MACCHINE ELETTRICHE	**17 gennaio 2020**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un trasformatore trifase ($P_n = 250$ kVA, $V_{1n} = 15$ kV, $V_{2n} = 400$ V, collegamento Yy0) presenta resistenza di fase primaria R_1 =4.75 Ω e secondaria R_2 =6.35 mΩ.

Alimentando il primario alla tensione V_{1n} e collegando il secondario ad un carico con fattore di potenza $cos\varphi_e$ =0.866, il trasformatore lavora con grado di carico α =0.9, dando luogo ad una variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v_{\%} = 3.8\%$. In questa stessa condizione di carico, la corrente e la potenza assorbita risultano rispettivamente I_1 =8.74 A e $P_1 = 190.9$ kW.

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

- la tensione sul carico V_2 e l'impedenza di carico $\dot{Z}_e = R_e + jX_e$;
- i parametri R' e X';
- i parametri del circuito equivalente R_0 e X_0;
- la tensione e le perdite di corto circuito $v_{cc\%}$ e $p_{cc\%}$;
- il rendimento η quando il trasformatore alimenta <u>la stessa impedenza</u> con grado di carico in corrente uguale al grado di carico in potenza.

TEORIA

1) Regolazione della velocità di un motore asincrono con variazione del numero di poli e dell'ampiezza della tensione di alimentazione: modalità di realizzazione, variazione della caratteristica di coppia, applicazioni e limitazioni.
2) Diagramma delle due reattanze di una macchina sincrona a poli sporgenti: ipotesi iniziali per il tracciamento, reattanza sincrona diretta ed in quadratura, procedimento di costruzione in condizioni di carico note, equazione della tensione.

RITIRATO |_| Firma _____

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

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

Dati

$P_n = 250\text{kVA}$, $V_{1n} = 15\text{kV}$, $V_{2n} = 400V$, $R_1 = 4.75\Omega$, $R_2 = 6.35\text{m}\Omega$, $cos\varphi_e = 0.866$, $\alpha = 0.9$, $\Delta v_{\%} = 3.8\%$, $I_1 = 8.74A$, $P_1 = 190.9kW$

Soluzione

Grandezze nominali

$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}} = 9.62A$, $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 37.5$ $I_{2n} = K \cdot I_{1n} = 360.84A$

Corrente, tensione ed impedenza di carico

$I_{12} = \alpha \cdot I_{1n} = 8.66A$ $\Delta V_{12} = \Delta v_{\%} \cdot V_{1n} = 570V$ $V_{12} = (V_{1n} - \Delta V_{12}) = 14430V$

$V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 384.8V$ $Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 962\Omega$

$\varphi_e = \arccos(\cos\varphi_e) = 30°$ $\sin\varphi_e = \sin(\varphi_e) = 0.5$

$R_{1e} = Z_{1e} \cdot \cos\varphi_e = 833.09\Omega$ $X_{1e} = Z_{1e} \cdot \sin\varphi_e = 481.04\Omega$

$R_e = \frac{R_{1e}}{K^2} = 0.59\Omega$ $X_e = \frac{X_{1e}}{K^2} = 0.34\Omega$

Resistenza, reattanza, tensione e perdite di cortocircuito

$R' = R_1 + K^2 \cdot R_2 = 13.68\Omega$ $\Delta V_{12} = \sqrt{3} \cdot I_{12} \cdot (R' \cdot \cos\varphi_e + X' \cdot \sin\varphi_e)$

$Z_{\Delta 12} = \frac{\Delta V_{12}}{\sqrt{3}\cdot I_{12}} = 38\Omega$ $X' = \frac{Z_{\Delta 12}}{\sin\varphi_e} - \frac{R'}{\tan(\varphi_e)} = 52.3\Omega$ $Z_{1cc} = \sqrt{R'^2 + X'^2} = 54.06\Omega$

$V_{1cc} = \sqrt{3} \cdot Z_{1cc} \cdot I_{1n} = 901.03V$ $v_{cc} = \frac{V_{1cc}}{V_{1n}} = 6.0\%$

$P_{1cc} = 3 \cdot R' \cdot {I_{1n}}^2 = 3800W$ $p_{cc} = \frac{P_{1cc}}{P_n} = 1.52\%$

