MACCHINE ELETTRICHE	**20 gennaio 2017**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un trasformatore trifase ($P_n = 80\ kVA$, $V_{1n} = 1$ kV, $V_{2n} = 400\ V$), alimentato alla tensione nominale, lavora con grado di carico $\alpha_A = 0.8$ alimentando una terne di impedenze uguali $\dot{Z}_{e\Delta A} = 6.28 + j\ 3.52\ \Omega$ connesse a triangolo.

In questa condizione di carico il trasformatore assorbe una potenza attiva $P_A = 56.12\ kW$.

Sapendo che i valori percentuali della corrente e della potenza assorbite a vuoto sono rispettivamente $i_{0\%} = 6.5\%$ e $p_{0\%} = 1.625\%$, determinare:

- i parametri del circuito equivalente semplificato R_0, X_0, R', X';
- la variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v_{12A\%}$, la caduta di tensione interna $\Delta v_{ZccA\%}$ e la tensione di corto circuito $v_{cc\%}$ in percentuale;
- la corrente assorbita I_{1A} ed il fattore di potenza $cos\varphi_{1A}$.

Supponendo poi che, a parità di fattore di potenza del carico, il grado di carico diventi $\alpha_B = 1$, si determini:

- il nuovo valore del modulo dell'impedenza del carico $Z_{e\Delta B}$;
- il rendimento η_B corrispondente a tale condizione di esercizio.

TEORIA

1) Motore asincrono trifase: riduzione della velocità con variazione della frequenza e dell'ampiezza della tensione di alimentazione.
2) Macchina sincrona a rotore liscio: diagramma di Behn-Eschenburg.

RITIRATO |_| Firma _____

CORREZIONE PRIORITARIA (solo laureandi) |_| Sessione di laurea _____

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

Dati

$P_n = 80\text{kVA}$ $V_{1n} = 1\text{kV}$ $V_{2n} = 400\text{V}$ $p_0 = 1.625\%$ $i_0 = 6.5\%$

$P_A = 56.12\text{kW}$ $\alpha_A = 0.8$ $\dot{Z}_{e\Delta A} = 6.28 + j\,3.52$ $\alpha_B = 1$

Soluzione

Funzionamento nominale

$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}} = 46.19A$ $k = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 2.5$ $I_{2n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{2n}} = 115.47A$

Dati prova a vuoto

$P_0 = p_0 \cdot P_n = 1300W$ $I_0 = i_0 \cdot I_{1n} = 3A$ $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot I_0} = 0.25$ $\varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 75.5°$

$I_0 = I_0 \cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (0.751 - 2.907\cdot i)A$ $I_a = \text{Re}(I_0) = 0.751A$ $I_\mu = -\text{Im}(I_0) = 2.907A$

$X_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_\mu} = 0.199\text{k}\Omega$ $R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 0.769\text{k}\Omega$

Parametri del carico al primario

$R_{1eA} = k^2 \cdot \frac{\text{Re}(Z_{e\Delta A})}{3} = 13.08\Omega$ $X_{1eA} = k^2 \cdot \frac{\text{Im}(Z_{e\Delta A})}{3} = 7.33\Omega$ $Z_{1eA} = \sqrt{{R_{1eA}}^2 + {X_{1eA}}^2} = 15\Omega$

Bilancio potenza attiva

$I_{12A} = \alpha_A \cdot I_{1n} = 36.95A$ $P_{eA} = 3 \cdot R_{1eA} \cdot {I_{12A}}^2 = 53.59\text{kW}$

$P_{epA} = P_A - P_{eA} - P_0 = 1230.7W$

CALCOLO ESATTO

Parametri R' e X'

$\text{R}' = \frac{P_{epA}}{3\cdot {I_{12A}}^2} = 0.3\Omega$ $Z_{12A} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_{12A}} = 15.63\Omega$ $\text{X}' = \sqrt{{Z_{12A}}^2 - (R_{1eA} + \text{R}')^2} - X_{1eA} = 0.73\Omega$

Corrente assorbita al primario

$\varphi_{12A} = \arctan\left(\frac{\text{X}\prime + X_{1eA}}{\text{R}\prime + R_{1eA}}\right) = 31.07°$ $I_{12A} = I_{12A} \cdot \exp(-i\cdot\varphi_{12A}) = (31.65 - 19.07\cdot i)A$

$I_{1A} = I_0 + I_{12A} = (32.4 - 21.98\cdot i)A$ $\cos\varphi_{1A} = \frac{P_A}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot |I_{1A}|} = 0.83$

