



FINUDA Internal technical note
November 10, 2002

FINUDA QUADRUPOLE FRAME DESIGN

Ing. Tomassini Sandro, Fontana Gianni

FEM code used: Ansys

1. INTRODUZIONE

Nel collider DAΦNE sono previsti due punti di interazione sui quali sono installati i due esperimenti KLOE e FINUDA che hanno un solenoide rispettivamente da 0.6T e 1.1T. Per ottenere le massime prestazioni in termini di luminosità e background, si è visto che la scelta migliore è quella di far funzionare i due esperimenti in fasi alterne. In particolare durante la presa dati di un esperimento conviene tenere a corrente zero l'altro solenoide escludendolo dall'ottica di macchina. Per fare questo occorre avere a disposizione un meccanismo che permetta di ruotare di un certo angolo i quattro quadrupoli più vicini al magnete FINUDA. A tal proposito è stato realizzato un sistema a culle rotanti che permette di ruotare in maniera controllata da remoto ogni singolo quadrupolo nel range 0-22 gradi.

2. DESCRIZIONE GEOMETRICA E CINEMATICA

In fig. 1 è riportata la geometria dell'assieme culla rotante quadrupolo. Il sistema permette di ruotare il singolo quadrupolo rispetto al proprio asse longitudinale nel range 0-22 deg. La movimentazione è realizzata mediante attuatore meccanico a vite con rapporto di trasmissione 1:20, passo 4mm, step motor da 1.8 deg di passo ed encoder assoluto.

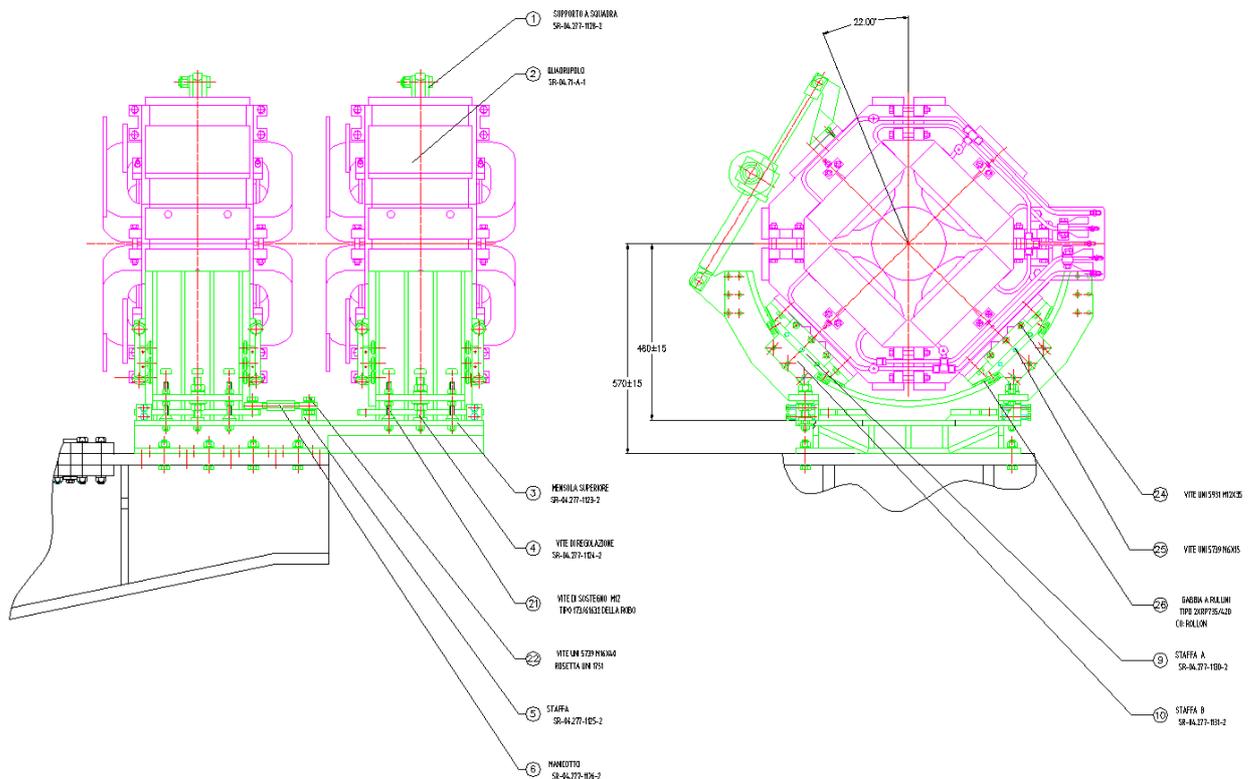


Figura 1: La geometria

Indicando con ϕ l'angolo di rotazione del quadrupolo rispetto all'asse longitudinale, la relazione che lega il numero di steps del motore con tale angolo è la seguente:

