MACCHINE ELETTRICHE	**14 gennaio 2026**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un trasformatore trifase ($P_n = 500$ kVA, $V_{1n} = 20$ kV, $V_{2n} = 400$ V) nella prova a vuoto assorbe una corrente ed una potenza attiva pari a $i_{0\%} = 2.15\%$ e $p_{0\%} = 0.31\%$. Con primario alimentato alla tensione V_{1n}, viene collegato un carico che assorbe la potenza $P_A = 350$ kW con un grado di carico α_A =78.8%, determinando una variazione di tensione da vuoto a carico Δv_A =2.1%. In tali condizioni il trasformatore assorbe una potenza attiva pari a $P_{1A} = 355$ kW.

Con riferimento al circuito equivalente semplificato (collegamento a stella), determinare:

- i parametri R_0, X_0;
- l'impedenza di carico $\dot{Z}_{eA} = R_{eA} + jX_{eA}$
- la resistenza R' e la reattanza X';
- la tensione e le perdite di cortocircuito $v_{cc\%}$ e $p_{cc\%}$;
- la corrente assorbita I_{1A}, il suo fattore di potenza $\cos\varphi_{1A}$ ed il rendimento η_A.

TEORIA

1) Regolazione della velocità di un motore asincrono trifase con variazione della frequenza e dell'ampiezza della tensione di alimentazione: relazione frequenza/velocità, condizioni per un funzionamento regolare, relazione per scorrimento e tensione in base all'espressione approssimata della corrente di rotore ed analisi delle caratteristiche di funzionamento nel caso di **riduzione della velocità** al di sotto del valore nominale ($\boldsymbol{\alpha \leq 1}$).
2) Diagramma delle due reattanze di una macchina sincrona a poli sporgenti: ipotesi iniziali per il tracciamento, definizione delle componenti della f.m.m. di reazione di indotto e delle reattanze corrispondenti, procedimento di costruzione del diagramma vettoriale in condizioni di carico note, equazione della tensione.

RITIRATO |_| Firma _____

Valutazione esercizio	1)_____
Valutazione teoria	1)_____ 2)_____

DATI D'INGRESSO

$P_n := 500\ \text{kVA}$ $V_{1n} := 20\ \text{kV}$ $V_{2n} := 400\ \text{V}$ $p_0 := 0,31\ \%$ $i_0 := 2,15\ \%$

$P_A := 350\ \text{kW}$ $\alpha_A := 78,8\ \%$ $\Delta v_A := 2,1\ \%$ $P_{1A} := 355\ \text{kW}$ $\alpha_B := 0,8$

SOLUZIONE

Valori nominali

$K := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 50$ $I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}} = 14,43\ \text{A}$ $I_{2n} := K \cdot I_{1n} = 721,69\ \text{A}$

Parametri ramo derivato

$P_0 := p_0 \cdot P_n = 1550\ \text{W}$ $I_0 := i_0 \cdot I_{1n} = 0,31\ \text{A}$ $cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot I_0} = 0,14$ $\varphi_0 := \text{acos}\left(cos\varphi_0\right) = 81,71\ °$

$I_0 := I_0 \cdot \mathbf{e}^{-i \cdot \varphi_0} = (0,045 - 0,307 \cdot i)\ \text{A}$

$R_0 := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot \text{Re}\left(I_0\right)} = 258,06\ \text{k}\Omega$ $X_0 := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot \left(-\text{Im}\left(I_0\right)\right)} = 37,6\ \text{k}\Omega$

Parametri del carico

$V_{12A} := V_{1n} \cdot \left(1 - \Delta v_A\right) = 19580\ \text{V}$ $I_{12A} := \alpha_A \cdot I_{1n} = 11,3738\ \text{A}$ $Z_{1eA} := \frac{V_{12A}}{\sqrt{3} \cdot I_{12A}} = 993,909\ \Omega$

$cos\varphi_{eA} := \frac{P_A}{\sqrt{3} \cdot V_{12A} \cdot I_{12A}} = 0,907$ $sin\varphi_{eA} := \sqrt{1 - cos\varphi_{eA}^{\,2}} = 0,42$

$R_{1eA} := Z_{1eA} \cdot cos\varphi_{eA} = 901,853\ \Omega$ $X_{1eA} := Z_{1eA} \cdot sin\varphi_{eA} = 417,751\ \Omega$

$Z_{eA} := \frac{\left(R_{1eA} + i \cdot X_{1eA}\right)}{K^2} = (0,361 + 0,167 \cdot i)\ \Omega$ $\left|Z_{eA}\right| = 0,398\ \Omega$

Parametri del ramo serie

$P_{epA} := P_{1A} - P_0 - P_A = 3450\ \text{W}$ $R' := \frac{P_{epA}}{3 \cdot I_{12A}^{\,2}} = 8,89\ \Omega$ $Z_{12A} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{12A}} = 1015,228\ \Omega$

Calcolo esatto di X'

$X' := \sqrt{Z_{12A}^{\,2} - \left(R' + R_{1eA}\right)^2} - X_{1eA} = 30,843\ \Omega$ $Z_{1cc} := \sqrt{R'^{\,2} + X'^{\,2}} = 32,099\ \Omega$

tensione e perdite di corto circuito

$v_{cc\%} := \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4,012\ \%$ $p_{cc\%} := \frac{3 \cdot R' \cdot I_{1n}^{\,2}}{P_n} = 1,111\ \%$

Corrente assorbita (modulo e fattore di potenza) e rendimento

$\varphi_{12A} := \text{atan}\left(\frac{X' + X_{1eA}}{R' + R_{1eA}}\right) = 26,223\ °$ $I_{12A} := I_{12A} \cdot \mathbf{e}^{-i \cdot \varphi_{12A}} = (10,203 - 5,026 \cdot i)\ \text{A}$

$I_{1A} := I_{12A} + I_0 = (10,248 - 5,333 \cdot i)\ \text{A}$

$\left|I_{1A}\right| = 11,552\ \text{A}$ $cos\varphi_{1A} := \cos\left(\arg\left(I_{1A}\right)\right) = 0,887$ $\eta_A := \frac{P_A}{P_{1A}} = 98,59\ \%$

Calcolo approssimato con formula caduta di tensione

$I_{12A} := \left|I_{12A}\right|$

$X' := \frac{V_{1n} - V_{12A}}{\sqrt{3} \cdot I_{12A} \cdot sin\varphi_{eA}} - R' \cdot \frac{cos\varphi_{eA}}{sin\varphi_{eA}} = 31,532\ \Omega$ $Z_{1cc} := \sqrt{R'^{\,2} + X'^{\,2}} = 32,762\ \Omega$

tensione e perdite di corto circuito

$v_{cc\%} := \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4,095\ \%$ $p_{cc\%} := \frac{3 \cdot R' \cdot I_{1n}^{\,2}}{P_n} = 1,111\ \%$

Corrente assorbita (modulo e fattore di potenza)

$\varphi_{12A} := \text{atan}\left(\frac{X' + X_{1eA}}{R' + R_{1eA}}\right) = 26,258\ °$ $I_{12A} := I_{12A} \cdot \mathbf{e}^{-i \cdot \varphi_{12A}} = (10,2 - 5,032 \cdot i)\ \text{A}$

$I_{1A} := I_{12A} + I_0 = (10,245 - 5,339 \cdot i)\ \text{A}$

$\left|I_{1A}\right| = 11,553\ \text{A}$ $cos\varphi_{1A} := \cos\left(\arg\left(I_{1A}\right)\right) = 0,887$