Verifica potenza attiva

$\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot \text{Re}(I_{1A}) = 56120W$

Variazione di tensione da vuoto a carico, tensione di cortocircuito e cdt interna

$V_{12A} = \sqrt{3}\cdot Z_{1eA}\cdot |I_{12A}| = 959.9V$ $\Delta\text{v}_{12A} = \frac{V_{1n} - V_{12A}}{V_{1n}} = 4.01\%$

$Z_{1cc} = \sqrt{\text{R}'^2 + \text{X}'^2} = 0.79\Omega$ $v_{cc} = \frac{\sqrt{3}\cdot Z_{1cc}\cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 6.31\%$ $\Delta\text{v}_{ZccA} = \frac{\sqrt{3}\cdot Z_{1cc}\cdot |I_{12A}|}{V_{1n}} = 5.05\%$

Tensione sul carico con α_B=1

$\varphi_e = \arctan\left(\frac{X_{1eA}}{R_{1eA}}\right) = 29.27°$ $\Delta\text{V}_{12B} = \sqrt{3}\cdot I_{1n}\cdot\left(\text{R}'\cdot\cos(\varphi_e) + \text{X}'\cdot\sin(\varphi_e)\right) = 49.52V$

$\Delta v_{12B} = \frac{\Delta V_{12B}}{V_{1n}} = 4.95\%$ $V_{12B} = V_{1n} - \Delta V_{12B} = 950.5V$

Impedenza e rendimento con α_B=1

$Z_{1eB} = \frac{V_{12B}}{\sqrt{3} \cdot I_{1n}} = 11.88\Omega$ $Z_{e\Delta B} = 3 \cdot \frac{Z_{1eB}}{k^2} = 5.7\Omega$ $R_{1eB} = Z_{1eB} \cdot \cos(\varphi_e) = 10.36\Omega$

$P_{eB} = 3 \cdot R_{1eB} \cdot {I_{1n}}^2 = 66.33\text{kW}$ $\eta_B = \frac{P_{eB}}{P_{eB} + P_0 + 3 \cdot R\prime \cdot {I_{1n}}^2} = 95.37\%$

CALCOLO CON FORMULA APPROSSIMATA DELLA VARIAZIONE DI TENSIONE

Bilancio potenza attiva

$I_{12A} = \alpha_A \cdot I_{1n} = 36.95A$ $P_{eA} = 3 \cdot R_{1eA} \cdot {I_{12A}}^2 = 53.59\text{kW}$

$P_{epA} = P_A - P_{eA} - P_0 = 1230.67W$

Variazione di tensione da vuoto a carico

$\Delta V_{12A} = V_{1n} - \sqrt{3} \cdot Z_{1eA} \cdot \alpha_A \cdot I_{1n} = 40.1V$

Parametri R′ e X′

$R' = \frac{P_{epA}}{3 \cdot {I_{12A}}^2} = 0.3\Omega$ $\Delta V_{12A} = \sqrt{3} \cdot I_{1n} \cdot \alpha_A \cdot \left(R' \cdot \cos(\varphi_e) + X' \cdot \sin(\varphi_e)\right)$

$X' = \frac{\Delta V_{12A}}{\sqrt{3} \cdot I_{1n} \cdot \alpha_A \cdot \sin(\varphi_e)} - \frac{R'}{\tan(\varphi_e)} = 0.75\Omega$

Corrente assorbita al primario

$\varphi_{12A} = \arctan\left(\frac{X\prime + X_{1eA}}{R\prime + R_{1eA}}\right) = 31.12°$ $I_{12A} = I_{12A} \cdot \exp(-i \cdot \varphi_{12A}) = (31.634 - 19.095 \cdot i)A$

$I_{1A} = I_0 + I_{12A} = (32.38 - 22 \cdot i)A$ $\cos\varphi_{1A} = \frac{P_A}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot |I_{1A}|} = 0.83$ $\frac{P_A - \sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot \mathrm{Re}(I_{1A})}{P_A} = 0.05\%$

Verifica potenza attiva

$\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot \mathrm{Re}(I_{1A}) = 56091.6W$

Variazione di tensione da vuoto a carico, tensione di cortocircuito e cdt interna

$V_{12A} = \sqrt{3} \cdot Z_{1eA} \cdot |I_{12A}| = 959.9V$ $\Delta v_{12A} = \frac{\Delta V_{12A}}{V_{1n}} = 4.01\%$