$$Nstep(\phi) = 2\pi \frac{R \cdot Rapp}{P \cdot \theta_{step}} \cdot \phi \cdot \cos\left(\frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{180} \cdot \phi\right)$$

dove:

Nstep = numero di steps del motore

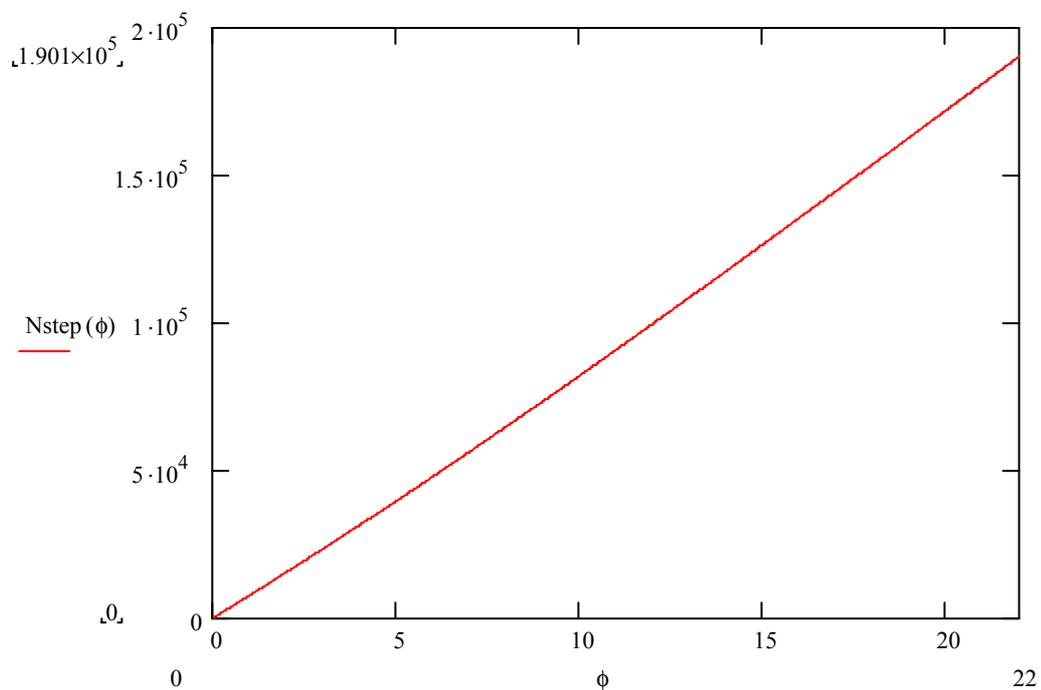
R = raggio di rotazione del quadrupolo 500 mm

Rapp = rapporto di trasmissione del martinetto meccanico 1:20

P = passo vite martinetto 4 mm

θ_{step} = angolo di passo del motore 1.8 deg

ϕ = angolo di rotazione del quadrupolo espresso in deg



Nel grafico precedente e' riportato l'andamento del numero di steps del motore in funzione dell'angolo di rotazione del quadrupolo espresso in gradi. La sensibilita' del sistema si ottiene determinando l'angolo di rotazione del quadrupolo a seguito di uno step del motore passo passo. Si ottiene per la sensibilita' il seguente valore: $s = 1.323E - 4 \text{ deg}$. L'andamento della relazione precedente e' leggermente non lineare e andra' inserita nel software di controllo.

3. MATERIALE USATO E PROCESSO DI REALIZZAZIONE

Per evitare distorsioni del campo magnetico sono stati usati solo materiali amagnetici. In particolare per la realizzazione della culla e' stato impiegato AISI316. Il processo di realizzazione e' stato il seguente: calandratura di una lamiera da 20 mm di spessore, taglio delle centine di rinforzo e della piastra di base, saldatura dei vari componenti. La struttura grezza e' stata soggetta a trattamento di rinvenimento per scaricare le sollecitazioni residue indotte dal processo di saldatura e successivamente lavorata al tornio.

