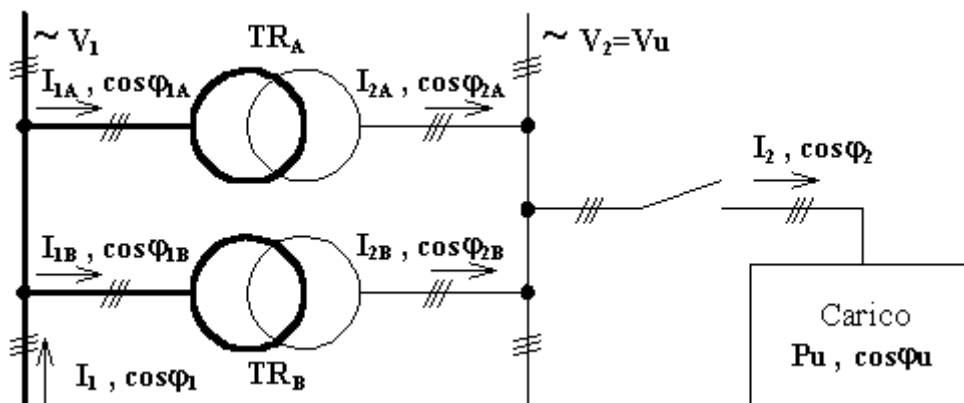


SOLUZIONE

Punto 1

Considerando lo schema unifilare dell'impianto come di seguito descritto :



Dai dati di targa del trasformatore forniti e considerando il funzionamento in parallelo si passa alla verifica delle condizioni del funzionamento in parallelo:

a) per soddisfare i prerequisiti del parallelo deve essere:

$$V_{1nB} = V_{1nA} = 20 \text{ [kV]}, \quad f_{nB} = f_{nA} = 50 \text{ [Hz]}, \quad \text{gruppo Dy11}$$

b) per soddisfare il perfetto funzionamento a vuoto del parallelo deve essere:

$$V_{20nB} = V_{20nA} = 400 \text{ [V]}$$

c) per soddisfare il perfetto funzionamento a carico del parallelo deve essere:

$$\cos \varphi_{CCB} = \cos \varphi_{CCA} = 0,4$$

Da cui appare chiaro che le condizioni sono verificate.

Passiamo a calcolare il primo punto:

La corrente erogata TOTALE vale:

$$I_2 = \frac{P_{tot}}{1.73 V * \cos\varphi_{tot}} = 400,55 \text{ A}$$

Dove La potenza attiva per i due trasformatori vale:

$$P_{tot} = 2 * P_{matA} + P_{matB} = 224,10 \text{ kW}$$

$$P_{matA} = P_{nA} / \eta = 95,74 \text{ kW}$$

$$P_{matb} = P_{nB} / \eta = 32,61 \text{ kW}$$

La potenza reattiva per i due trasformatori vale:

$$Q_{tot} = 2 * Q_{matA} + Q_{matB} = 134,83 \text{ kVAR}$$

$$Q_{matA} = P_{matA} * \operatorname{tg} \varphi_A = 56,49 \text{ kVAR}$$

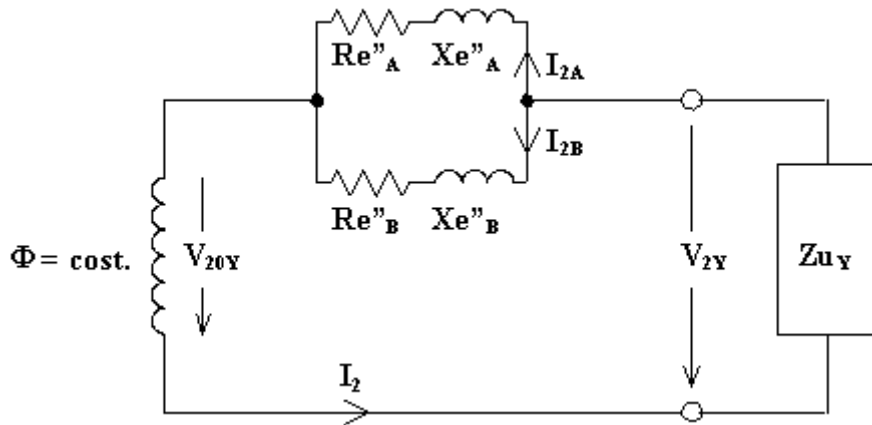
$$Q_{matB} = P_{matB} * \operatorname{tg} \varphi_b = 21,85 \text{ kVAR}$$

