MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**25 gennaio 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n = 15 kVA
tensione primaria nominale	V_{1n} = 2.3 kV
tensione secondaria nominale	V_{2n} = 230 V
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 2.22 %
perdite a vuoto	$p_{0\%}$ = 0.33 %
resistenza avvolgimento primario	R_1 = 2.44 Ω
resistenza avvolgimento secondario	R_2 = 20 mΩ

Il trasformatore, alimentato a tensione V_1, è connesso a un carico ohmico-induttivo (fattore di potenza $\cos\varphi_e$=0.8) e funziona con gradi di carico di corrente e di potenza unitari ($\alpha = \alpha_P = 1$).
Valutare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

- l'impedenza di carico $R_e + jX_e$;
- la tensione primaria di alimentazione V_1;
- il rendimento η.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase presenta i seguenti dati:

potenza nominale	P_n = 60 kW	
numero di poli	$2p$ = 8	
frequenza	f = 50 Hz	
resistenza fase statore	R_1 = 0.13 Ω	(collegamento a stella)

In sede di collaudo, la macchina è stata sottoposta a due prove, ottenendo i seguenti risultati:

	Prova a vuoto	Prova a rotore bloccato
tensione di prova	V_1 = 450 V	V_{1cc} = 202.6 V
corrente assorbita	I_0 = 13.03 A	I_{1cc} = 101.08 A
potenza assorbita	P_0 = 810 W	P_{cc} = 7243 W

Il motore, alimentato alla tensione V_1= 450 V, ruota alla velocità n =708.75 giri/min, producendo una coppia C_n pari alla nominale. Determinare:

- i parametri del circuito equivalente semplificato (R_0, X_0, R_{12}, X);
- la potenza meccanica P_m erogata nelle condizioni di carico specificate;
- la tensione alimentazione V_{1n} in corrispondenza alla quale la coppia nominale C_n viene prodotta a velocità nominale n_n.

NB: Nel calcolo di R_{12} e X tenere conto del ramo derivato del circuito equivalente.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Impedenza di carico	$\dot{\mathbf{Z}}_e = R_e + jX_e = 2.82 + j2.12\ \Omega$
Tensione primaria	$V_1 = 2348$ V
Rendimento	$\eta = 0.980$

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	$R_0 = 250\ \Omega$	$X_0 = 20\ \Omega$
Resistenza rotore e reattanza di corto circuito	$R_{12} = 0.13\ \Omega$	$X = 1.20\ \Omega$
Potenza meccanica e coppia nominale	$P_m = 59.06$ kW	$C_n = 796$ Nm
Tensione di alimentazione	$V_{1n} = 500$ V	

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n}=\frac{P_n}{V_{1n}}=6.52\ \text{A} \qquad I_{2n}=\frac{P_n}{V_{2n}}=65.22\ \text{A} \qquad K=\frac{V_{1n}}{V_{2n}}=10$$

Impedenza di carico $\mathbf{Z}_e$

$$\alpha=\alpha_P=1 \quad\Rightarrow\quad I_{12}=I_{1n}=6.52\ \text{A},\quad P_a=P_n=15\ \text{kVA},\quad V_{12}=V_{1n}=2300\ \text{V}$$

$$Z_{1e}=\frac{V_{12}}{I_{12}}=353\ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1e}=Z_{1e}\angle\varphi_e=353\angle 36.87^\circ=R_{1e}+jX_{1e}=282+j212\ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_e=\frac{\dot{\mathbf{Z}}_{1e}}{K^2}=R_e+jX_e=2.82+j2.12\ \Omega$$

Impedenza di corto circuito $\mathbf{Z}_{1cc}$

$$R_{12}=R_2\cdot K^2=2.00\ \Omega \qquad R'=R_1+R_{12}=4.44\ \Omega \qquad V_{1cc}=\frac{v_{cc\%}\cdot V_{1n}}{100}=51.06\ \text{V}$$

$$Z_{1cc}=\frac{V_{1cc}}{I_{1n}}=7.83\ \Omega \qquad X'=\sqrt{Z_{1cc}^2-R'^2}=6.45\ \Omega$$

Tensione di alimentazione V_1

$$R_{1t}=R'+R_{1e}=287\ \Omega \qquad X_{1t}=X'+X_{1e}=218\ \Omega \qquad Z_{1t}=\sqrt{R'^2+X'^2}=360\ \Omega$$

$$V_1=Z_{1t}I_{12}=2348\ \text{V}$$

In alternativa

$$\Delta V_{12}\approx I_{12}(R'\cos\varphi_e+X'\sin\varphi_e)=48.4\ \text{V} \qquad V_1=V_{12}+\Delta V_{12}=2348\ \text{V}$$