Correnti assorbite

$\varphi_{12} = \arctan\left(\frac{X'+X_{1e}}{R'+R_{1e}}\right) = 32.21°$ $I_{12} = I_{12} \cdot e^{-i\cdot\varphi_{12}} = (7.328 - 4.615 \cdot i)A$

$\cos\varphi_1 = \frac{P_1}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot I_1} = 0.841$ $\varphi_1 = \arccos(\cos\varphi_1) = 32.79°$ $I_1 = I_1 \cdot e^{-i\cdot\varphi_1} = (7.348 - 4.733 \cdot i)A$

$I_0 = I_1 - I_{12} = (0.02 - 0.117 \cdot i)A$ $I_a = \text{Re}(I_0) = 0.02A$ $I_\mu = -\text{Im}(I_0) = 0.117A$

Parametri e perdite a vuoto

$R_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_a} = 435.14\text{k}\Omega$ $X_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_\mu} = 73.9\text{k}\Omega$ $P_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{R_0} = 517.07W$

Funzionamento con $\alpha' = \alpha'_p$

$\alpha' = \alpha'_p \Rightarrow V'_{12} = V_{1n}$ $I'_{12} = \frac{V'_{12}}{\sqrt{3}\cdot|Z_{1e}|} = 9A$ $Z'_{12} = \sqrt{(R' + R_{1e})^2 + (X' + X_{1e})^2} = 1000.74\Omega$

$V'_1 = \sqrt{3} \cdot Z'_{12} \cdot I'_{12} = 15604.04V$

$P'_0 = \left(\frac{V'_1}{V_{1n}}\right)^2 \cdot P_0 = 559.56W$ $P'_{ep} = 3 \cdot R' \cdot |I'_{12}|^2 = 3.33\text{kW}$

$P'_e = 3 \cdot R_{1e} \cdot |I'_{12}|^2 = 202.55\text{kW}$ $\eta' = \frac{P'_e}{P'_e + P'_0 + P'_{ep}} = 98.12\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**07 febbraio 2020**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un trasformatore monofase ($P_n = 80$ kVA, $V_{1n} = 3000$ V, $V_{2n} = 800$ V), alimentato alla tensione nominale, lavora in due condizioni di carico, caratterizzate dai seguenti dati:

Carico	Potenza erogata	Fattore di potenza del carico	Variazione di tensione
A	P_A =50 kW	$cos\varphi_A = 0.8$ (rit.)	Δv_A =3.125%
B	P_B =50 kW	$cos\varphi_B = 0.8$ (ant.)	Δv_B =-0.8%

Nella prova a vuoto con alimentazione dal secondario, il trasformatore assorbe la potenza $P_0 = 0.75$ kW e la corrente $I_{20} = 3.4$ A.

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

- i parametri del ramo derivato R_0, X_0;
- le impedenze di carico $\dot{\boldsymbol{Z}}_A$ e $\dot{\boldsymbol{Z}}_B$ viste dal secondario nelle condizioni di carico in tabella;
- i parametri del ramo serie R' ed X';
- la tensione corto circuito $v_{cc\%}$ in percentuale;
- i rendimenti η_A e η_B nelle due condizioni di carico.

TEORIA

1) Regolazione della velocità di un motore asincrono trifase con variazione della frequenza e dell'ampiezza della tensione di alimentazione: finalità della variazione di frequenza, condizioni per il funzionamento regolare e applicazione al caso di **riduzione della velocità**.
2) Effetto della reazione d'indotto nel funzionamento a carico di un motore in corrente continua: andamenti delle f.m.m. e dell'induzione al traferro, conseguenze su flusso, f.e.m. alle spazzole e posizione del piano neutro; effetto dello spostamento del piano di commutazione.

