

**CM1: Esercizio 5.**

1. Si definisca il concetto di effetto di intaglio, facendo riferimento ai limiti di utilizzo delle formule di De Saint Venant.
2. Si definisca il coefficiente di intaglio teorico  $K_t$ , specificando i parametri dal quale dipende.
3. Si definisca il coefficiente di intaglio sperimentale  $K_s$ , specificando come interpretare questo coefficiente nelle verifiche di resistenza.

**Politecnico di Milano - Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica**

Anno accademico 2022-23

**Costruzione di Macchine 1**

(Prof. S. Bagherifard, Prof. F. Cadini, Prof. C. Sbarufatti)

**Tema d'esame: 9 Gennaio 2023**

**NOME :**

SPAZIO RISERVATO AL DOCENTE:

**COGNOME :**

4	
5	
Totale	

**MATRICOLA :**

**NOTA: Verranno valutate esclusivamente le risposte agli esercizi fornite sugli apposti fogli prestampati.**

**Parte 2: Costruzione di macchine 1**

**CM1: Esercizio 4.**

In Figura 1 è rappresentato lo schema di un banco prova per test su motori elettrici. Il motore  $M$  è collegato tramite un giunto elastico a un albero di diametro  $d$ . L'albero è supportato da due cuscinetti  $A$  e  $B$  che realizzano un vincolo di cerniera e uno di carrello rispettivamente. Sull'albero è calettato un volano di diametro  $D_v$  e massa  $m$ . La massa del volano non è trascurabile, si consideri quindi il contributo della forza peso data dal volano pari a  $F_p = mg$ . A causa di un difetto nella lavorazione, il baricentro del volano risulta spostato della quantità  $e$  rispetto all'asse di rotazione dell'albero, generando quindi una forza centrifuga  $F_c = m\omega^2 e$  durante la rotazione, diretta radialmente, con  $\omega$  pari alla velocità angolare dell'albero in rad/s, considerata costante. **Si assuma comunque per semplicità che la retta di azione della forza peso  $F_p$  passi sempre per l'asse di rotazione.** Nella zona di calettamento del volano è presente un intaglio, i cui coefficienti  $K_f$  e  $K_H$  sono forniti.

Inoltre, sull'albero è calettato un disco di diametro  $D_f$  e massa trascurabile, su cui viene esercitata una forza frenante  $T$  costante e diretta come l'asse  $y$  del sistema di riferimento indicato in Figura. A regime il motore trasmette una coppia motrice  $C_m$ .

Si richiede di:

- 1) Determinare il valore della forza  $T$ .
- 2) Tracciare i diagrammi delle azioni interne nell'albero (limitatamente ai momenti flettente  $M_f$  e torcente  $M_t$ ), separatamente per i carichi agenti, indicando le convenzioni scelte.
- 3) Considerando la situazione di massima sollecitazione, riportare le componenti di azione interna nella sezione H-H e indicarne il/i punto/i più sollecitato/i. Effettuare la verifica di resistenza statica nella sezione H-H.
- 4) Effettuare la verifica a fatica nella sezione H-H (**Attenzione: per quanto riguarda la ricerca dei limiti a fatica, si faccia riferimento alla sola eventualità che i carichi possano solo aumentare proporzionalmente tra loro**).