Quindi si ha uno sfasamento totale pari a:

$$\operatorname{tg} \varphi_{tot} = Q_{tot}/P_{tot} = 0,61$$

$$\cos \varphi_{tot} = \cos (\operatorname{tg}^{-1} Q_{tot}/P_{tot}) = 0,85$$

Da questi dati calcoliamo le correnti erogate dei due trasformatori applicando il partitore di corrente tra le impedenze di fase dei due trasformatori in parallelo come appare dal disegno riportato:



$$I_{2A} = I_{tot} \cdot |z_B| / |z_A + z_B| = 163,2 \text{ A}$$

$$I_{2B} = I_{tot} \cdot |z_A| / |z_A + z_B| = 237,4 \text{ A}$$

le impedenze valgono rispettivamente:

$$z_A = V_{ccA\%} \cdot V_{20}^2 / 100 S_{nA} = 80 \text{ mmOhm}$$

$$z_B = V_{ccB\%} \cdot V_{20}^2 / 100 S_{nB} = 55 \text{ mmOhm}$$

$$R_{eA} = P_{ccA} / 3I_{An}^2 = 32 \text{ mmOhm}$$

$$R_{eB} = P_{ccB} / 3I_{Bn}^2 = 22 \text{ mmOhm}$$

Dove le correnti nominali dei trasformatori sono:

$$I_{An} = 173,2 \text{ A} \quad \text{e} \quad I_{Bn} = 230,9 \text{ A}$$

$$P_{ccA} = P_{ccA\%} S_{nA} / 100 = 2,88 \text{ kW}$$

$$P_{ccB} = P_{ccB\%} S_{nA} / 100 = 3,52 \text{ kW}$$

$$X_{eA} = \sqrt{z_A^2 - R_{eA}^2} = 73,32 \text{ mmOhm}$$

$$X_{eB} = \sqrt{z_B^2 - R_{eB}^2} = 50,41 \text{ mmOhm}$$

Il rendimento complessivo del parallelo si calcola con la seguente formula:

$$\eta = \frac{P_{tot}}{P_{tot} + P_{feA} + P_{feB} + P_{jA} + P_{jB}} = 0,963$$

Dove:

le perdite nel ferro valgono:

$$P_{feA} = P_{0A} \% * S_{An} / 100 = 1080 \text{ W}$$

$$P_{feB} = P_{0B} \% * S_{Bn} / 100 = 1280 \text{ W}$$

E le perdite nel rame valgono:

$$P_{jA} = 3 R_{eA} I_{2A}^2 = 2,56 \text{ kW}$$

$$P_{jB} = 3 R_{eB} I_{2B}^2 = 3,72 \text{ kW}$$

Punto 2

Gli scorrimenti per i motori asincroni trifase sono rispettivamente, avendo ipotizzato una frequenza di 50 Hz di:

Primo motore :

$$s_1 = \frac{n_{s1} - n_{r1}}{n_{s1}} = 0,013$$

Secondo motore

$$s_2 = \frac{n_{s2} - n_{r2}}{n_{s2}} = 0,02$$

Dove :

$$n_{r1} = \frac{60 * P_1}{C_1 * 2 \pi} = 1480 \text{ rpm}$$

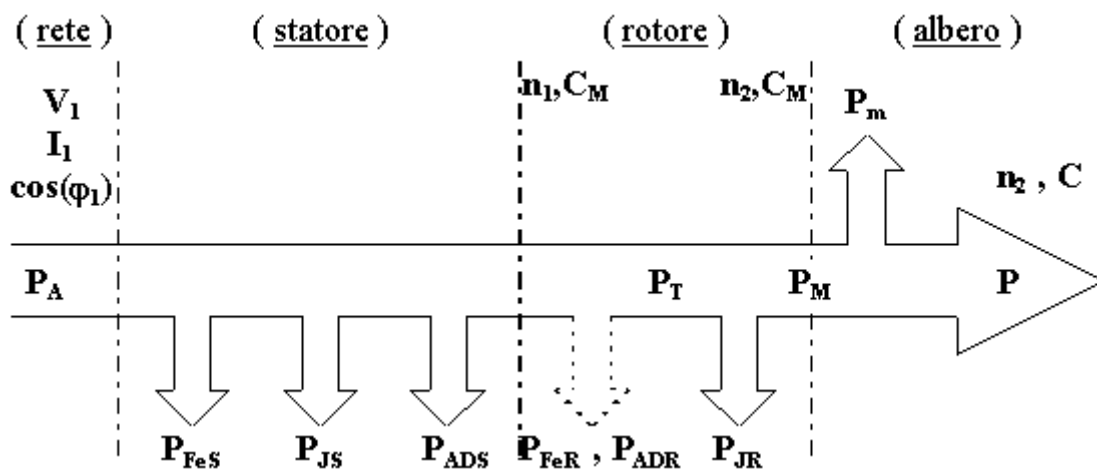
$$n_{r2} = \frac{60 * P_2}{C_2 * 2 \pi} = 1470 \text{ rpm}$$

