MACCHINE ELETTRICHE	**12 febbraio 2026**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Di un trasformatore trifase si conoscono potenza, tensioni e frequenza nominali, rispettivamente pari a $P_n = 630$ kVA, $V_{1n} = 15$ kV, $V_{2n} = 400$ V, $f = 50$ Hz; sono inoltre noti i valori percentuali di corrente e perdite a vuoto $i_0 = 1.28\%$, $p_0 = 0.23\%$ e tensione e perdite in corto circuito $v_{cc} = 4.4\%$, $p_{cc} = 0.54\%$. Sapendo che il trasformatore alimenta un carico equilibrato erogando una potenza attiva $P_e = 400$ kW con una corrente $I_2 = 723$ A ed una tensione ai morsetti $V_2 = 397$ V, si chiede di determinare:

- i parametri del ramo derivato del circuito equivalente semplificato riferiti al primario R_0, X_0;
- i parametri del ramo serie del circuito equivalente semplificato riferiti al primario R', X';
- la tensione di alimentazione primaria del trasformatore V_1;
- il modulo I_1 e la fase φ_1 della corrente assorbita al primario rispetto alla tensione V_1;
- il rendimento del trasformatore in tali condizioni di carico.

TEORIA

1) Potenze e coppia nella macchina asincrona per **s < 0**: ipotesi di partenza, circuito equivalente di riferimento e convenzioni di segno su potenze e coppia, identificazione del tipo di funzionamento in base alle considerazioni sul segno delle espressioni (da riportare) di P_e, P_m e C, punti notevoli, andamento della caratteristica meccanica, zona di funzionamento stabile.

2) Diagramma polare della macchina sincrona a rotore liscio: ipotesi, costruzione del diagramma vettoriale, espressioni di potenza attiva, reattiva e coppia in funzione dell'angolo di carico, influenza della corrente di eccitazione e della coppia esterna, zone di funzionamento a $P_e \lesseqgtr 0$, $Q \lesseqgtr 0$, stabilità.

RITIRATO |_| Firma _____

SOLO LAUREANDI |_| Sessione _____ Chiedo la correzione prioritaria del compito, accettando il voto conseguito e chiedendo cortesemente la verbalizzazione anticipata

Firma _____

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

DATI

$P_n := 630\ \text{kVA}$ $V_{1n} := 15\ \text{kV}$ $V_{2n} := 400\ \text{V}$ $f := 50\ \text{Hz}$ $i_0 := 1,28\ \%$ $p_0 := 0,23\ \%$

$v_{cc} := 4,4\ \%$ $p_{cc} := 0,54\ \%$ $P_e := 400\ \text{kW}$ $V_2 := 397\ \text{V}$ $I_2 := 723\ \text{A}$

SOLUZIONE

Grandezze nominali

$I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}} = 24,249\ \text{A}$ $k := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 37,500$ $I_{2n} := k \cdot I_{1n} = 909,33\ \text{A}$

Parametri del ramo derivato

$cos\varphi_0 := \frac{p_0}{i_0} = 0,17969$ $\varphi_0 := \text{acos}\left(cos\varphi_0\right) = 79,648\ °$ $I_0 := i_0 \cdot I_{1n} = 0,3104\ \text{A}$ $P_0 := p_0 \cdot P_n = 1449\ \text{W}$

$I_a := I_0 \cdot cos\varphi_0 = 0,0558\ \text{A}$ $I_\mu := I_0 \cdot \sin\left(\varphi_0\right) = 0,3053\ \text{A}$

$I_0 := I_0 \cdot \mathbf{e}^{-j \cdot \varphi_0} = (0,0558 - 0,3053 \cdot \text{i})\ \text{A}$ $R_0 := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_a} = 155,28\ \text{k}\Omega$ $X_0 := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_\mu} = 28,363\ \text{k}\Omega$

Parametri del ramo serie

$cos\varphi_{cc} := \frac{p_{cc}}{v_{cc}} = 0,1227$ $\varphi_{cc} := \text{acos}\left(cos\varphi_{cc}\right) = 82,950\ °$ $Z_{1cc} := \frac{v_{cc} \cdot V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{1n}} = 15,7143\ \Omega$

$R' := Z_{1cc} \cdot cos\varphi_{cc} = 1,9286\ \Omega$ $X' := Z_{1cc} \cdot \sin\left(\varphi_{cc}\right) = 15,5955\ \Omega$

Parametri del carico riportati al primario

$cos\varphi_e := \frac{P_e}{\sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2} = 0,8046$ $\varphi_e := \text{acos}\left(cos\varphi_e\right) = 36,430\ °$ $V_{12} := k \cdot V_2 = 14887,5\ \text{V}$ $I_{12} := \frac{I_2}{k} = 19,28\ \text{A}$

$Z_{1e} := \frac{V_{12}}{\sqrt{3} \cdot I_{12}} = 0,4458\ \text{k}\Omega$ $R_{1e} := Z_{1e} \cdot cos\varphi_e = 0,3587\ \text{k}\Omega$ $X_{1e} := Z_{1e} \cdot \sin\left(\varphi_e\right) = 0,2647\ \text{k}\Omega$

Tensione di alimentazione e corrente assorbita al primario

$Z_{1t} := \left(R' + R_{1e}\right) + j \cdot \left(X' + X_{1e}\right) = (360,623 + 280,3384 \cdot \text{i})\ \Omega$ $\varphi_{12} := \arg\left(Z_{1t}\right) = 37,8605\ °$

$V_1 := \sqrt{3} \cdot \left|Z_{1t}\right| \cdot I_{12} = 15253,3401\ \text{V}$ $I_{12} := I_{12} \cdot \mathbf{e}^{-j \cdot \varphi_{12}} = (15,2217 - 11,8329 \cdot \text{i})\ \text{A}$

$I'_0 := I_0 \cdot \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right) = (0,0567 - 0,3105 \cdot \text{i})\ \text{A}$ $I_1 := I'_0 + I_{12} = (15,2784 - 12,1434 \cdot \text{i})\ \text{A}$

$\left|I_1\right| = 19,5165\ \text{A}$ $\varphi_1 := -\arg\left(I_1\right) = 38,478\ °$

Rendimento

$P_{ep} := 3 \cdot R' \cdot \left|I_{12}\right|^2 = 2150,6565\ \text{W}$ $P'_0 := P_0 \cdot \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 = 1498,3586\ \text{W}$ $\eta := \frac{P_e}{P_e + P_{ep} + P'_0} = 99,096\ \%$

SOLUZIONE APPROSSIMATA

$\Delta V_{12} := \sqrt{3} \cdot \left|I_{12}\right| \cdot \left(R' \cdot cos\varphi_e + X' \cdot \sin\left(\varphi_e\right)\right) = 361,0866\ \text{V}$ $V_1 := V_{12} + \Delta V_{12} = 15248,5866\ \text{V}$

$I'_0 := I_0 \cdot \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right) = (0,0567 - 0,3104 \cdot \text{i})\ \text{A}$ $I_1 := I'_0 + I_{12} = (15,2784 - 12,1433 \cdot \text{i})\ \text{A}$

$\left|I_1\right| = 19,5164\ \text{A}$ $\varphi_1 := -\arg\left(I_1\right) = 38,4778\ °$

Rendimento

$P_{ep} := 3 \cdot R' \cdot \left|I_{12}\right|^2 = 2150,6565\ \text{W}$ $P'_0 := P_0 \cdot \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 = 1497,4249\ \text{W}$ $\eta := \frac{P_e}{P_e + P_{ep} + P'_0} = 99,0962\ \%$