4. ANALISI FEM

Il mantenimento dell'asse geometrico e' requisito essenziale per il buon funzionamento di DAΦNE. Nelle specifiche si richiede uno spostamento massimo inferiore a 0.1mm per una escursione (0-22 deg) completa. Per raggiungere tale obiettivo occorre avere una meccanica fine e avere un supporto relativamente rigido al fine di minimizzare le deformazioni meccaniche. A tal proposito e' stata fatta una analisi agli elementi finiti che ha permesso di dimensionare la culla. L'analisi FEM e' stata condotta con il codice di calcolo Ansys. Sono stati utilizzati elementi shell63 di vario spessore. Data la simmetria della struttura, e' stata presa in considerazione solo meta' culla (sarebbe stato possibile prenderne un quarto). Il modello e' stato vincolato alla base considerandolo appoggiato su quattro viti di regolazione. La sede della vite non e' stata realizzata nel modello, ma e' stata sostituita con un vincolo nodale soluzione questa molto semplice ma conservativa. La situazione piu' critica per il carico e' quella con quadrupolo ad angolo zero. In questo caso le due ciabatte di scorrimento formano un angolo di 45 deg rispetto all'asse verticale e la forza peso si ripartisce in due componenti pari a 7000N ciascuna. Tali forze sono state applicate nel modello FEM come carichi di pressione. Tutte le dimensioni sono espresse in millimetri e le pressioni e sforzi in megaPascal.