$$n_{s1} = n_{s2} = \frac{60 * f}{P} = 1500 \text{ rpm}$$

Passiamo adesso a svolgere la seconda parte della traccia comprende i seguenti punti:

Punto 1 (*)

Per il calcolo del rendimento e considerando il diagramma di flusso delle potenze si ha:



$$\eta = \frac{P}{P_A} = 0,82$$

DOVE

P è la potenza nominale del motore già menzionata in precedenza e assegnata nel testo con:

$$P_n = 30 \text{ kW}$$

Mentre la potenza assorbita è pari a:

$$P_A = P_{fes} + P_{js} + P_{ad} + P_{jr} + P_{mec} + P = 36,66 \text{ kW}$$

avendo trascurato le P_{fer}

Quindi dai calcoli si ha:

$$P_{fes} = P_o - P_{mec} = 1800 \text{ W} - 750 \text{ W} \text{ (valori assegnati)} = 1050 \text{ W}$$

$$P_{js} = 3 R_s I^2_s = 2,6 \text{ kW}$$

Dove

$$I_s = P_{matB} / \sqrt{3} V \cos\phi = 59,7 \text{ A}$$

e per la R_s ipotizziamo un valore di $0,25 \text{ } [\Omega]$

$$P_{ad} = 5\% \text{ di } P_A = 1,63 \text{ kW}$$

$$P_{jr} = P_M * s_n / (1 - s_n) = 627,55 \text{ W}$$

Dove

$$P_M = P_{matB} + P_{mec} = 30,75 \text{ kW}$$

Le

Perdite meccaniche

P_{mec} sono note

$$P = 30 \text{ kW (assegnata)}$$

Punto 2

Considerando lo scorrimento nominale già calcolato determiniamo la Resistenza come:

$$R_2 = P_{jr} / (3 I_{2r}^2) = 0,046 \text{ Ohm}$$

Dove

$$P_{jr} = P_M * s_2 / (1 - s_2) = 627,55 \text{ W}$$

Dove :

$$P_M = P_{matB} + P_{mec} = 30,75 \text{ kW}$$

Le Perdite meccaniche

P_{mec} sono note e pari a 750 W

e

$$I_{2r} = I_{sr} * m = 67,59 \text{ A con } m = 1,3 \text{ (assegnato)}$$

Dove la corrente di reazione statorica è pari a:

$$I_{sr} = |I_s - I_o| = 52 \text{ A}$$

Dove

Date le condizioni nominali

$$I_s = P_{matB} / \sqrt{3} V \cos\phi = 59,7 \text{ A}$$

e

$$I_o = P_o / \sqrt{3} V \cos\phi_0 = 10,93 \text{ A}$$

Per ottenere una riduzione del 10% applicando la stessa coppia si deve utilizzare una Resistenza aggiuntiva pari a:

$$R_{ag} = 0,225$$

Ricavata dalla seguente formula:

$$R_2/s^2 = (R_2 + R_{ag})/s'$$

Dove

$$s' = (n_0 - nr_2) / n_0 = 0,118$$

e

$$n_0 = 1500 \text{ , } nr'_2 = nr_2 - 10\% nr_2 = 1323 \text{ rpm}$$

Infine nelle condizione in cui uno dei motori si arresta si ha una riduzione complessiva del carico pari al 43% e si avrà come conseguenza una diminuzione della potenza erogata dei trasformatori di pari entità, che li porta a funzionare a meno del 60 % della potenza nominale, con un abbassamento del rendimento complessivo.

(*) a parer nostro nel testo c'è un'ambiguità perché parla di calcolare il rendimento nominale quando già è assegnato e di conseguenza sarebbe inutile calcolarlo.

Francesco Pupo e Sabato Di Pietro – Itis Leonardo da Vinci – Carate Brianza