Rendimento η

$$P=P_a\cos\varphi_e=12\ \text{kW} \qquad P_{Cu}=R'I_{12}^2=189\ \text{W} \qquad P_0=\frac{p_{0\%}\cdot P_n}{100}=50\ \text{W}$$

$$v_1=\frac{V_1}{V_{1n}}=1.02 \qquad P_{Fe}=v_1^2P_0=52\ \text{W} \qquad \eta=\frac{P}{P+P_{Cu}+P_{Fe}}=0.980$$

ESERCIZIO N.2

$$n_0=\frac{60\cdot f}{p}=750\ \text{giri/min} \qquad \Omega_0=\frac{2\pi n_0}{60}=78.54\ \text{s}^{-1} \qquad s=\frac{n_0-n}{n_0}=0.055$$

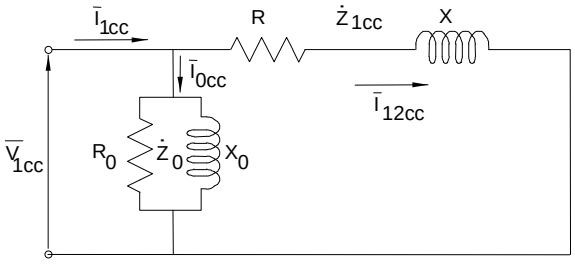
$$\Omega=\frac{2\pi n}{60}=74.22\ \text{s}^{-1}$$

Impedenza a vuoto $\mathbf{Z}_0$

$$\cos\varphi_0=\frac{P_0}{\sqrt{3}V_1I_0}=0.080 \qquad Z_0=\frac{V_1}{\sqrt{3}I_0}=19.94\ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_0=Z_0\angle\varphi_0=19.94\angle 85.43^\circ=1.59+j19.88\ \Omega \qquad R_0=\frac{Z_0}{\cos\varphi_0}=250\ \Omega \qquad X_0=\frac{Z_0}{\sin\varphi_0}=20\ \Omega$$

Impedenza di corto circuito $\mathbf{Z}_{1cc}$



$$\dot{\mathbf{Z}}'_{1cc}=\dot{\mathbf{Z}}_0\ //\ \dot{\mathbf{Z}}_{1cc}$$

$$\cos\varphi_{1cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3}V_{1cc}I_{1cc}} = 0.204 \qquad Z'_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}I_{1cc}} = 1.16\ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}'_{1cc} = Z'_{1cc}\angle\varphi_{1cc} = 1.16\angle 78.22° = 0.24 + j1.13\ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = R + jX = \frac{\dot{\mathbf{Z}}_0 \cdot \dot{\mathbf{Z}}'_{1cc}}{\dot{\mathbf{Z}}_0 - \dot{\mathbf{Z}}'_{1cc}} = 0.26 + j1.20\ \Omega$$

In alternativa

$$\dot{\mathbf{I}}_{1cc} = I_{1cc}\angle -\varphi_{1cc} = 101.08\angle -78.22° = 20.64 - j98.95\ \text{A} \qquad \dot{\mathbf{I}}_{0cc} = \frac{\dot{\mathbf{V}}_{1cc}}{\sqrt{3}\cdot\dot{\mathbf{Z}}_0} = 0.47 - j5.85\ \text{A}$$

$$\dot{\mathbf{I}}_{12cc} = \dot{\mathbf{I}}_{1cc} - \dot{\mathbf{I}}_{0cc} = 20.17 - j93.10\ \text{A} \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = \frac{\dot{\mathbf{V}}_{1cc}}{\sqrt{3}\cdot\dot{\mathbf{I}}_{12cc}} = 0.26 + j1.20\ \Omega$$

Potenza meccanica P_m e coppia C_n a velocità n

$$R_{12} = R - R_1 = 0.13\ \Omega \qquad Z_f = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right)^2 + X^2} = 2.77\ \Omega \qquad I_{12} = \frac{V_1}{\sqrt{3}Z_f} = 93.88\ \text{A}$$

$$P_m = 3R_{12}\frac{1-s}{s}I_{12}^2 == 59059\ \text{W} \qquad C_n = \frac{P_m}{\Omega} = 796\ \text{Nm}$$

Velocità nominale n_n

$$\Omega_n = \frac{P_n}{C_n} = 75.40\ \text{s}^{-1} \qquad n_n = \frac{60\cdot\Omega_n}{2\pi} = 720\ \text{giri/min} \qquad s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 0.040$$

