

PRIMA PARTE:

MAT 4 POLI

$P_m = 40 \text{ kW}$

$V_m = 400 \text{ V}$

$I_m = 75 \text{ A}$

$f_m = 50 \text{ Hz}$

$M_{2m} = 1434 \text{ g/1'}$

PROVE A VUOTO:

A) $V_A = V_m = 400 \text{ V}$ $P_{O_A} = 1500 \text{ W}$ $I_{O_A} = 15 \text{ A}$

B) $V_B = 300 \text{ V}$ $P_{O_B} = 1160 \text{ W}$ $I_{O_B} = 8 \text{ A}$

$R_{15^\circ\text{C}} = 0,15 \Omega$ (RESISTENZA MISURATA TRA 2 MORSETTI)

a) DETERMINARE η e C_k

SEPARO P_g DA P_{AV} AVENDO DUE PROVE A VUOTO. ($P_o = P_{J10} + P_g + P_{AV}$)

IPOTIZZO MOTORE "FREDDO" ED UTILIZZO R A 15°C .

$P_A = P_{O_A} - \frac{3}{2} R \cdot I_{O_A}^2 = 1500 - \frac{3}{2} \cdot 0,15 \cdot 15^2 \approx 1449 \text{ W}$

$P_B = P_{O_B} - \frac{3}{2} R \cdot I_{O_B}^2 = 1160 - \frac{3}{2} \cdot 0,15 \cdot 8^2 \approx 1146 \text{ W}$

$K = \frac{P_A - P_B}{V_A^2 - V_B^2} = \frac{1449 - 1146}{400^2 - 300^2} = 4,329 \cdot 10^{-3}$

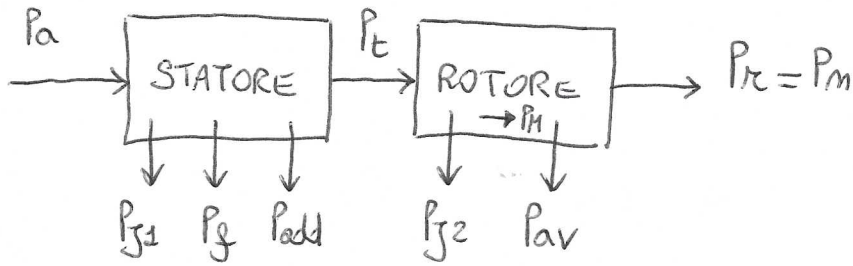
con $V_A = V_m = 400 \text{ V}$:

$P_g = K \cdot V_A^2 = 693 \text{ W}$

$P_{AV} = P_A - P_g = 1449 - 693 = 756 \text{ W}$

$P_g = 693 \text{ W}$
$P_{AV} = 756 \text{ W}$

BILANCIO DELLE POTENZE NEL FUNZIONAMENTO "A CARICO":



$$P_r = P_m = 40 \text{ kW}$$

$$n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = 1500 \text{ giri/min}$$

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1} = \frac{1500 - 1434}{1500} = 0,044 \quad (s\% = 4,4\%)$$

A CARICO, RIPORTO R ALLA TEMPERATURA DI 75°C (IPOTESI DI CLASSE DI ISOLAMENTO 075)

$$K_\theta = \frac{234,5 + 75}{234,5 + 15} = 1,24 \Rightarrow R_{75^\circ\text{C}} = R_{15^\circ\text{C}} \cdot K_\theta = 0,186 \Omega$$

$$P_{j1} = \frac{3}{2} R_{75} \cdot I_{1m}^2 = \frac{3}{2} \cdot 0,186 \cdot 75^2 = 1569 \text{ W}$$

$$P_M = P_r + P_{av} = 40 \cdot 10^3 + 756 = 40756 \text{ W}$$

$$P_t = \frac{P_M}{(1-s)} = \frac{40756}{1-0,044} \approx 42632 \text{ W}$$

$$P_{j2} = s \cdot P_t = 1876 \text{ W}$$

$$P_a = P_t + (P_{j1} + P_g + P_{add}) \quad \text{dove: } P_{add} = 0,5\% P_a$$

$$P_a = 42632 + 1569 + 693 + 0,005 P_a \Rightarrow P_a = \frac{44894}{0,995} \approx 45120 \text{ W (45,12 kW)}$$

$$\cos \varphi_{1m} = \frac{P_a}{\sqrt{3} V_m I_{1m}} = 0,868_R ; \quad \boxed{\eta = \frac{P_r}{P_a} = 0,8865} \quad (88,65\%)$$

$$\boxed{C_t} = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_r}{n_2} = \boxed{266,4 \text{ Nm}}$$