$Z_{1cc} = \sqrt{R'^2 + X'^2} = 0.8\Omega$ $v_{cc} = \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 6.43\%$ $\Delta v_{ZccA} = \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot |I_{12A}|}{V_{1n}} = 5.14\%$

Tensione sul carico con α_B=1

$\varphi_e = \arctan\left(\frac{X_{1eA}}{R_{1eA}}\right) = 29.27°$ $\Delta V_{12B} = \sqrt{3} \cdot I_{1n} \cdot \left(R' \cdot \cos(\varphi_e) + X' \cdot \sin(\varphi_e)\right) = 50.13V$

$\Delta v_{12B} = \frac{\Delta V_{12B}}{V_{1n}} = 5.013\%$ $V_{12B} = V_{1n} - \Delta V_{12B} = 949.9V$

Impedenza e rendimento con α_B=1

$Z_{1eB} = \frac{V_{12B}}{\sqrt{3} \cdot I_{1n}} = 11.87\Omega$ $Z_{e\Delta B} = 3 \cdot \frac{Z_{1eB}}{k^2} = 5.7\Omega$ $R_{1eB} = Z_{1eB} \cdot \cos(\varphi_e) = 10.36\Omega$

$P_{eB} = 3 \cdot R_{1eB} \cdot {I_{1n}}^2 = 66.29\text{kW}$ $\eta_B = \frac{P_{eB}}{P_{eB} + P_0 + 3 \cdot R\prime \cdot {I_{1n}}^2} = 95.36\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**7 febbraio 2017**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un trasformatore monofase ($P_n = 15\ kVA$, $V_{1n} = 3$ kV, $V_{2n} = 220\ V$), alimentato alla tensione nominale, lavora nelle seguenti condizioni di carico:

Grandezza	Condizione A	Condizione B
Grado di carico in potenza	$\alpha_{pA} = 0.85$	$\alpha_{pB} = 0.9$
Variazione di tensione da vuoto a carico	$\Delta v_A = 2.6\%$	$\Delta v_B = -1.2\%$
Fattore di potenza del carico	$cos\varphi_{eA} = 0.8$ in ritardo	$cos\varphi_{eB} = 0.8$ in anticipo

Si conoscono inoltre il valore percentuale della corrente $i_{0\%} = 3.5\%$ e la potenza $P_0 = 150\ W$ assorbite nella prova a vuoto. Determinare:

- le correnti erogate I_{2A} e I_{2B} nelle due condizioni di carico;
- i parametri del circuito equivalente semplificato R_0, X_0, R', X';
- la tensione $v_{cc\%}$ e le perdite $p_{cc\%}$ di corto circuito in percentuale;
- la corrente assorbita I_{1A} e I_{1B} ed il rendimento η_A e η_B nelle due condizioni di carico.

TEORIA

1) Autotrasformatore monofase.
2) Macchina asincrona trifase: espressione della coppia e determinazione dei punti caratteristici per il tracciamento della caratteristica meccanica nel funzionamento come motore.

RITIRATO |_| Firma _____

CORREZIONE PRIORITARIA (solo laureandi) |_| Sessione di laurea _____

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

Dati

$P_n = 15\text{kVA}$ $V_{1\text{n}} = 3\text{kV}$ $V_{2\text{n}} = 220\text{V}$ $P_0 = 150W$ $i_0 = 3.5\%$ $\alpha_{pA} = 0.85$ $\alpha_{pB} = 0.9$

$\Delta v_A = 2.6\%$ $\Delta v_B = -1.2\%$ $cos\varphi_{eA} = 0.8$ in rit. $cos\varphi_{eB} = 0.8$ in ant.

Soluzione

Dati nominali

$\text{I}_{1\text{n}} = \frac{P_n}{V_{1\text{n}}} = 5\text{A}$ $k = \frac{V_{1\text{n}}}{V_{2\text{n}}} = 13.636$

Tensione sul carico

$\Delta\text{V}_{12\text{A}} = \Delta\text{v}_\text{A} \cdot V_{1\text{n}} = 78V$ $V_{12\text{A}} = V_{1\text{n}} - \Delta\text{V}_{12\text{A}} = 2922V$

$\Delta\text{V}_{12\text{B}} = \Delta\text{v}_B \cdot V_{1\text{n}} = -36V$ $V_{12\text{B}} = V_{1\text{n}} - \Delta\text{V}_{12\text{B}} = 3036V$

Correnti erogate e fase del carico

$S_\text{A} = \alpha_{\text{pA}} \cdot P_n = 12.75\text{kVA}$ $S_B = \alpha_{\text{pB}} \cdot P_n = 13.5\text{kVA}$