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

$V_{1n} = 3000V$ $V_{2n} = 800V$ $P_n = 80\text{kV}A$ $P_0 = 0.75\text{kW}$ $I_{20} = 3.4A$

$P_A = 50\text{kW}$ $cos\varphi_A = 0.8\, rit.$ $\Delta v_A = 3.125\%$ $P_B = P_A$ $cos\varphi_B = 0.8$ ant. $\Delta v_B = -0.8\%$

Soluzione

Grandezze nominali

$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 26.67A$ $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 50$ $I_{2n} = \frac{P_n}{V_{2n}} = 100A$

Parametri del ramo derivato e valore complesso della corrente a vuoto

$R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 12k\Omega$ $I_0 = \frac{I_{20}}{K} = 0.91A$ $Z_0 = \frac{V_{1n}}{I_0} = 3308.8\Omega$

$\varphi_0 = \arccos\left(\frac{P_0}{V_{1n} \cdot I_0}\right) = 74°$ $X_0 = \frac{Z_0}{\sin(\varphi_0)} = 3442.3\Omega$ $I_0 = I_0 e^{-i\cdot\varphi_0} = (0.25 - 0.872 \cdot i)A$

Impedenze di carico

$V_{12A} = (1 - \Delta v_A) \cdot V_{1n} = 2906.25V$ $\varphi_A = \arccos(0.8) = 36.87°$ $S_A = \frac{P_A}{\cos(\varphi_A)} = 62.5\text{kVA}$

$I_{12A} = \frac{S_A}{V_{12A}} = 21.51A$ $Z_{1A} = \frac{V_{12A}}{I_{12A}} \cdot e^{i\cdot\varphi_A} = (108.1 + 81.1 \cdot i)\Omega$ $\boldsymbol{Z_A = Z_{1A}/K^2 = (7.69 + 5.77 \cdot i)\Omega}$

$V_{12B} = (1 - \Delta v_B) \cdot V_{1n} = 3024V$ $S_B = \frac{P_B}{\cos(\varphi_B)} = 62.5\text{kW}$ $I_{12B} = \frac{S_B}{V_{12B}} = 20.67A$

$Z_{1B} = \frac{V_{12B}}{I_{12B}} \cdot e^{i\cdot\varphi_B} = (117.05 - 87.79 \cdot i)\Omega$ $\boldsymbol{Z_B = Z_{1B}/K^2 = (8.32 - 6.24 \cdot i)\Omega}$

Calcolo resistenza e reattanza

$\Delta v_A \cdot V_{1n} = \left(R' \cdot \cos(\varphi_A) + X' \cdot \sin(\varphi_A)\right) \cdot I_{12A}$ $\frac{\Delta v_A \cdot V_{1n}}{I_{12A}} = R' \cdot \cos(\varphi_A) + X' \cdot \sin(\varphi_A)$

$\Delta v_B \cdot V_{1n} = \left(R' \cdot \cos(\varphi_A) - X' \cdot \sin(\varphi_A)\right) \cdot I_{12B}$ $\frac{\Delta v_B \cdot V_{1n}}{I_{12B}} = R' \cdot \cos(\varphi_A) - X' \cdot \sin(\varphi_A)$

$R' = \frac{\frac{\Delta v_A \cdot V_{1n}}{I_{12A}} + \frac{\Delta v_B \cdot V_{1n}}{I_{12B}}}{2 \cdot \cos(\varphi_A)} = 2\Omega$ $X' = \frac{\frac{\Delta v_A \cdot V_{1n}}{I_{12A}} - \frac{\Delta v_B \cdot V_{1n}}{I_{12B}}}{2 \cdot \sin(\varphi_A)} = 4.6\Omega$

Calcolo tensione di cc

$Z_{1cc} = R' + i \cdot X' = (2 + 4.6 \cdot i)\Omega$ $v_{cc} = \frac{|Z_{1cc}| \cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4.46\%$

Calcolo rendimento

$I_{1A} = \frac{V_{1n}}{Z_{1cc} + Z_{1A}} + I_0 \cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (17.22 - 14.08 \cdot i)A$ $|I_{1A}| = 22.24A$ $\cos\left(\arg(I_{1A})\right) = 0.77$

$\eta_A = \frac{P_A}{P_A + P_0 + R' \cdot {I_{12A}}^2} = 96.79\%$

$I_{1B} = \frac{V_{1n}}{Z_{1cc} + Z_{1B}} + I_0 = (16.17 + 11.35 \cdot i)A$ $|I_{1B}| = 19.75A$ $\cos\left(\arg(I_{1B})\right) = 0.82$

$\eta_B = \frac{P_B}{P_B + P_0 + R' \cdot {I_{12B}}^2} = 96.89\%$

Verifica tensioni sul carico con le impedenze calcolate

$V_{1n} \cdot \left|\frac{Z_{1A}}{Z_{1A} + Z_{1cc}}\right| = 2905.79V$ $V_{12A} = 2906.25V$ (appross.)