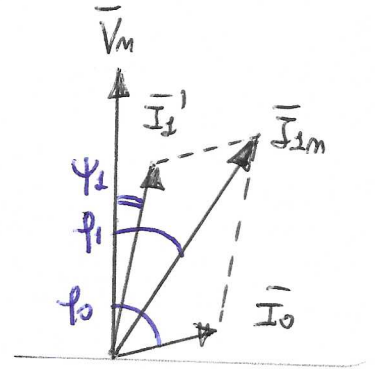
b) AVVIAMENTO: $I_a = 5,8 I_{sm}$ e $C_{RES} = 100 \text{ Nm}$.

CALCOLO LA COPPIA DI AVVIAMENTO DIRETTO (... IN DUE MODALITA' EQUIVALENTI)

$$\bar{I}_{sm} = 75 \angle 90^\circ - \varphi_m \Rightarrow \cos \varphi_m = 0,868_R \Rightarrow \varphi_m = 29,77^\circ$$

$$\bar{I}_{sm} = 75 \angle 60,23^\circ = 37,24 + j65,1 \text{ A}$$

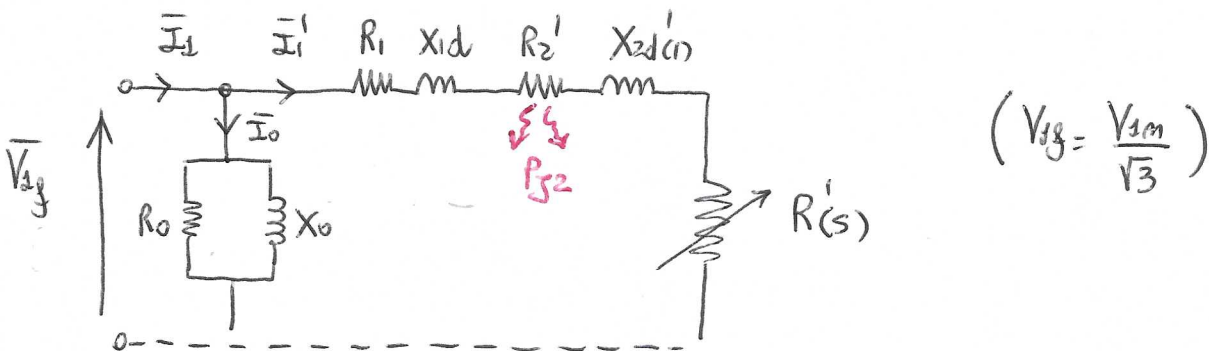
$$\cos \varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} V_m I_0} = \frac{1500}{\sqrt{3} 400 \cdot 15} = 0,144_R \Rightarrow \varphi_0 = 81,7^\circ$$



$$\bar{I}_0 = 15 \angle 90^\circ - \varphi_0 = 15 \angle 8,3^\circ = 14,84 + j2,165 \text{ A}$$

$$\bar{I}_1' = \bar{I}_1 - \bar{I}_0 = 22,4 + j62,94 = 66,81 \angle 70,41^\circ \text{ A}$$

MODULO: $I_1' = 66,81 \text{ A}$ e $\varphi_1 = 90^\circ - 70,41 = 19,59^\circ$

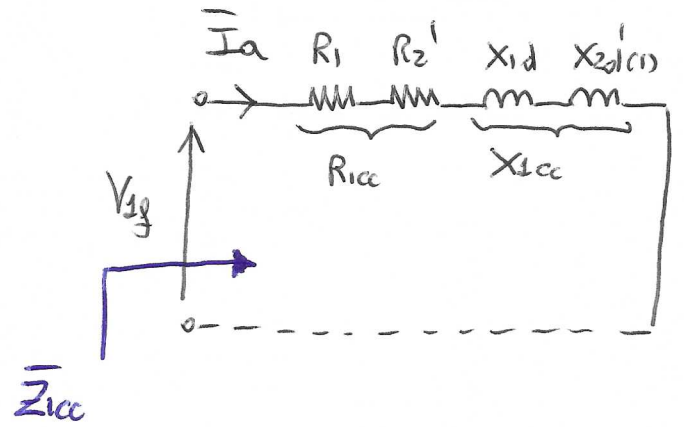


$$P_{j2} = 3 R_2' I_1'^2 \Rightarrow R_2' = \frac{P_{j2}}{3 I_1'^2} = \frac{1876}{3 \cdot 66,81^2} = 0,14 \Omega \quad \boxed{R_2' = 0,14 \Omega}$$

