$ m

Contatore: ASTRA Q 25 ($Q_{min} = 4$ m³/h $Q_{Max} = 40$ m³/h)

Preparazione della TL per la misura

Vengono collegate due pompe a turbina agli attacchi presenti agli estremi della TL. Dopo un pompaggio di 10 giorni il vuoto statico ottenuto è 5×10^{-3} mbar. Si contatta il costruttore (Leybold) che suggerisce di montare delle resistenze sull'involucro della TL, portandone la temperatura a 80 °C (temperatura Max indicata dal costruttore per il superisolante interno NRC-2) previo rientro di N2 secco, e tirare il vuoto per 24 h.

Così facendo, dopo 3 cicli, si ottiene un vuoto d'isolamento statico dell'ordine di 7×10^{-4} mbar, ritenuto non adeguato.

Si elabora quindi una procedura interna.

Nel volume del vuoto d'isolamento viene fatto flussare N2 secco. Contemporaneamente vengono azionate le resistenze. Il flussaggio ha una durata di 24 h. Dopo 2 giorni di tiraggio del vuoto, uno

dei quali mantenendo le resistenze accese, ripetendo la procedura per due volte, si ottiene un vuoto statico dell'ordine di 2×10^{-5} mbar. Il vuoto così ottenuto è adeguato.

L'evaporatore ed il contatore vengono montati immediatamente sulla linea del ritorno dell'evaporato a 300 K, all'uscita del magnete. Ciò per limitare gli inconvenienti dovuti allo scioglimento della condensa sui vari sistemi presenti in sala DAΦNE. Gli effetti che questi due componenti inseriti nella linea hanno sul flusso attraverso il compensatore e sulla pressione agente all'interno del criostato, vengono ritenuti trascurabili. Ciò è confermato anche dal fatto che le prove di riempimento del compensatore sono state effettuate anche senza serpentina e contatore, e i risultati ottenuti, in termini di riempimento del compensatore, sono stati gli stessi.

Descrizione della misura

Durante il ciclo di misure il vuoto d'isolamento statico del compensatore non si è mai discostato da 1×10^{-5} mbar. Inizialmente la TL è raffreddata aprendo la valvola del by-pass. In 30 min la temperatura letta con il multimetro sulla sonda del by-pass (T6), scende a 12 K (la temperatura T6 è determinata con misure di resistenza a 4 fili riportate sulla tabella di taratura della sonda fornite da Oxford). Si apre la JT di 3 giri (valore massimo di apertura dichiarato da Oxford) e si chiude il by-pass. T6 comincia a salire rapidamente. Quando raggiunge 60 K si decide di intervenire aprendo JT di ulteriori 3 giri e richiudendola di 2 per un totale di 4 giri. Ciò per eliminare gli effetti del gioco tra vite e madre dello spillo.

Si stabilizzano le temperature fluendo GHe per 24 h, anche se all'inizio delle misure il magnete risulta già riempito con LHe travasato da dewar (livello 82.6 % temperatura a bobina T5 = 4.6 K). In tabella si riporta il dettaglio delle misure.

Ora	JT (giri)	R Sonda (Ω)	T6 (K)	Contatore (m^3/h)	Portata (g/s)	T5 (K)	Note
16.00	4	2.73	7.6	2935.8		8.6	15 Maggio
16.35	4	2.71	7.4	2944.6	0.81	8.1	aperta JT 1 giro
16.45	5	2.62	6.6	2947.4		7.3	
17.45	5	2.64	6.8	2966.9	1.03	7.2	chiusa JT 2 giri
17.50	3	2.72	7.5	2968.0		7.4	
18.20	3	2.90	9.5	2974.0	0.63	12.6	Aperto by-pass (*)
22.00	3	3.42	17.4	3048.1	1.07	X	Chiuso by-pass
6.00	3	3.46	18.2	3052.9	-	25.1	16 Maggio
10.30	3	3.59	20.9	3052.9	-	27.7	$Q < 4 m^3/h$
(*) Raggiunto livello He nel magnete di 42.7 %, con parzializzatore by-pass aperto 100% e JT 3 giri							

Durante le misure le pressioni nel refrigeratore hanno mantenuto i valori di progetto a meno delle oscillazioni di regolazione dovute alla normale operazione.

L'esperienza maturata durante i cicli di misura ha evidenziato che la relazione tra giri di apertura e posizione effettiva non è ripetibile, sia per la mancanza di un riferimento graduato, che, più sensibilmente, per la presenza di giochi tra madre e vite dello spillo.

Per questo motivo si considera che la realizzazione futura di un controllo automatico del riempimento dei magneti compensatori di DAΦNE dovrà venire implementato con massima cautela, tenendo conto degli effetti che l'apertura della JT provoca sul refrigeratore, e sulla velocità di riempimento dei compensatori.

Discussione dei risultati

Il sensore di misura della temperatura T6 montato sul by-pass, è stato calibrato da Oxford facendo fluire LHe e LN2, misurando i seguenti valori di temperatura:

Helium test: T6 = 6.9 K
Nitrogen test: T6 = 77.7 K

Oxford ha giustificato la discrepanza tra temperatura di LHe a $P = 1$ bar e quella misurata (4.4 K contro 6.9 K), con la presenza di carico termico nel sensore, non ulteriormente limitabile a causa della geometria del by-pass.

Si deduce quindi che con un flusso di c.a. 1 g/s si dovrebbero raggiungere le condizioni termodinamiche a monte della JT per un'espansione con adeguato titolo di liquido (T6 = 6.6 – 6.8 K dovrebbe essere ben al di sotto di una temperatura effettiva di 5.4 K sufficiente allo scopo) pari a quelle presenti a monte delle JT degli esperimenti.

Del resto per ottenere un tale flusso è necessario aprire la JT di 5 giri, causando il non efficace funzionamento della valvola stessa.

In alternativa aprendo la JT di 3 giri è necessario aprire il by-pass, parzializzando il flusso di He all'interno del magnete. Questa operazione poi aumenta la pressione all'evaporato e quindi anche nel criostato.

La criticità del sistema è tale che piccole variazioni della temperatura si ripercuotano sensibilmente sulla quantità di He che fluisce nella TL, come si può osservare dall'andamento della densità in funzione della temperatura, nella seguente tabella (fonte NIST chemical book).

P = 2.9 bar	
T (K)	ρ (Kg/m ³)
4.8	122.5
5.0	116.6
5.2	108.6
5.4	94.0
5.6	62.1
5.8	46.3
6.0	39.3

Conclusioni

In fase di progetto dei sistemi refrigeratore TL e magneti, si sono manifestati diversi convincimenti nelle varie parti:

fin dall'inizio Oxford dichiarò necessari per il riempimento dei compensatori 1 g/s di GHe a 3 bar e 5.4 K.

Linde inizialmente richiese al subcontractor Leybold una TL con 0.15 W/m di perdite termiche, per accontentarsi in seguito di una TL con 0.5 W/m di perdite termiche, valore in seguito ritenuto ottimistico da alcuni tecnici Leybold per una TL della tipologia utilizzata, senza cioè schermo termico intermedio raffreddato (per quanto riguarda le perdite termiche nell'elemento di by-pass di costruzione Oxford, i dati non sono stati forniti dal costruttore stesso).

In seguito Linde considerò necessari 2 g/s per un riempimento ottimale dei compensatori, ma tale valore della portata risulta probabilmente incompatibile con l'efficiente funzionamento della JT.

Ringraziamenti

Si ringraziano O. Coiro, N. De Sanctis, R. Di Raddo, C. Marini e A. Mazzenga per il supporto fornito durante le varie fasi delle operazioni.