$\text{I}_{12\text{A}} = \frac{S_\text{A}}{V_{12\text{A}}} = 4.363\text{A}$ $\text{I}_{12\text{B}} = \frac{S_B}{V_{12\text{B}}} = 4.447\text{A}$

$\varphi_{\text{eA}} = \arccos(\cos\varphi_{\text{eA}}) = 36.87°$ $\text{I}_{2\text{A}} = k \cdot \text{I}_{12\text{A}} = 59.5\text{A}$ $\text{I}_{2\text{B}} = k \cdot \text{I}_{12\text{B}} = 60.64\text{A}$

Cadute di tensione e calcolo dei parametri

$$\begin{cases}\Delta\text{V}_{12\text{A}} = (\text{R}' \cdot \cos\varphi_{\text{eA}} + \text{X}' \cdot \sin\varphi_{\text{eA}}) \cdot \text{I}_{12\text{A}} \\ \Delta\text{V}_{12\text{B}} = (\text{R}' \cdot \cos\varphi_{\text{eB}} + \text{X}' \cdot \sin\varphi_{\text{eB}}) \cdot \text{I}_{12\text{B}}\end{cases} \rightarrow \Delta\text{V}_{12\text{B}} = (\text{R}' \cdot \cos\varphi_{\text{eA}} - \text{X}' \cdot \sin\varphi_{\text{eA}}) \cdot \text{I}_{12\text{B}}$$

$$\Longrightarrow \frac{\Delta\text{V}_{12\text{A}}}{\text{I}_{12\text{A}}} + \frac{\Delta\text{V}_{12\text{B}}}{\text{I}_{12\text{B}}} = 2 \cdot \text{R}' \cdot \cos\varphi_{\text{eA}}$$

$\text{R}' = \frac{1}{2 \cdot \cos\varphi_{\text{eA}}} \cdot \left(\frac{\Delta\text{V}_{12\text{A}}}{\text{I}_{12\text{A}}} + \frac{\Delta\text{V}_{12\text{B}}}{\text{I}_{12\text{B}}}\right) = 6.11\Omega$ $\text{X}' = \frac{\Delta\text{V}_{12\text{A}}}{\text{I}_{12\text{A}} \cdot \sin(\varphi_{\text{eA}})} - \frac{\text{R}\prime}{\tan\varphi_{\text{eA}}} = 21.64\Omega$

$Z_{1\text{cc}} = \sqrt{(\text{R}'^2 + \text{X}'^2)} = 22.49\Omega$ $v_{\text{cc}} = \frac{Z_{1\text{cc}} \cdot \text{I}_{1\text{n}}}{V_{1\text{n}}} = 3.75\%$ $p_{\text{cc}} = \frac{\text{R}\prime \cdot \text{I}_{1\text{n}}{}^2}{P_n} = 1.02\%$

Analisi a vuoto

$\text{I}_0 = \text{i}_0 \cdot \text{I}_{1\text{n}} = 0.175\text{A}$ $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{V_{1\text{n}} \cdot \text{I}_0} = 0.286$ $\varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 73.4°$

$R_0 = \frac{V_{1\text{n}}{}^2}{P_0} = 60\text{k}\Omega$ $Z_0 = \frac{V_{1\text{n}}}{\text{I}_0} = 17.14\text{k}\Omega$ $X_0 = \frac{Z_0}{\sin\varphi_0} = 17.89\text{k}\Omega$

$\text{I}_0 = \text{I}_0 \cdot \exp(-\text{i} \cdot \varphi_0) = (0.05 - 0.168 \cdot \text{i})\text{A}$

Impedenza del carico

$Z_{1\text{eA}} = \frac{V_{12\text{A}}}{\text{I}_{12\text{A}}} = 669.65\Omega$ $R_{1\text{eA}} = Z_{1\text{eA}} \cdot \cos\varphi_{\text{eA}} = 535.72\Omega$ $X_{1\text{eA}} = Z_{1\text{eA}} \cdot \sin(\varphi_{\text{eA}}) = 401.79\Omega$

$Z_{1\text{eB}} = \frac{V_{12\text{B}}}{\text{I}_{12\text{B}}} = 682.76\Omega$ $R_{1\text{eB}} = Z_{1\text{eB}} \cdot \cos\varphi_{\text{eB}} = 546.21\Omega$ $X_{1\text{eB}} = Z_{1\text{eB}} \cdot \sin(\varphi_{\text{eB}}) = -409.66\Omega$