FORMULA DELLA COPPIA DI AVVIAMENTO:

$$C_a = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{P}{f_s} \cdot V_{1g}^2 \cdot \frac{R_2'}{Z_{acc}^2}$$

($\bar{I}_a \equiv \bar{I}_{acc}$)



$$I_a = 58,75 = 435 \text{ A}$$

$$Z_{acc} = \frac{V_{im}}{\sqrt{3} I_a}$$

$$Z_{acc} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 435} = 0,531 \Omega$$

$$\Rightarrow C_a = \frac{3}{2\pi} \cdot \frac{2}{50} \left(\frac{400}{\sqrt{3}} \right)^2 \cdot \frac{0,14}{0,531^2} \approx 506 \text{ Nm}$$

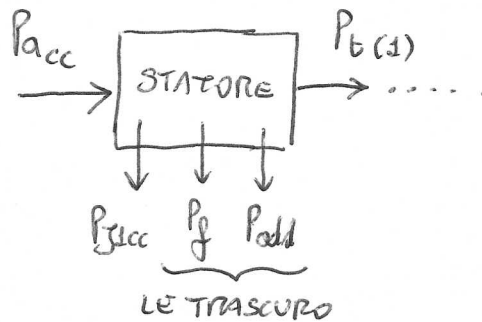
OPPURE:

IPOTIZIO AVVOLGIMENTI STATORICI COLLEGATI A STELLA: $R_1 = \frac{R}{2} = 0,075 \Omega$

$$R_{acc} = R_1 + R_2' = 0,075 + 0,14 = 0,215 \Omega$$

$$\cos \varphi_{cc} = \frac{R_{acc}}{Z_{acc}} = 0,405_R$$

BILANCIO POTENZE ALL'AVVIAMENTO:

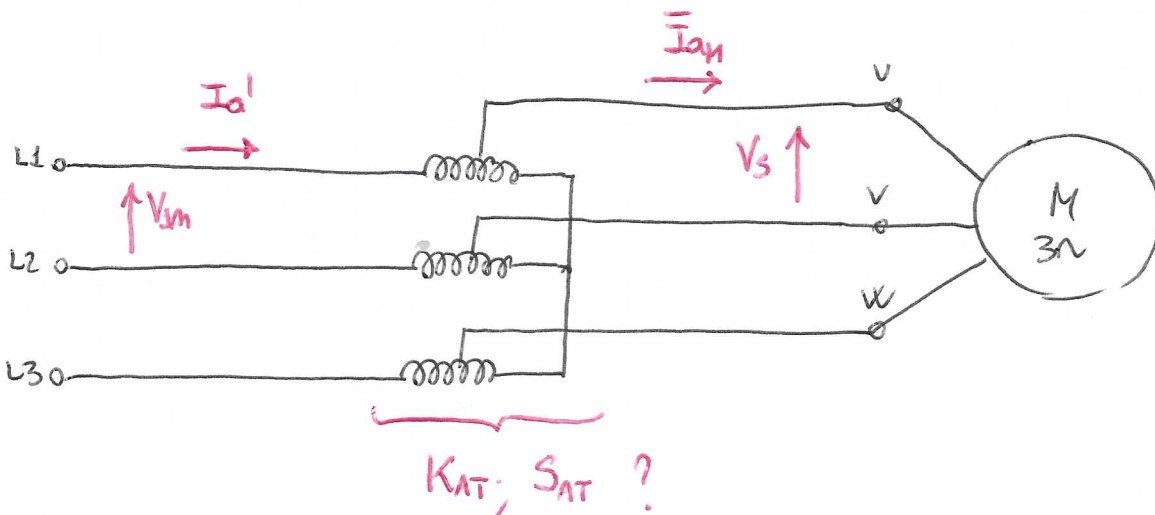


$$P_{acc} = \sqrt{3} V_{im} \cdot I_a \cdot \cos \varphi_{cc} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 435 \cdot 0,405 = 122'058 \text{ W}$$

$$P_{g_{acc}} = 3 R_1 I_a^2 = 3 \cdot 0,075 \cdot 435^2 = 42'876 \text{ W}$$

$$P_{E(c)} \approx P_{acc} - P_{g_{acc}} \approx 79'482 \text{ W} \Rightarrow C_a = C_{E(c)} = \frac{60}{2\pi} \cdot \frac{P_{E(c)}}{M_1} \approx 506 \text{ Nm}$$