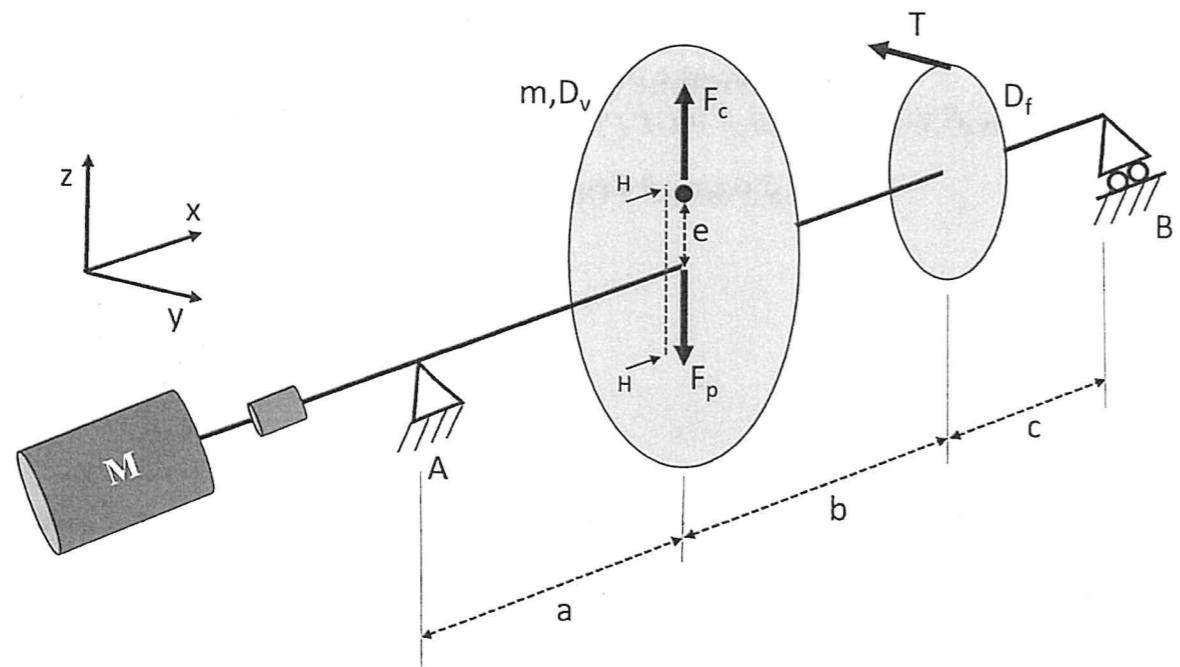


Figura 1

**Carichi:**

$C_m = 400 \text{ Nm}$   
 $n = 1400 \text{ rpm}$  (velocità di rotazione dell'albero a regime)  
 $m = 18 \text{ kg}$

**Coefficienti:**

$K_{tf} = 1.4$  (sezione H-H calettamento volano)  
 $K_{tt} = 1.3$  (sezione H-H calettamento volano)  
 $b_2 = 0.85$   
 $b_3 = 0.85$   
 $q = 0.9$

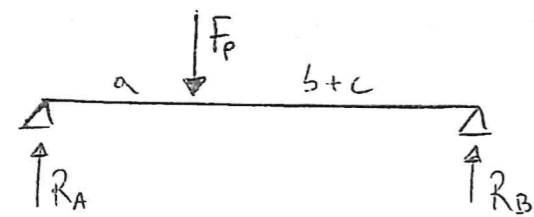
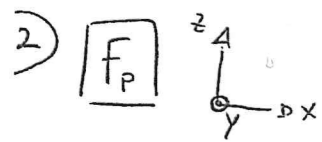
**Geometria:**

$D_v = 390 \text{ mm}$   
 $e = 0.01 \text{ m}$   
 $D_f = 130 \text{ mm}$   
 $d = 28 \text{ mm}$   
 $a = 40 \text{ mm}$   
 $b = 30 \text{ mm}$   
 $c = 30 \text{ mm}$

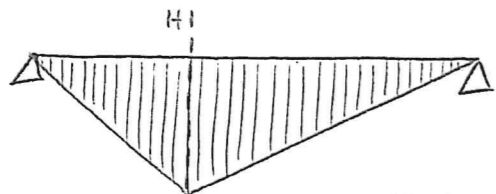
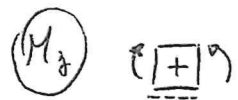
**Materiale:**

$\sigma_R = 600 \text{ MPa}$   
 $\sigma_{sn} = 500 \text{ MPa}$

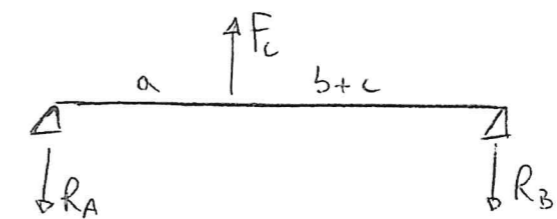
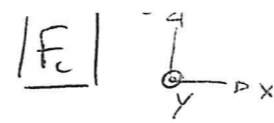
1)  $C_m = T \frac{D_f}{2} \Rightarrow T = \frac{2C_m}{D_f} = 6154 \text{ N}$



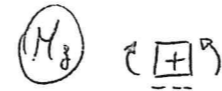
$R_A = \frac{F_p(b+c)}{a+b+c} = 105,9 \text{ N}$   
 $R_B = \frac{F_p a}{a+b+c} = 70,6 \text{ N}$