Corrente erogata

$\varphi_{12\text{A}} = \arctan\left(\frac{\text{X}' + \text{X}_{1\text{eA}}}{\text{R}' + \text{R}_{1\text{eA}}}\right) = 38.0°$ $\text{I}_{12\text{A}} = \text{I}_{12\text{A}} \cdot \exp(-\text{i} \cdot \varphi_{12\text{A}}) = (3.44 - 2.69 \cdot \text{i})\text{A}$

$\varphi_{12B} = \arctan\left(\frac{X' + X_{1eB}}{R' + R_{1eB}}\right) = -35.09°$ $\quad I_{12B} = I_{12B} \cdot \exp(-i \cdot \varphi_{12B}) = (3.64 + 2.56 \cdot i)A$

Corrente assorbita

$I_{1A} = I_{12A} + I_0 = (3.49 - 2.86 \cdot i)A$ $\quad |I_{1A}| = 4.51A$ $\quad \cos\varphi_{1A} = \frac{Re(I_{1A})}{|I_{1A}|} = 0.774$

$I_{1B} = I_{12B} + I_0 = (3.69 + 2.39 \cdot i)A$ $\quad |I_{1B}| = 4.39A$ $\quad \cos\varphi_{1B} = \frac{Re(I_{1B})}{|I_{1B}|} = 0.839$

Rendimento

$P_{eA} = R_{1eA} \cdot |I_{12A}|^2 = 10200W$ $\quad P_{1A} = V_{1n} \cdot |I_{1A}| \cdot \cos\varphi_{1A} = 10464.4W$ $\quad P_{epA} = R' \cdot |I_{12A}|^2 = 116.4W$

$P_{eB} = R_{1eB} \cdot |I_{12B}|^2 = 10800W$ $\quad P_{1B} = V_{1n} \cdot |I_{1B}| \cdot \cos\varphi_{1B} = 11065.6W$ $\quad P_{epB} = R' \cdot |I_{12B}|^2 = 120.9W$

$\eta_A = \frac{P_{eA}}{P_{1A}} = 97.47\%$ $\quad \eta_A = \frac{P_{eA}}{P_{eA} + P_0 + P_{epA}} = 97.46\%$

$\eta_B = \frac{P_{eB}}{P_{1B}} = 97.6\%$ $\quad \eta_B = \frac{P_{eB}}{P_{eB} + P_0 + P_{epB}} = 97.55\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**21 febbraio 2017**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un motore asincrono trifase con avvolgimenti di statore collegati a **stella** presenta i seguenti dati nominali:

Tensione nominale V_{1n} = 380 V	Frequenza f = 50 Hz	scorrimento s_n = 1.56%

In fase di collaudo è stato sottoposto ad una serie di prove che hanno fornito i seguenti dati:

Tipo prova	*Grandezza*	*Valore*
Misura di resistenza	Resistenza tra due morsetti A e B di statore	R_{AB} = 50 mΩ
A vuoto	Potenza assorbita	P_0 = 3.3 kW
	Corrente assorbita	I_0 = 27.45 A
A rotore bloccato	Tensione di alimentazione	V_{1cc} = 80 V
	Potenza assorbita	P_{1cc} = 7.43 kW
	Corrente assorbita	I_{1cc} = 239.7 A
	Coppia	C_{acc} = 30.36 Nm

Determinare
- i parametri del circuito equivalente semplificato (collegamento a stella) R_0. X_0. R_1. R_{12}. X;
- il numero di poli $2p$;
- i valori nominali della potenza P_n e della coppia C_n;
- i valori nominali della corrente assorbita I_{1n} e del rendimento η_n.

TEORIA

1) Trasformatore monofase: determinazione in sede di progetto della corrente magnetizzante e della reattanza a vuoto.
2) Macchina sincrona trifase a rotore liscio in parallelo alla rete: funzionamento da generatore sopra- e sottoeccitato.

RITIRATO |_| Firma _____

CORREZIONE PRIORITARIA (solo laureandi) |_| Sessione di laurea _____

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

DATI

$f = 50\text{Hz}$ $V_{1n} = 380V$ $s_n = 1.6\%$ $R_{AB} = 50\text{m}\Omega$ $P_0 = 3.3\text{kW}$ $\text{I}_0 = 27.45\text{A}$

$V_{1cc} = 80V$ $P_{1cc} = 7.43\text{kW}$ $\text{I}_{1cc} = 239.7\text{A}$ $C_{acc} = 30.36\text{Nm}$