$V_{1n} \cdot \left|\frac{Z_{1B}}{Z_{1B} + Z_{1cc}}\right| = 3022.29V$ $V_{12B} = 3024V$ (appross.)

MACCHINE ELETTRICHE	**21 febbraio 2020**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Dalle prove eseguite su un motore asincrono trifase (tensione nominale V_{1n} = 400 V, frequenza f = 50 Hz, 6 poli, collegamento a stella) sono stati ottenuti i seguenti dati:

Tipo prova	*Grandezza*	*Valore*
Volt-amperometrica	Resistenza tra le fasi A e B	R_{AB} = 0.168 Ω
A vuoto	Potenza assorbita	P_0 = 2105 W
	Corrente assorbita	I_0 = 33.1 A
A rotore bloccato	Tensione di alimentazione	V_{1RB} = 120 V
	Potenza assorbita	P_{1RB} = 14.1 kW
	Coppia	C_{aRB} = 58.3 Nm

Sapendo che la coppia nominale è C_n=743 Nm, determinare
- i parametri del circuito equivalente semplificato R_0, X_0, R_1, R_{12} e X;
- la potenza nominale P_n;
- i valori nominali di corrente assorbita I_{1n}, fattore di potenza $cos\varphi_{1n}$ e rendimento η_n.

Suggerimento: per il calcolo di P_n è ammesso che venga trascurato il termine sR_{12}/Z nell'espressione della coppia

TEORIA

1) Funzionamento a carico del trasformatore monofase: definizione dei parametri del circuito primario e secondario, correnti nel circuito primario e secondario, bilancio delle f.m.m. e diagramma vettoriale.
2) F.m.m. prodotta da un avvolgimento distribuito monofase (q > 1): rappresentazione rettificata dell'avvolgimento, andamento delle f.m.m. delle singole bobine e risultante, coefficiente di avvolgimento (non è richiesta la dimostrazione), ampiezza delle componenti di f.m.m (fondamentale e armoniche).

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

$f = 50\text{Hz}$ $V_{1n} = 400\text{V}$ $p = 3$ $P_0 = 2105\text{W}$ $I_0 = 33.1\text{A}$

$V_{1RB} = 120\text{V}$ $P_{1RB} = 14.1\text{kW}$ $C_{aRB} = 58.3\text{Nm}$ $C_n = 743\text{Nm}$

SOLUZIONE

$\Omega_0 = \frac{2\cdot\pi\cdot f}{p} = 104.72 s^{-1}$ $n_0 = \Omega_0 = 1000\text{rpm}$ $R_1 = \frac{R_{AB}}{2} = 0.084\Omega$

Analisi prova a vuoto

$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot I_0} = 0.092$ $\varphi_0 = \arccos(\cos\varphi_0) = 84.738°$ $I_0 = I_0\cdot e^{-i\cdot\varphi_0} = (3.04 - 32.99\cdot i)A$

$R_0 = \frac{{V_{1n}}^2}{P_0} = 76.01\Omega$ $X_0 = \frac{R_0}{\tan(\varphi_0)} = 7\Omega$ $Z_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_0} = (0.639 + 6.941\cdot i)\Omega$ $|Z_0| = 6.971\Omega$

Analisi a rotore bloccato

$v_{1RB} = \frac{V_{1RB}}{V_{1n}} = 0.3$ $I_{0RB} = v_{1RB}\cdot I_0 = (0.91 - 9.9\cdot i)A$ $|I_{0RB}| = 9.939A$

$P_{0RB} = {v_{1RB}}^2\cdot P_0 = 189.45W$ $P_{ep2RB} = C_{aRB}\cdot\Omega_0 = 6105.2W$ $P_{ep1RB} = P_{1RB} - P_{0RB} - P_{ep2RB} = 7805.4W$

$I_{12RB} = \sqrt{\frac{P_{ep1RB}}{3\cdot R_1}} = 176A$ $R_{12} = \frac{P_{ep2RB}}{3\cdot|I_{12RB}|^2} = 0.066\Omega$ $Z_{fRB} = \frac{V_{1RB}}{\sqrt{3}\cdot|I_{12RB}|} = 0.394\Omega$