SCELGO L'AVVIAMENTO CON AUTOTRASFORMATORE:



DATI PER IL PROGETTO:

$$\left. \begin{array}{l} C_a = 506 \text{ Nm} \\ I_a = 435 \text{ A} \end{array} \right\}$$

AVV. DIRETTA

COPPIA RESISTENTE: $C_{RES} = 100 \text{ Nm}$

SCELGO: $C_a' = 120 \text{ Nm}$ ($C_a' > C_a$)

$$C_a' = \alpha C_a \Rightarrow \alpha = \frac{C_a'}{C_a} = \frac{120}{506} = 0,237$$

$$I_a' = \alpha I_a \Rightarrow I_a' = 103,2 \text{ A}$$

$$K_{AT} = \sqrt{\frac{1}{\alpha}} = 2,05 \Rightarrow V_s = \frac{V_m}{K_{AT}} \approx 194,8 \text{ V}$$

$$S_p = \sqrt{3} V_m I_a' = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 103,2 \approx 71'500 \text{ VA}$$

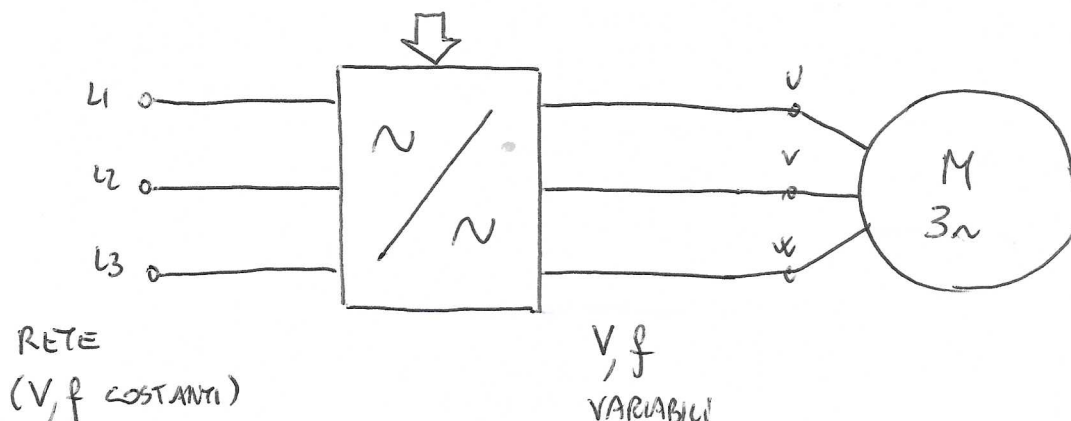
SCELGO UN AUTOTRASFORMATORE:

$$\left\{ \begin{array}{l} S_m = 35 \text{ KVA} \\ V_{1m} = 400 \text{ V} \\ V_{2m} = 194,8 \text{ V} \end{array} \right. \quad (\text{DATI DI TARGA A.T.})$$

SECONDA PARTE:

1) SISTEMA DI REGOLAZIONE IN GRADO DI RIDURRE LA VELOCITÀ DEL 10%.

SCELGO UN SEMPLICE INVERTER SCACARE:



REGOLAZIONE A FLUSSO COSTANTE, QUINDI: $\frac{V}{f} = \text{COST.}$ $\frac{V}{f} = \frac{400}{50} = 8.$

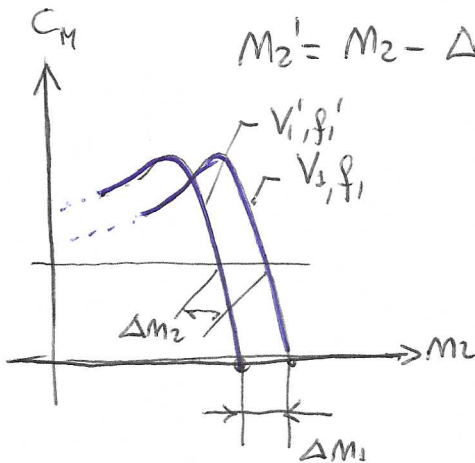
1^a SOLUZIONE: RIDUCO DEL 10% f_1 .