SOLUZIONE

- ***Resistenza avvolgimento di statore***

$$R_1 = \frac{R_{AB}}{2} = 0.025\Omega$$

- ***Analisi prova a vuoto***

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot I_0} = 0.183 \quad \varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 79.48° \quad I_0 = I_0\cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (5.01 - 26.99\cdot i)A$$

- ***Analisi prova a rotore bloccato***

$$\alpha_{vcc} = \frac{V_{1cc}}{V_{1n}} = 0.211 \quad P_{0cc} = {\alpha_{vcc}}^2\cdot P_0 = 146.26W \quad I_{0cc} = \alpha_{vcc}\cdot I_0 = (1.06 - 5.68\cdot i)A$$

$$\cos\varphi_{1cc} = \frac{P_{1cc}}{\sqrt{3}\cdot V_{1cc}\cdot I_{1cc}} = 0.224 \quad \varphi_{1cc} = \arccos(\cos\varphi_{1cc}) = 77.07°$$

$I_{1cc} = I_{1cc}\cdot e^{-i\cdot\varphi_{1cc}} = (53.62 - 233.63\cdot i)A$ $I_{12cc} = I_{1cc} - I_{0cc} = (52.57 - 227.94\cdot i)A$

$P_{ep1cc} = 3\cdot R_1\cdot |I_{12cc}|^2 = 4104.11W$ $|I_{12cc}| = 233.93A$

Calcolo parametri R_{12} e X

$P_{tcc} = P_{1cc} - P_{0cc} - P_{ep1cc} = 3179.63W$ $R_{12} = \frac{P_{tcc}}{3\cdot|I_{12cc}|^2} = 0.019\Omega$

$Z_{fcc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\cdot I_{12cc}} = (0.044 + 0.192\cdot i)\Omega$ $X = \text{Im}(Z_{fcc}) = 0.192\Omega$ $\varphi_{12} = \arg(Z_{fcc}) = 77.01°$

- ***Parametri ramo derivato***

$$R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 43.76\Omega \quad X_0 = \frac{R_0}{\tan(\varphi_0)} = 8.13\Omega$$

- ***Analisi in condizioni nominali***

$\Omega_0 = \frac{P_{tcc}}{C_{acc}} = 104.73s^{-1}$ $p = \frac{2\cdot\pi\cdot f}{\Omega_0} = 3$ $\Omega_n = \Omega_0\cdot(1 - s_n) = 984.1\text{rpm}$

$Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 1.25\Omega$ $I_{12n} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot Z_{fn}} = 175.45A$

Potenza e coppia nominali

$P_n = 3\cdot R_{12}\cdot\frac{1-s_n}{s_n}\cdot {I_{12n}}^2 = 110\text{kW}$ $C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 1067.5\text{Nm}$

$\varphi_{12n} = \arctan\left(\frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}}\right) = 8.85°$ $I_{12n} = I_{12n}\cdot e^{-i\cdot\varphi_{12n}} = (173.37 - 27\cdot i)A$

Corrente e rendimento nominali

$I_{1n} = I_{12n} + I_0 = (178.38 - 53.98\cdot i)A$ $|I_{1n}| = 186.37A$ $\cos\varphi_{1n} = \cos\left(\arg(I_{1n})\right) = 0.957$

$P_{1n} = \sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot|I_{1n}|\cdot\cos\varphi_{1n} = 117.41\text{kW}$ $\eta = \frac{P_n}{P_{1n}} = \frac{P_n}{P_n + P_0 + 3\cdot(R_1 + R_{12})\cdot|I_{12n}|^2} = 93.7\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**3 luglio 2017**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un motore asincrono trifase con avvolgimenti di statore collegati a **stella** ha tensione e frequenza nominali pari rispettivamente a $V_{1n} = 690$ V, $f = 50$ Hz.

In sede di collaudo sono stati ricavati i seguenti dati:

Tipo prova	*Grandezza*	*Valore*
Misura di resistenza	Resistenza tra due morsetti A e B di statore	$R_{AB} = 50$ mΩ
A vuoto	Potenza assorbita	$P_0 = 3.3$ kW
	Corrente assorbita	$I_0 = 27.45$ A

Si sa inoltre che:
- la velocità corrispondente al punto di lavoro alla coppia massima è $n_M = 1355$ giri/min, condizione in cui le perdite negli avvolgimenti di statore sono il 13.3% della potenza trasmessa;
- la velocità nominale è $n_n = 1477$ giri/min.

Determinare
- il numero di poli $2p$;
- i parametri del circuito equivalente semplificato (collegamento a stella) R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
- i valori nominali della potenza P_n e della coppia C_n;
- i valori nominali della corrente assorbita I_{1n} (in modulo e fase) e del rendimento η_n.