$X = \sqrt{{Z_{fRB}}^2 - (R_1 + R_{12})^2} = 0.364\Omega$

Coppia nominale

$C_n = \frac{{V_{1n}}^2}{\Omega_0\cdot Z\cdot\left(\frac{R_{12}}{s_n\cdot Z} + s_n\cdot\frac{Z}{R_{12}} + 2\cdot\frac{R_1}{Z}\right)}$ $\rightarrow$ $\frac{R_{12}}{s\cdot Z} + s\cdot\frac{Z}{R_{12}} + 2\cdot\frac{R_1}{Z} = \frac{{V_{1n}}^2}{\Omega_0\cdot Z\cdot C_n}$

$Z = \sqrt{{R_1}^2 + X^2} = 0.374\Omega$ $s_M = \frac{R_{12}}{Z} = 0.176$ $c_1 = 2\cdot\frac{R_1}{Z} = 0.4496$ $p = \frac{{V_{1n}}^2}{\Omega_0\cdot Z\cdot C_n} = 5.503$

$c_1 + \frac{s}{s_M} + \frac{s_M}{s} = p$ $\rightarrow$ $s^2 - (p - c_1)\cdot s_M\cdot s + {s_M}^2 = 0$

$s_{n1} = s_M\cdot\frac{p - c_1 + \sqrt{(p-c_1)^2 - 4}}{2} = 85.24\%$ *soluzione non accettabile ($s > s_M$)*

$s_{n2} = s_M\cdot\frac{p - c_1 - \sqrt{(p-c_1)^2 - 4}}{2} = 3.63\%$ *soluzione accettabile ($s < s_M$)*

$s_n = s_{n2} = 3.63\%$ $n_n = n_0\cdot(1 - s_n) = 963.7\text{rpm}$ $\Omega_n = \Omega_0\cdot(1 - s_n) = 100.92 s^{-1}$

Potenza e corrente nominale

$P_n = C_n\cdot\Omega_n = 75\text{kW}$ $Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 1.93\Omega$ $I_{12n} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot Z_{fn}} = 119.66A$

$\varphi_{12n} = \arctan\left(\frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}}\right) = 10.87°$ $I_{12n} = I_{12n}\cdot e^{-i\cdot\varphi_{12n}} = (117.51 - 22.57\cdot i)A$

$I_{1n} = I_{12n} + I_0 = (120.551 - 55.565\cdot i)A$ $|I_{1n}| = 132.74A$ $\cos\varphi_{1n} = \cos(\arg(I_{1n})) = 0.908$

Rendimento

$P_{1n} = \sqrt{3}\cdot V_{1n}\cdot|I_{1n}|\cdot\cos\varphi_{1n} = 83520.1W$ $\eta_n = \frac{P_n}{P_{1n}} = 89.78\%$

SOLUZIONE APPROSSIMATA PER CALCOLO DELLO SCORRIMENTO

$\frac{R_{12}}{s'_n \cdot Z} + s'_n \cdot \cancel{\frac{Z}{R_{12}}} + 2 \cdot \frac{R_1}{Z} = \frac{{V_{1n}}^2}{\Omega_0 \cdot Z \cdot C_n}$ $\quad c_1 + \frac{s_M}{s'_n} = p \quad \rightarrow \quad s'_n = \frac{s_M}{p - c_1} = 3.48\%$

$s_n = s'_n = 3.48\%$ $\quad n_n = n_0 \cdot (1 - s_n) = 965.2\text{rpm}$ $\quad \Omega_n = \Omega_0 \cdot (1 - s_n) = 101.07\text{s}^{-1}$

Potenza e corrente nominale (approssimate)

$P_n = C_n \cdot \Omega_n = 75.1\text{kW}$ $\quad Z_{\text{fn}} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 2.0\Omega$ $\quad I_{12\text{n}} = \frac{V_{1\text{n}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{fn}}} = 115.14A$

$\varphi_{12\text{n}} = \arctan\left(\frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}}\right) = 10.46°$ $\quad I_{12\text{n}} = I_{12\text{n}} \cdot e^{-i \cdot \varphi_{12\text{n}}} = (113.23 - 20.9 \cdot i)A$

