

1°) La potenza P_1 assorbita a pieno carico è

$$P_1 = \sqrt{3} V I_1 \cos \varphi_1 = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 35 \cdot 0,9 = 21,82 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La potenza P_0 assorbita a vuoto è:

$$P_0 = \sqrt{3} V I_0 \cos \varphi_0 = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 10 \cdot 0,15 = 1,039 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La potenza $P_{\text{cu}0}$ dissipata a vuoto nel rame statorico è:

$$P_{\text{cu}0} = 3 R_1 I_0^2 = 3 \cdot 0,15 \cdot 10^2 = 0,45 \cdot 10^3 \text{ W} \quad (\text{nota il coll. a } Y)$$

La potenza dissipata nel ferro statorico è:

$$P_{\text{fe}} = P_0 - P_{\text{cu}0} - P_m = (1,039 - 0,45 - 0,3) \cdot 10^3 \text{ W} = 0,694 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Stimiamo le P_{add} fissando provvisoriamente $\eta = 0,90$ e

$$\text{quindi } P_u = \eta P_1 = 0,9 \cdot 21,82 \cdot 10^3 = 19,638 \cdot 10^3 \text{ W} \quad \text{perci\u00f2}$$

$$P_{\text{add}} = \frac{0,5}{100} P_u = \frac{0,5}{100} 19,638 \cdot 10^3 = 0,982 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La potenza sincrona trasmessa al rotore vale:

$$P_T = P_1 - P_{\text{cu}1} - P_{\text{fe}} - P_{\text{add}} = 21,82 \cdot 10^3 - 3 \cdot 0,15 \cdot 35^2 - 0,694 \cdot 10^3 - 0,982 \cdot 10^3 = 20,48 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La potenza dissipata nel rame rotorico vale:

$$P_{\text{cu}2} = s \cdot P_T \quad \text{dove } s = \frac{n_0 - n}{n_0} \quad \text{con } n_0 = \frac{60 f}{p} \quad \text{segue}$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{3} = 1000 \text{ g/m} \quad \text{e quindi } s = \frac{1000 - 970}{1000} = 0,03$$

$$P_{\text{cu}2} = 0,03 \cdot 20,48 \cdot 10^3 = 0,6144 \cdot 10^3 \text{ W}$$

La potenza utile vale

$$P_u = P_T - P_{\text{cu}2} - P_m = (20,48 - 0,6144 - 0,3) \cdot 10^3 = 19,57 \cdot 10^3 \text{ W}$$

Si pu\u00f2 adesso calcolare il rendimento e la coppia utile:

$$\eta = \frac{P_u}{P_1} = \frac{19,57 \cdot 10^3}{21,82 \cdot 10^3} = 0,897 \quad (\text{nota molto vicino a } 0,90!)$$

$$C_u = \frac{P_u}{\omega} = \frac{P_u}{n_2 \cdot 2\pi / 60} = \frac{19,57 \cdot 10^3}{101,57} = 192,7 \text{ Nm} \cdot \text{m}$$

2°) Supponiamo che il motore sia del tipo a rotore avvolto e che la condizione di pieno carico implichi $I_1 = I_m = 35 \text{ A}$.

Si pu\u00f2 ridurre la velocit\u00e0 a pieno carico del 10%

(cioè $n_2 = 970 - \frac{10}{100} 970 = 873 \frac{3}{4}$) aumentando la resistenza di ciascuna fase rotorica in modo che, con il nuovo scarrimento $s' = \frac{1000 - 873}{1000} = 0,127$, sia assorbita la stessa corrente statorica $I_1 = 35A$. In tali condizioni la potenza in c.a. trasmessa al rotore resta praticamente uguale a quella calcolata nel 1° quesito e cioè $P_T = 20,48 \cdot 10^3 W$.

Le perdite per effetto Joule nelle fasi rotoriche diventano:

$$P_{cu2}' = s' P_s = 0,127 \cdot 20,48 \cdot 10^3 = 2,601 \cdot 10^3 W$$

Poiché anche la corrente rotorica $I_2' \approx I_2$ non è sostanzialmente variata si può scrivere:

$$P_{cu2}' = 3 R_2' I_2'^2 \quad \text{e} \quad P_{cu2} = 3 R_2 I_2^2 \quad \text{con} \quad \frac{P_{cu2}'}{P_{cu2}} = \frac{R_2'}{R_2} \quad \text{e}$$

quindi $R_2' = R_2 \cdot \frac{P_{cu2}'}{P_{cu2}} = \frac{2,601 \cdot 10^3}{0,6143 \cdot 10^3} \cdot R_2 = 4,23 \cdot R_2$ dove R_2 deve essere misurata sperimentalmente.

Poiché le fasi rotoriche sono collegate a Y si deve aggiungere in serie a ciascuna di esse una resistenza $R_{ext} = (4,23 - 1) R_2 = 3,23 R_2$.

Le tre resistenze R_{ext} devono dissipare una potenza $P_{ext} = 3,23 \cdot P_{cu2} = 3,23 \cdot 0,6143 \cdot 10^3 W = 1,986 \cdot 10^3 W$ complessivamente.

Si osserva che la potenza utile diventa:

$$P_u = P_T - P_{cu2}' - P_{ext} = 20,48 \cdot 10^3 - 2,601 \cdot 10^3 - 1,986 \cdot 10^3 = 17,58 \cdot 10^3 W$$

La coppia utile C_u resta invariata

$$C_u = \frac{P_u}{n_2 \cdot \frac{2\pi}{60}} = \frac{17,58 \cdot 10^3}{91,42} = 192,3 \text{ Nm}.$$

Si potrebbero fare ipotesi diverse per esempio che

il motore fosse del tipo a gabbia. In questo caso si potrebbe risolvere il problema alimentando il motore con tensione ridotta a mezzo di impedenze in serie allo statore o meglio mediante un autotrasformatore di alimentazione il cui rapporto di trasformazione deve essere scelto opportunamente.

30) Nelle ipotesi indicate nell'ultimo capoverso del tema ministeriale si può affermare in generale che la corrente di spunto resta la stessa $I_{1s} = 5,8 I_{1n} = 5,8 \cdot 35 = 203 \text{ A}$.

La partenza sotto carico, cioè contro una coppia resistente di $78,5 \text{ Nm}$ determina solo un aumento del tempo di avviamento rispetto al caso in cui si parte con coppia resistente nulla.

Se l'aumentato tempo di avviamento consiglia una riduzione della corrente di spunto si può provvedere in generale con un avviamento a tensione ridotta, per esempio con autotrasformatore.

Se il motore è del tipo a rotore avvolto si può provvedere un aumento della coppia motrice all'avviamento inserendo resistenze regolabili di valore opportuno sul rotore ottenendo in tal modo una riduzione sia della corrente di spunto sia del tempo di avviamento.