TEORIA

1) Trasformatore monofase: determinazione dei parametri del circuito equivalente in sede sperimentale.
2) Macchina a corrente continua: f.e.m. a vuoto alle spazzole.

RITIRATO |_| Firma _____

CORREZIONE PRIORITARIA (solo laureandi) |_| Sessione di laurea _____

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

DATI

$V_{1n} = 690V$ $\rho_{Pep1,Pt} = 13.3\%$ $P_0 = 3300W$ $I_0 = 27.45A$ $f = 50\text{Hz}$

$\Omega_M = 1355\text{rpm}$ $R_{AB} = 50\text{m}\Omega$ $\Omega_n = 1477\text{rpm}$

SOLUZIONE

- ***Velocità di sincronismo – n° di poli***

$\Omega_0 = 1500\text{rpm}$ $2p = 2 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\Omega_0} = 4$

- ***Resistenza avvolgimento di statore***

$R_1 = \frac{R_{AB}}{2} = 25\text{m}\Omega$

- ***Parametri del ramo derivato***

$R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 114.27\Omega$ $\varphi_0 = \arccos\left(\frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot I_0}\right) = 84.23°$ $X_0 = \frac{R_0}{\tan(\varphi_0)} = 14.59\Omega$

$I_0 = I_0 \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (2.56 - j \cdot 27.31)A$

- ***Altri parametri del ramo serie***

$\rho_{Pep1,Pt} = \frac{P_{ep1}}{P_t} = \frac{3 \cdot R_1 \cdot {I_{12M}}^2}{3 \cdot \frac{R_{12}}{s_M} \cdot {I_{12M}}^2} = \frac{R_1}{\frac{R_{12}}{Z}} = \frac{R_1}{Z} \Rightarrow Z = \frac{R_1}{\rho_{Pep1,Pt}} = 187.97\text{m}\Omega$

$s_M = \frac{\Omega_0 - \Omega_M}{\Omega_0} = 9.67\%$ $R_{12} = s_M \cdot Z = 18.17\text{m}\Omega$ $X = \sqrt{Z^2 - {R_1}^2} = 186.3\text{m}\Omega$

- ***Potenza e coppia nominali***

$Z_{fn} = \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right) + j \cdot X = (1.21 + j \cdot 0.19)\Omega$ $I_{12n} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot Z_{fn}} = (321.6 - j \cdot 49.51)A$

$s_n = \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0} = 1.53\%$ $P_n = 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} \cdot |I_{12n}|^2 = 370.64\text{kW}$ $C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 2396.3Nm$

- ***Corrente e rendimento nominali***

$I_{1n} = I_0 + I_{12n} = (324.36 - j \cdot 76.83)A$ $|I_{1n}| = 333.34A$ $\varphi_{1n} = -\arg(I_{1n}) = 13.33°$

$\eta_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot |I_{1n}| \cdot \cos(\varphi_{1n})} = 95.61\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**28 agosto 2017**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Di un trasformatore trifase ($P_n = 400$ kVA, $V_{1n} = 20$ kV, $V_{2n} = 400$ V, collegamento triangolo/stella) si conoscono i seguenti parametri:

Resistenza di una bobina primaria	Resistenza di una bobina secondaria	Corrente a vuoto	Perdite a vuoto
$R_{1\Delta} = 25.5\ \Omega$	$R_{2Y} = 2.8$ mΩ	$i_{0\%} = 2.4$ %	$p_{0\%} = 0.69$ %

Alimentando il primario alla tensione V_1 e collegando il secondario ad un carico con fattore di potenza $cos\varphi_e$ =0.8, il trasformatore assorbe la potenza P_1 =300 kW e lavora con grado di carico α =0.9. In tale condizione il rendimento risulta $\eta = 97.32\%$.

Con riferimento al circuito equivalente semplificato riferito al primario, determinare:

- la tensione sul carico V_2 e di alimentazione V_1;
- i parametri del circuito equivalente R_0, X_0, R', X';
- la tensione corto circuito $v_{cc\%}$ in percentuale;
- la corrente assorbita I_1 ed il fattore di potenza $cos\varphi_1$.

TEORIA

1) Motore asincrono trifase: tracciamento del diagramma circolare, individuando le rette di riferimento delle potenze e della coppia.
2) Macchina sincrona trifase: f.e.m. indotta a vuoto in una fase di statore.