$I_{1\text{n}} = I_{12\text{n}} + I_0 = (116.27 - 53.9 \cdot i)A$ $\quad |I_{1\text{n}}| = 128.15A$ $\quad \cos\varphi_{1\text{n}} = \cos\left(\arg(I_{1\text{n}})\right) = 0.907$

Rendimento (approssimato)

$P_{1\text{n}} = \sqrt{3} \cdot V_{1\text{n}} \cdot |I_{1\text{n}}| \cdot \cos\varphi_{1\text{n}} = 80552.4W$ $\quad \eta_n = \frac{P_n}{P_{1\text{n}}} = 93.23\%$

MACCHINE ELETTRICHE	**1 settembre 2020**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

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

Tensione nominale $V_{1n} = 690$ V	Frequenza $f = 50$ Hz	scorrimento $s_n = 1.4\%$

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	$R_{AB} = 145$ mΩ
A vuoto	Potenza assorbita	$P_0 = 3.0$ kW
	Corrente assorbita	$I_0 = 15.3$ A
A rotore bloccato	Tensione di alimentazione	$V_{1cc} = 145$ V
	Potenza assorbita	$P_{1cc} = 8.5$ kW
	Corrente assorbita	$I_{1cc} = 132$ A
	Coppia	$C_{cc} = 30.3$ 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) Variazione di tensione da vuoto a carico in un trasformatore monofase: diagramma vettoriale per una generica condizione di carico, calcolo dell'espressione approssimata, effetti della variazione del fattore di potenza del carico, espressione in termini relativi.
2) Caratteristiche elettromeccaniche di un motore in corrente continua ad eccitazione indipendente: schema elettrico del motore, equazioni della tensione e della coppia, velocità a vuoto e coppia di avviamento, caratteristiche $n(I)$ e $C(I)$ con diversi gradi di saturazione del circuito magnetico.

RITIRATO |_| Firma _____

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

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

DATI

$f := 50\ Hz$ $V_{1n} := 690\ V$ $s_n := 1,4\ \%$ $R_{AB} := 145\ m\Omega$ $P_0 := 3\ kW$ $I_0 := 15,3\ A$

$V_{1cc} := 145\ V$ $P_{1cc} := 8,5\ kW$ $I_{1cc} := 132\ A$ $C_{cc} := 30,3\ Nm$

SOLUZIONE

Resistenza avvolgimento di statore

$R_1 := \frac{R_{AB}}{2} = 0,072\ \Omega$

Analisi prova a vuoto

$cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot I_0} = 0,1641$ $\varphi_0 := acos\left(cos\varphi_0\right) = 80,557\ °$ $I_0 := I_0 \cdot e^{-i \cdot \varphi_0} = (2,51 - 15,09 \cdot i)\ A$

Analisi prova a rotore bloccato

$\alpha_{vcc} := \frac{V_{1cc}}{V_{1n}} = 0,21$ $I_{0cc} := \alpha_{vcc} \cdot I_0 = (0,53 - 3,17 \cdot i)\ A$ $P_{0cc} := \alpha_{vcc}^{2} \cdot P_0 = 132,483\ W$

$cos\varphi_{1cc} := \frac{P_{1cc}}{\sqrt{3} \cdot V_{1cc} \cdot I_{1cc}} = 0,256$ $\varphi_{1cc} := acos\left(cos\varphi_{1cc}\right) = 75,14\ °$

$I_{1cc} := I_{1cc} \cdot e^{-i \cdot \varphi_{1cc}} = (33,84 - 127,59 \cdot i)\ A$ $I_{12cc} := I_{1cc} - I_{0cc} = (33,32 - 124,42 \cdot i)\ A$

$\left|I_{12cc}\right| = 128,8\ A$ $P_{ep1cc} := 3 \cdot R_1 \cdot \left|I_{12cc}\right|^2 = 3608,17\ W$ $P_{tcc} := P_{1cc} - P_{0cc} - P_{ep1cc} = 4759,34\ W$

$R_{12} := \frac{P_{tcc}}{3 \cdot \left|I_{12cc}\right|^2} = 0,096\ \Omega$ $Z_{fcc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} \cdot I_{12cc}} = (0,168 + 0,628 \cdot i)\ \Omega$ $X := Im\left(Z_{fcc}\right) = 0,628\ \Omega$