$$f_1' = 0,9 \cdot f_1 = 45 \text{ Hz} \quad \Rightarrow \quad V_1' = 8 \cdot f_1' = 360 \text{ V.}$$

↓

$$M_1' = 1350 \text{ g/s} \quad \Rightarrow \quad \Delta M_1 = M_1 - M_1' = 150 \quad \Delta M_2 = \Delta M_1$$

$$M_2' = M_2 - \Delta M_2 = 1284 \text{ g/s} \quad (\Delta M_2\% = 10,46\%)$$



2^a SOLUZIONE: RIDUCO DEL 10% LA VELOCITA':

$$M_2' = 0,9 \cdot M_2 = 1280,6 \text{ g/s} \quad \Rightarrow \quad \Delta M_2 = M_2 - M_2' = 143,4 \text{ g/s}$$

$$\Delta M_2 = \Delta M_1 \quad \longrightarrow \quad M_1' = M_1 - \Delta M_1 = 1356,6 \text{ g/s} \quad M_1' = \frac{60 f_1'}{P}$$

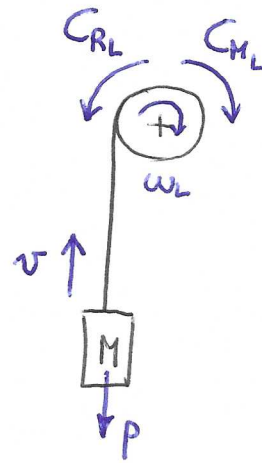
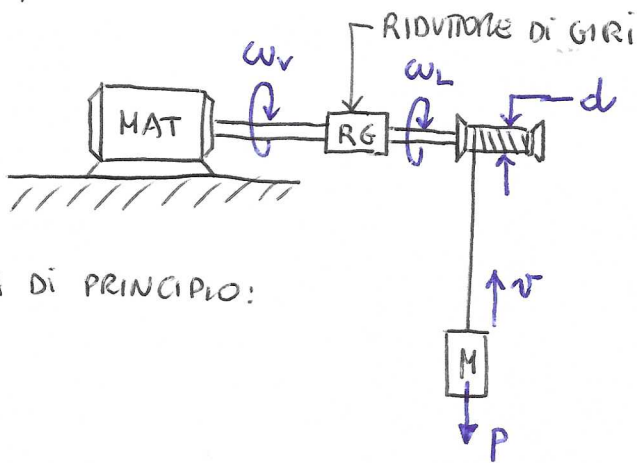
$$f_1' = \frac{M_1' \cdot P}{60} = 45,22 \text{ Hz} \quad \longrightarrow \quad V_1' = 8 \cdot f_1' = 361,8 \text{ V.}$$

2) IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO → DIMENSIONARE IL MOTORIDUTTORE

$M = 350 \text{ Kg}$

IPOTESI: DECIDO DI UTILIZZARE UN M.a.t.

$v = 0,6 \text{ m/s}$



SCHEMA DI PRINCIPIO:

$\omega_V =$ VELOCITA' ANGOLARE (LATO VELOCE)

$\omega_L =$ " " " (LATO LENTO)

RG = RIDUTTORE DI GIRI

$d =$ DIAMETRO DEL TAMBURO

$C_{R_L} =$ COPPIA RESISTENTE, LATO LENTO

$C_{M_L} =$ COPPIA MOTRICE, LATO LENTO

IPOTESI: DIAMETRO TAMBURO $d = 0,2 \text{ m} \rightarrow r = \frac{d}{2} = 0,1 \text{ m}$

A REGIME, VOGLIO: $v = 0,6 \text{ m/s} \rightarrow \omega_L = \frac{v}{r} = \frac{0,6}{0,1} = 6 \text{ rad/s}$