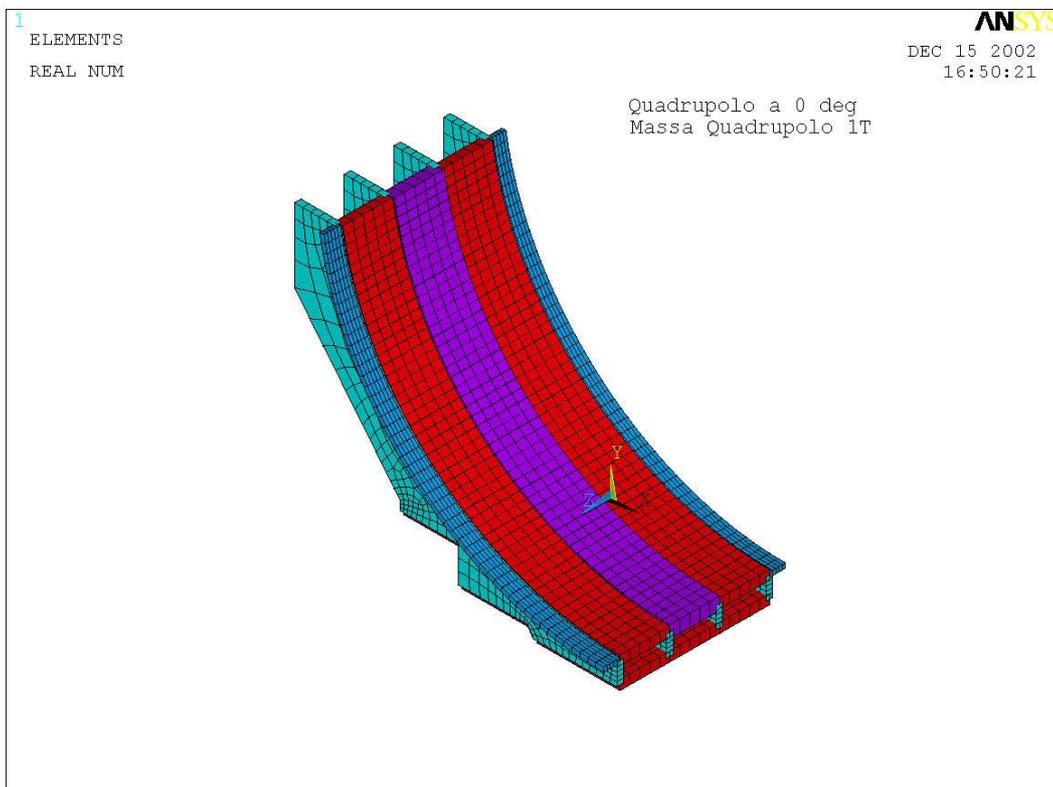


Figura 2: La mesh

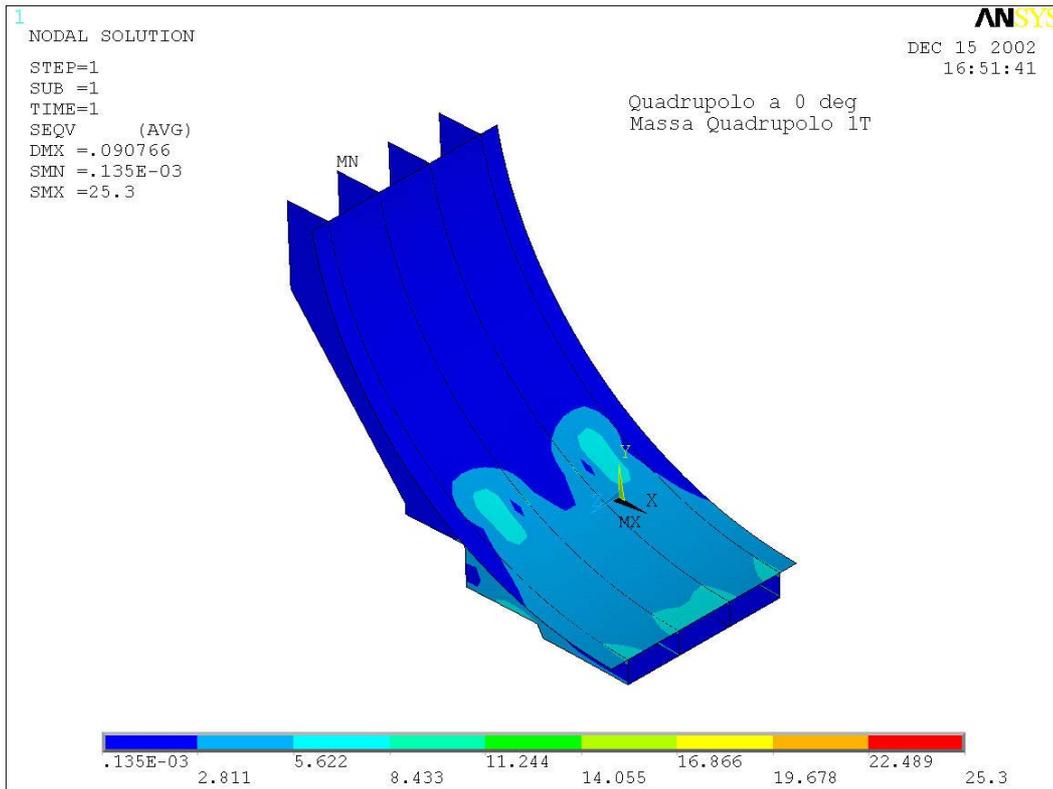


Figura 3: Sforzo equivalente di Von Mises