RITIRATO |_| Firma _____

CORREZIONE PRIORITARIA (solo laureandi) |_| Sessione di laurea _____

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

Dati

$P_n = 400\text{kVA}$, $V_{1n} = 20\text{kV}$, $V_{2n} = 400V$, $i_{0\%} = 2.4\%$, $p_{0\%} = 0.69\%$, $R_{1\Delta} = 25.5\Omega$, $R_{2Y} = 2.8\,m\Omega$

$cos\varphi_e = 0.8$, $\alpha = 0.9$, $\eta = 97.32\%$, $P_1 = 300\text{kW}$

Soluzione

Grandezze nominali

$\mathrm{I}_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}} = 11.55\text{A}$, $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 50$, $\mathrm{I}_{2n} = K \cdot \mathrm{I}_{1n} = 577.35\text{A}$

Parametri a vuoto

$P_0 = p_0 \cdot P_n = 2760W,$ $I_0 = i_0 \cdot I_{1n} = 0.277A,$ $\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot I_0} = 0.288$

$\varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 73.29°,$ $I_0 = I_0 \cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (0.08 - 0.265 \cdot i)A$

$I_a = \mathrm{Re}(I_0) = 0.08A,$ $I_\mu = -\mathrm{Im}(I_0) = 0.265A$

$R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 144.93\text{k}\Omega,$ $X_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_\mu} = 43.5\text{k}\Omega$

Corrente, potenza e tensione sul carico

$I_{12} = \alpha \cdot I_{1n} = 10.39A,$ $P_e = \eta \cdot P_1 = 291.96\text{kW},$ $V_{12} = \frac{P_e}{\sqrt{3}\cdot I_{12}\cdot\cos\varphi_e} = 20275V,$ $V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 405.5V$

Resistenza di fase e tensione di alimentazione

$R_1 = \frac{R_{1\Delta}}{3} = 8.5\Omega,$ $R_{12} = K^2 \cdot R_{2Y} = 7\Omega,$ $\mathrm{R}' = R_1 + R_{12} = 15.5\Omega$

$P_1 = P_e + 3 \cdot \mathrm{R}' \cdot {I_{12}}^2 + {v_1}^2 \cdot P_0,$ $v_1 = \sqrt{\frac{P_1 - 3\cdot \mathrm{R}\prime\cdot {I_{12}}^2 - P_e}{P_0}} = 1.046,$ $V_1 = v_1 \cdot V_{1n} = 20913.9V$

Calcolo reattanza: a) con espressione cdt approssimata

$V_1 - V_{12} = \sqrt{3} \cdot I_{12} \cdot (\mathrm{R}' \cdot \cos\varphi_e + \mathrm{X}'_a \cdot \sin\varphi_e),$ $\varphi_e = \arccos(\cos\varphi_e) = 36.87°$

$\mathrm{X}'_a = \frac{V_1 - V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}\cdot\sin(\varphi_e)} - \frac{\mathrm{R}\prime}{\tan(\varphi_e)} = 38.49\Omega$

Calcolo reattanza: b) con cdt effettiva

$Z_{12} = \frac{V_1}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 1161.88\Omega,$ $Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 1126.39\Omega,$

$R_{1e} = Z_{1e} \cdot \cos(\varphi_e) = 901.11\Omega,$ $X_{1e} = Z_{1e} \cdot \sin(\varphi_e) = 675.83\Omega$

${Z_{12}}^2 = (\mathrm{R}' + R_{1e})^2 + (\mathrm{X}' + X_{1e})^2,$ $X'_b = \sqrt{{Z_{12}}^2 - (\mathrm{R}' + R_{1e})^2} - X_{1e} = 38.17\Omega$

Tensione di c.c.

$Z_{1cc} = \sqrt{\mathrm{R}'^2 + \mathrm{X}'^2} = 41.19\Omega,$ $v_{cc\%} = \frac{\sqrt{3}\cdot Z_{1cc}\cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4.12\%$

Corrente assorbita e fattore di potenza

$\varphi_{12} = \arctan\left(\frac{X_{1e} + \mathrm{X}\prime}{R_{1e} + \mathrm{R}\prime}\right) = 37.92°,$ $I_{12} = I_{12} \cdot \exp(-i \cdot \varphi_{12}) = (8.2 - 6.39 \cdot i)A$

$I_0 = \alpha_V \cdot I_0 = (0.083 - 0.278 \cdot i)A,$ $I_1 = I_0 + I_{12} = (8.28 - 6.66 \cdot i)A$

$|I_1| = 10.63A,$ $\cos(\arg(I_1)) = 0.779,$ $\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}\cdot V_1\cdot|I_1|} = 0.779$