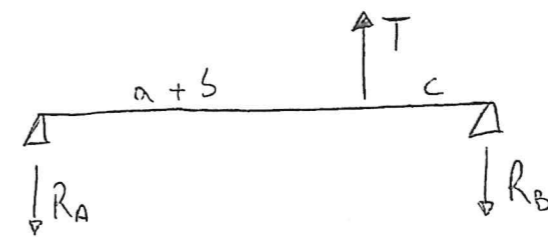
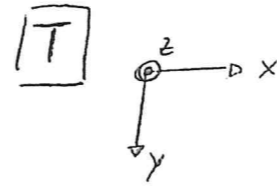
$M_{z,FP} = \frac{F_p(b+c)}{a+b+c} a = 4238 \text{ Nmm}$



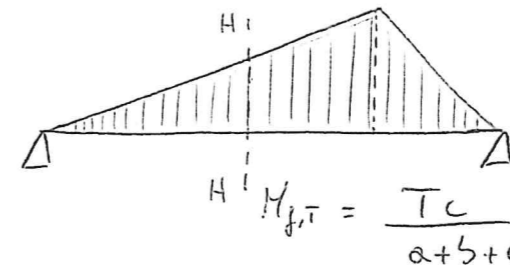
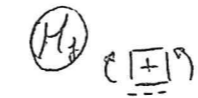
$R_A = \frac{F_c(b+c)}{a+b+c} = 2321 \text{ N}$   
 $R_B = \frac{F_c a}{a+b+c} = 1548 \text{ N}$



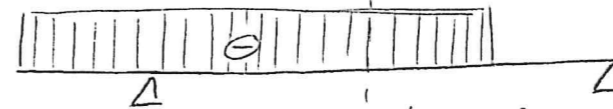
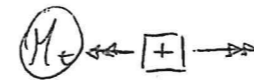
$M_{z,FC} = \frac{F_c(b+c)}{a+b+c} a = 92853 \text{ Nmm}$



$R_A = \frac{Tc}{a+b+c} = 1846 \text{ N}$   
 $R_B = \frac{T(a+b)}{a+b+c} = 4307 \text{ N}$

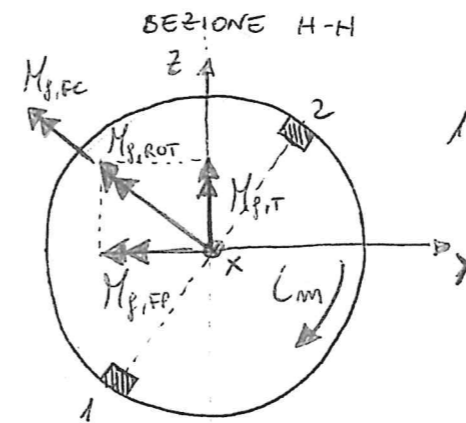


$M_{z,T} = \frac{Tc}{a+b+c} a = 73846 \text{ Nmm}$



$M_t = C_m = 400000 \text{ Nmm}$

3)



1-2: PUNTI PIU' SOLLECITATI

SEZIONE H-H	
FISSE	ROTANTI
$F_c$	$F_p, T$

$\omega = \frac{2\pi n}{60} = 146,6 \text{ rad/s}$

$F_p = mg = 176,6 \text{ N}$

$F_c = m\omega^2 e = 3869 \text{ N}$

$M_{z,ROT} = \sqrt{M_{z,FP}^2 + M_{z,T}^2} = 73968 \text{ Nmm}$

$M_{z,TOT} = M_{z,ROT} + M_{z,FC} = 166821 \text{ Nmm}$

o plasticizzazione totale

$$\sigma_{max} = \frac{32 M_{f,TOT}}{\pi d^3} = 77,4 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{max} = \frac{16 C_{m}}{\pi d^3} = 92,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GT,PT}^* = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\gamma_{max}^2} = 201,1 \text{ MPa}$$

$$\eta_{GT,PT} = \frac{\sigma_{SM}}{\sigma_{GT,PT}^*} = 2,48 \checkmark$$

$$\sigma_{VH,PT}^* = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\gamma_{max}^2} = 178,4 \text{ MPa}$$