$(n_L = \frac{60}{2\pi} \cdot \omega_L \approx 57,3 \text{ giri})$

Peso: $P = M \cdot g = 350 \cdot 9,81 = 3433,5 \text{ N}$

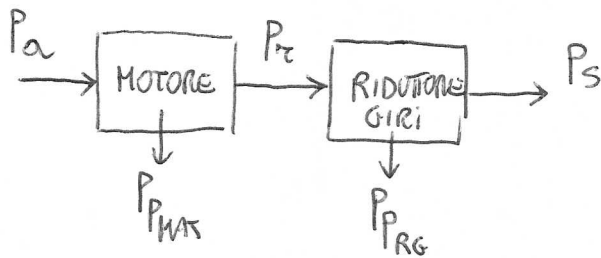
COPPIA RESISTENTE AL MOTO: $C_{R_L} = P \cdot r = 3433,5 \cdot 0,1 \approx 343,4 \text{ Nm}$

LA POTENZA NECESSARIA PER SOLEVNARE LA MASSA M :

$$P_s = \frac{2\pi}{60} \cdot C_{RL} \cdot M_L = C_{RL} \cdot \omega_L = 343,4 \cdot 6 = 2060,4 \text{ W}$$

(oppure, potero calcolare subito $P_s = (M \cdot g) \cdot v = 350 \cdot 9,81 \cdot 0,6 = 2060 \text{ W}$)

UN MOTORIDUZIONE È UN MOTORE CON RIDUZIONE DI GIRI.



$$\eta_{RG} = \frac{P_s}{P_t}$$

$$\eta_{MAX} = \frac{P_t}{P_a}$$

IPOTIZIO UN RIDUTTORE DI GIRI CON UN RENDIMENTO: $\eta_{RG} = 0,9$

$$P_t = \frac{P_s}{\eta_{RG}} \approx 2289 \text{ W}$$

SCELTA DI UN MAT CON $P_m > P_t$:

PER AVERE UNA BUONA COPPIA ACCELERANTE, SCELGO:

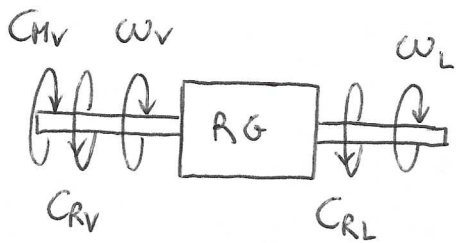
MAT	4 POLI	$P_m = 4 \text{ kW} (> P_t)$	$\frac{C_a}{C_m} = 2,8$
	$V_m = 400 \text{ V}$	$M_m = 1435 \text{ g/s}$	$\frac{I_a}{I_m} = 7$
	$f_m = 50 \text{ Hz}$	$\eta_m = 0,83$	$\frac{C_{MAX}}{C_m} = 3$
		$\cos \phi_m = 0,83 \text{ R}$	$GD^2 = 0,045 \text{ Kg m}^2$
		$I_m = 8,8 \text{ A}$	
		$C_m = 27 \text{ Nm}$	

SCELGO UN RIDUTTORE DI GIRI, IN MODO TALE CHE:

$$\dot{i} = \frac{M_m}{M_L} = \frac{1435}{57,3} = 25,04$$

SCELGO: $\dot{i} = 25$

IN QUESTO MODO IL MAT AVRA' UNA VELOCITA' PROSSIMA ALLA SUA VELOCITA' NOMINALE



$$C_{RL} = \frac{P_S}{\omega_L}$$

$$M_{RG} = \frac{P_S}{P_R}$$

$$C_{RV} = \frac{P_R}{\omega_V}$$

$$i = \frac{\omega_V}{\omega_L}$$

$$\frac{C_{RV}}{C_{RL}} = \frac{P_R}{\omega_V} \cdot \frac{\omega_L}{P_S} = \frac{\omega_L}{\omega_V} \cdot \frac{P_R}{P_S} = \frac{1}{i} \cdot \frac{1}{\eta_{RG}}$$

$$C_{RV} = \frac{C_{RL}}{i \cdot \eta_{RG}} = \frac{343,4}{25 \cdot 0,9} = 15,25 \text{ Nm}$$

QUESTA È LA COPPIA CHE DEVE "VINCERE" IL MAT PER SOLLEVARE IL CORPO DI MASSA M.

$$\frac{C_a}{C_m} = 2,8 \quad C_a = 2,8 \cdot C_m = 75,6 \text{ Nm} > C_{RV} \quad \text{il MAT si ALZA}$$

A REGIME $C_R = C_{RV} = 15,25 \text{ Nm} < C_m = 27 \text{ Nm}$.