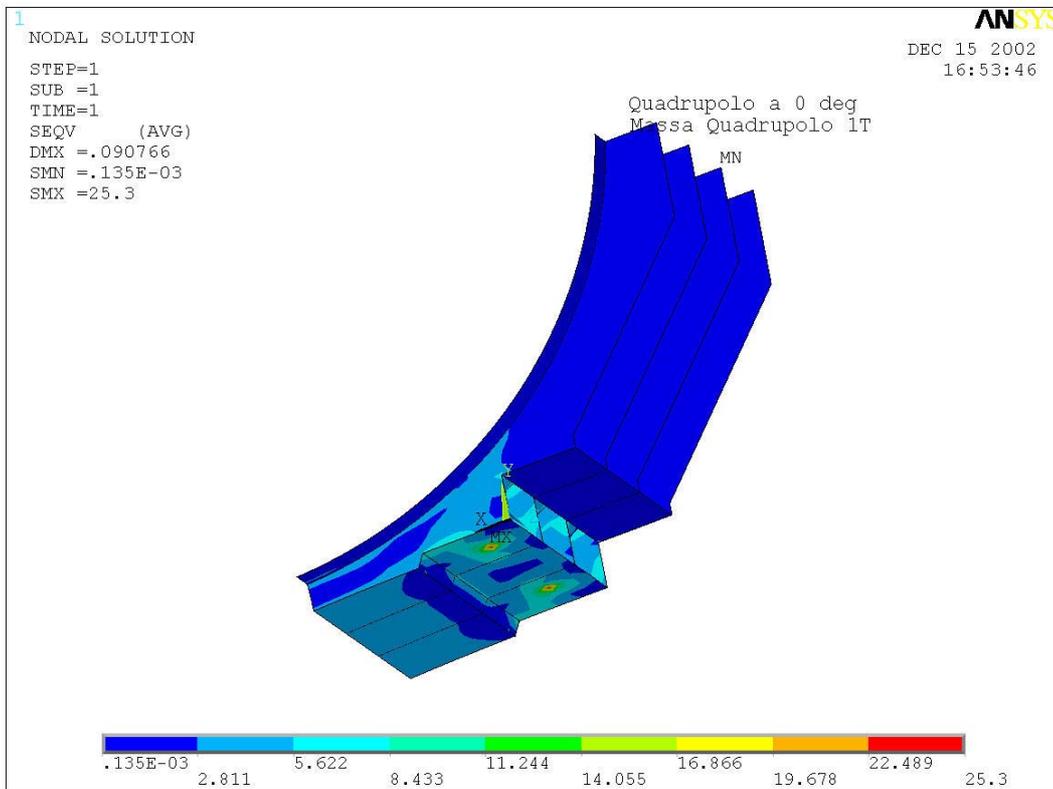


Figura 4: Sforzo equivalente di Von Mises

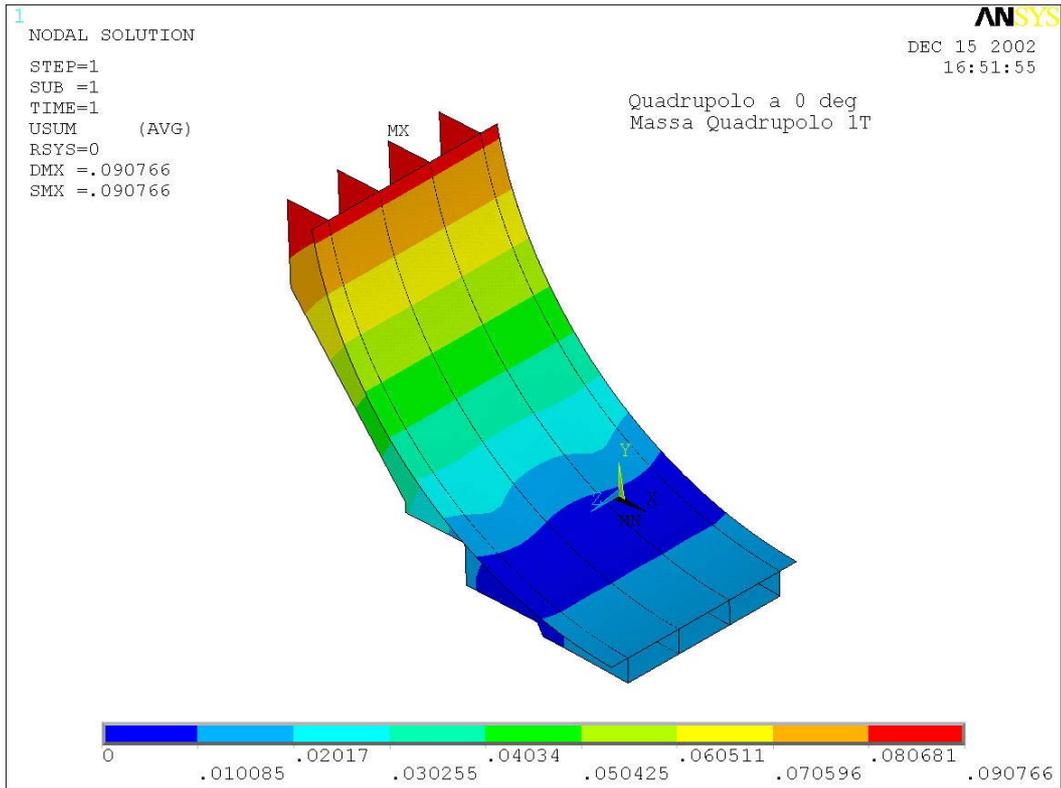


Figura 5: Spostamento vettoriale