$$\eta_{VH,PT} = \frac{\sigma_{SM}}{\sigma_{VH,PT}^*} = 2,80 \checkmark$$

o I^a plasticizzazione

$$\sigma_{max} = K_{Tf} \sigma_{max} = 108,4 \text{ MPa}$$

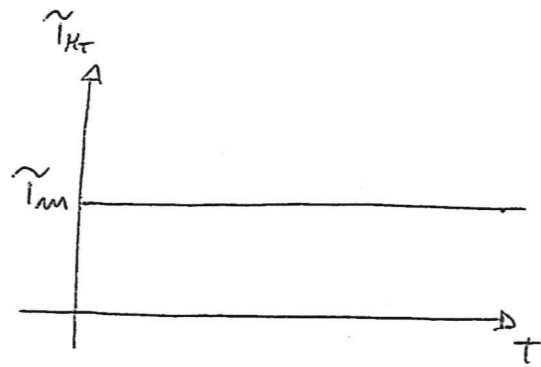
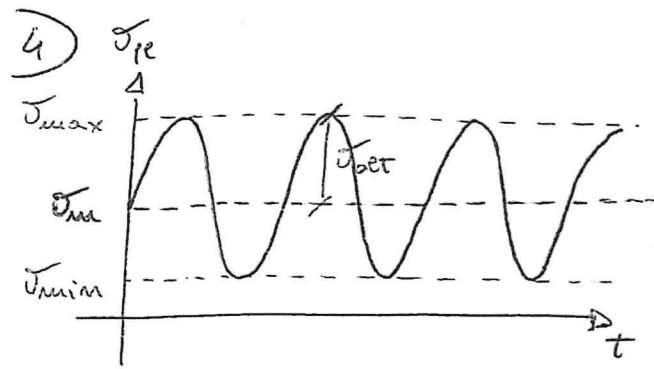
$$\gamma_{max} = K_{T\tau} \gamma_{max} = 120,6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GT,IP}^* = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 4\gamma_{max}^2} = 264,5 \text{ MPa}$$

$$\eta_{GT,IP} = \frac{\sigma_{SM}}{\sigma_{GT,IP}^*} = 1,89 \checkmark$$

$$\sigma_{VH,IP}^* = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 3\gamma_{max}^2} = 235,4 \text{ MPa}$$

$$\eta_{VH,IP} = \frac{\sigma_{SM}}{\sigma_{VH,IP}^*} = 2,12 \checkmark$$



$$\sigma_{max} = \frac{32 M_{f,TOT}}{\pi d^3} = 77,4 \text{ MPa}$$

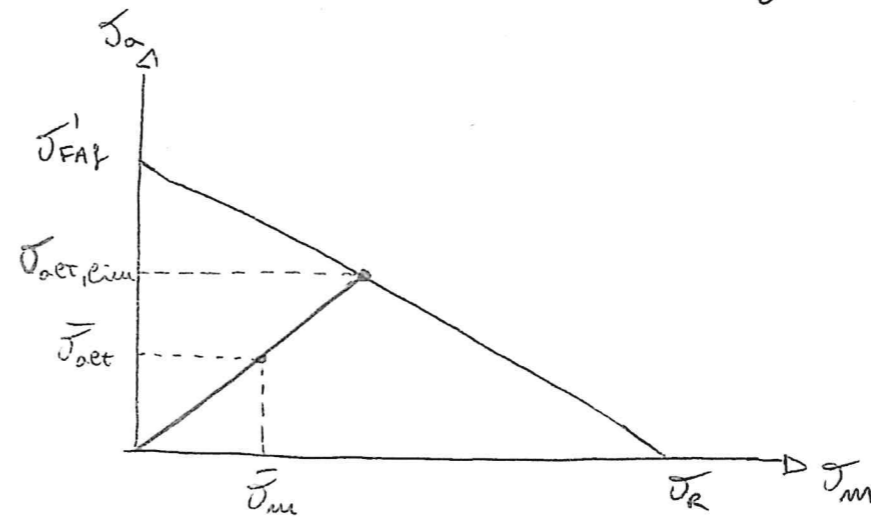
$$\sigma_{min} = \frac{32 (M_{f,FC} - M_{f,ROT})}{\pi d^3} = 8,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{alt} = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = 34,3 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{me} = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = 43,1 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{me} = \frac{16 C_m}{\pi d^3} = 92,8 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{GP}^* = \sqrt{\sigma_{aet}^2 + H^2 \gamma_{me}^2} \leq \frac{\sigma_{aet,lim}}{\eta}$$



$$\sigma'_{FAF} = \frac{0,5 \sigma_R b_2 b_3}{1 + 9(K_{Tf} - 1)} = 159,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{aet,lim} = \frac{\sigma'_{FAF} \sigma_R}{\left( \frac{\sigma_m}{\sigma'_{FAF}} + \sigma_R \right)} = 119,5 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{lim} = 0,8 \cdot \sigma_R = 480,0 \text{ MPa}$$

$$H = \frac{\sigma_{aet,lim}}{\gamma_{lim}} \approx 0,25$$

$$\sigma_{GP}^* \approx 41,4 \text{ MPa}$$

$$\eta = \frac{\sigma_{aet,lim}}{\sigma_{GP}^*} \approx 2,9 \checkmark$$