$\varphi_{12} := atan\left(\frac{X}{R_1 + R_{12}}\right) = 75,01\ °$ $\varphi_{12} := arg\left(Z_{fcc}\right) = 75,01\ °$

Parametri ramo derivato

$R_0 := \frac{V_{1n}^{2}}{P_0} = 158,7\ \Omega$ $X_0 := \frac{R_0}{tan\left(\varphi_0\right)} = 26,395\ \Omega$

Analisi in condizioni nominali

$\Omega_0 := \frac{P_{tcc}}{C_{cc}} = 157,07\ s^{-1}$ $p := \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\Omega_0} = 2$ $\Omega_n := \Omega_0 \cdot \left(1 - s_n\right) = 1478,95\ rpm$

$Z_{fn} := \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 6,93\ \Omega$ $I_{12n} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot Z_{fn}} = 57,47\ A$ $P_n := 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} \cdot I_{12n}^{2} = 66,74\ kW$

$C_n := \frac{P_n}{\Omega_n} = 430,9\ Nm$ $\varphi_{12n} := atan\left(\frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}}\right) = 5,2\ °$ $I_{12n} := I_{12n} \cdot e^{-i \cdot \varphi_{12n}} = (57,23 - 5,21 \cdot i)\ A$

$I_{1n} := I_{12n} + I_0 = (59,74 - 20,3 \cdot i)\ A$ $\left|I_{1n}\right| = 63,1\ A$ $cos\varphi_{1n} := cos\left(arg\left(I_{1n}\right)\right) = 0,947$

$P_{en} := \sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot \left|I_{1n}\right| \cdot cos\varphi_{1n} = 71,402\ kW$ $\eta := \frac{P_n}{P_{en}} = 93,465\ \%$

verifica calcolo rendimento $\eta_2 := \frac{P_n}{P_n + P_0 + 3 \cdot \left(R_1 + R_{12}\right) \cdot \left|I_{12n}\right|^2} = 93,465\ \%$

MACCHINE ELETTRICHE	**15 settembre 2020**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____

ESERCIZIO

Un motore asincrono trifase con tensione e frequenza nominali rispettivamente $\boldsymbol{V_{1n} = 690\ \text{V}}$ e $\boldsymbol{f = 50\ \text{Hz}}$, durante la prova a vuoto a tensione $\boldsymbol{V_{1n}}$ assorbe la potenza $\boldsymbol{P_0 = 3.6\ \text{kW}}$ e la corrente $\boldsymbol{I_0 = 28.2\ \text{A}}$. Sono state inoltre rilevati i valori della coppia massima $\boldsymbol{C_M = 2420\ \text{N·m}}$ e delle corrispondenti velocità $\boldsymbol{n_M = 1420}$ **giri/min**, corrente $\boldsymbol{I_{1M} = 484\ \text{A}}$ e potenza elettrica $\boldsymbol{P_{eM} = 405\ \text{kW}}$ assorbite.

Determinare:
- il numero di poli $\boldsymbol{2p}$;
- i parametri del circuito equivalente semplificato $\boldsymbol{R_0, X_0, R_1, R_{12}, X}$;
- i valori nominali di potenza $\boldsymbol{P_n}$ e coppia $\boldsymbol{C_n}$, data la velocità nominale $\boldsymbol{n_n = 1483}$ **giri/min**;
- i valori nominali della corrente assorbita $\boldsymbol{I_{1n}}$, del fattore di potenza $\boldsymbol{\cos\varphi_{1n}}$ e del rendimento $\boldsymbol{\eta_n}$.

TEORIA

1) Autotrasformatore monofase: similitudini e differenze costruttive rispetto al trasformatore, ipotesi di lavoro, relazioni tra tensioni, fmm e correnti, potenza scambiata tra primario e secondario, potenza di dimensionamento e relazione tra di esse, vantaggi e svantaggi dell'autotrasformatore rispetto al trasformatore corrispondente, considerazioni sull'autotrasformatore elevatore.
2) Diagramma vettoriale di una macchina a rotore liscio con circuito magnetico saturo (diagramma di Potier): ipotesi iniziali (caratteristica di magnetizzazione, condizioni di carico, parametri circuitali), obiettivi di calcolo, procedura di tracciamento del diagramma, variazione di tensione da vuoto a carico e angolo di coppia, influenza del fattore di potenza del carico (solo carico puramente induttivo e puramente capacitivo).

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 $V_{1n} := 690\ V$ $f := 50\ Hz$ $P_0 := 3,6\ kW$ $I_0 := 28,2\ A$ $\Omega_M := 1420\ rpm$ $C_M := 2420\ N\,m$ $P_{eM} := 405\ kW$

$I_{1M} := 484\ A$ $\Omega_n := 1483\ rpm$ $\Omega_0 := 1500\ rpm$

SOLUZIONE

$$p := \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{\Omega_0} = 2 \qquad R_0 := \frac{V_{1n}^{\,2}}{P_0} = 132,25\ \Omega \qquad \varphi_0 := \operatorname{acos}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot I_0}\right) = 83,87\ ° \qquad X_0 := \frac{R_0}{\tan(\varphi_0)} = 14,21\ \Omega$$

$$I_0 := I_0 \cdot e^{-i \cdot \varphi_0} = (3,01 - 28,04 \cdot i)\ A \qquad s_M := \frac{\Omega_0 - \Omega_M}{\Omega_0} = 5,33\ \% \qquad \varphi_{1M} := \operatorname{acos}\left(\frac{P_{eM}}{\sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot I_{1M}}\right) = 45,56\ °$$

$$I_{1M} := I_{1M} \cdot e^{-i \cdot \varphi_{1M}} = (338,88 - 345,57 \cdot i)\ A \qquad I_{12M} := I_{1M} - I_0 = (335,87 - 317,53 \cdot i)\ A$$

calcolo parametri metodo 1

$$P_{tM} := C_M \cdot \Omega_0 = 380,13\ kW \qquad P_{pep1M} := P_{eM} - P_0 - P_{tM} = 21,27\ kW \qquad R_1 := \frac{P_{pep1M}}{3 \cdot |I_{12M}|^2} = 33,18\ m\Omega$$

$$P_{pep2M} := s_M \cdot P_{tM} = 20,27\ kW \qquad R_{12} := \frac{P_{pep2M}}{3 \cdot |I_{12M}|^2} = 31,63\ m\Omega \qquad Z := \frac{R_{12}}{s_M} = 0,59\ \Omega \qquad X := \sqrt{Z^2 - R_1^{\,2}} = 0,59\ \Omega$$

calcolo parametri metodo 2

$$R_{12} := \frac{C_M \cdot \Omega_0 \cdot s_M}{3 \cdot |I_{12M}|^2} = 31,63\ m\Omega \qquad Z := \frac{R_{12}}{s_M} = 0,5931\ \Omega$$

calcolo parametri metodo 2 - variante a

$$Z_{fM} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{12M}} = (0,63 + 0,59 \cdot i)\ \Omega \qquad X := \operatorname{Im}(Z_{fM}) = 0,59\ \Omega \qquad R_1 := \operatorname{Re}(Z_{fM}) - \frac{R_{12}}{s_M} = 33,18\ m\Omega$$

calcolo parametri metodo 2 - variante b

$$R_1 := \frac{V_{1n}^{\,2}}{2 \cdot C_M \cdot \Omega_0} - Z = 33,1\ m\Omega \qquad X := \sqrt{Z^2 - R_1^{\,2}} = 0,59\ \Omega$$

funzionamento nominale

$$s_n := \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0} = 1,13\ \% \qquad I_{12n} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n} + i \cdot X\right)} = (135,11 - 28,33 \cdot i)\ A \qquad C_n := 3 \cdot \frac{R_{12}}{s_n} \cdot \frac{|I_{12n}|^2}{\Omega_0} = 1015,93\ N\,m$$

$$P_n := C_n \cdot \Omega_0 \cdot (1 - s_n) = 157,77\ kW \qquad I_{1n} := I_0 + I_{12n} = (138,12 - 56,37 \cdot i)\ A \qquad |I_{1n}| = 149,18\ A$$

$$P_{en} := \sqrt{3} \cdot V_{1n} \cdot \operatorname{Re}(I_{1n}) = 165,07\ kW \qquad \cos\varphi_{1n} := \cos(\arg(I_{1n})) = 0,93 \qquad \eta_n := \frac{P_n}{P_{en}} = 95,58\ \%$$