Tensione nominale V_{1n}

$$Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 3.59\ \Omega \qquad I_{12n} = \sqrt{\frac{C_n s_n \Omega_0}{3\cdot R_{12}}} = 80\ \text{A} \qquad V_{1n} = \sqrt{3}Z_{fn}I_{12n} = 498\ \text{V} \approx 500\ \text{V}$$

Direttamente

$$V_{1n} = Z_{fn}\sqrt{\frac{C_n s_n \Omega_0}{R_{12}}} = 498\ \text{V} \approx 500\ \text{V}$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**10 febbraio 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 50 kVA
tensione primaria nominale	V_{1n}	= 6 kV
tensione secondaria nominale	V_{2n}	= 220 V
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 5.20 %
fattore di potenza di corto circuito	$\cos\varphi_{cc}$	= 0.408
corrente a vuoto	$i_{0\%}$	= 4.20 %
fattore di potenza a vuoto	$\cos\varphi_0$	= 0.183

1) Determinare i parametri del circuito equivalente semplificato.

Il trasformatore è alimentato a tensione $V_1=V_{1n}$. Al momento dell'inserzione dell'impedenza di carico (fattore di potenza $\cos\varphi_e$=0.8 in ritardo) è stata riscontrata una riduzione della tensione secondaria del 3.4 % rispetto al funzionamento a vuoto.

2) Determinare la potenza attiva erogata.

Successivamente il trasformatore, caricato sulla medesima impedenza, viene alimentato alla tensione V'_1= 5.5 kV.

3) Determinare la corrente assorbita al primario e il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ha i seguenti dati di targa:

potenza nominale	P_n = 48 kW
numero di poli	$2p$ = 6
frequenza nominale	f = 50 Hz
collegamento fasi statore	stella

Le prove eseguite sulla macchina hanno permesso di rilevare i seguenti dati:

resistenza tra due morsetti di statore	R_{ab} = 0.240 Ω
resistenza di corto circuito	R = 0.237 Ω
reattanza di corto circuito	X = 1.186 Ω

In condizioni nominali il motore assorbe una corrente pari a 91.28 A con fattore di potenza 0.850; alimentato alla tensione nominale ma in assenza di carico, il motore assorbe invece una corrente pari a 10.53 A con fattore di potenza 0.079.
Determinare:

- velocità e rendimento in condizioni nominali;
- i rapporti C_{avv}/C_n e C_{max}/C_n alla tensione nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 93.68 kΩ	X_0 = 17.44 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 15.28 Ω	X' = 34.18 Ω
Potenza attiva erogata	P = 28900 W	
Corrente assorbita	I_1= 3.44 A	φ_1 = – 40.00°
Rendimento	η = 0.967	

ESERCIZIO N.2

Velocità, tensione, rendimento nominali	n_n = 949 giri/min	V_{1n} = 400 V	η_n = 0.893
Rapporti	C_{avv}/C_n = 0.25	C_{max}/C_n = 1.21	

ESERCIZIO N.1

$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_{1n}} = 4.81 \text{ A}$ $I_{2n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_{2n}} = 131.22 \text{ A}$ $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 27.27$

Impedenza a vuoto $\mathbf{Z}_0$

$I_0 = \frac{i_{0\%} \cdot I_{1n}}{100} = 0.20 \text{ A}$ $Z_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}I_0} = 17.14 \text{ k}\Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_0 = Z_0 \angle \varphi_0 = 17.14 \angle 79.46° = 3.14 + j16.85 \text{ k}\Omega$

$R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 93.68 \text{ k}\Omega$ $X_0 = \frac{Z_0}{\sin\varphi_0} = 17.44 \text{ k}\Omega$

Impedenza di corto circuito $\mathbf{Z}_{1cc}$

$V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 312 \text{ V}$ $Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}I_{1n}} = 37.44 \ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc} \angle \varphi_{cc} = 37.44 \angle 65.92° = R' + jX' = 15.28 + j34.18 \ \Omega$

Potenza attiva erogata

$\Delta V_{12} = \frac{\Delta v_{\%} \cdot V_{1n}}{100} = 204 \text{ V}$ $I_{12} \approx \frac{\Delta V_{12}}{\sqrt{3}(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e)} = 3.60 \text{ A}$

$V_{12} = V_{1n} - \Delta V_{12} = 5796 \text{ V}$ $P = \sqrt{3}V_{12}I_{12}\cos\varphi_e = 28900 \text{ W}$

Impedenza di carico

$Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}I_{12}} = 930 \ \Omega$ $\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle \varphi_e = 930 \angle 36.87° = R_{1e} + jX_{1e} = 744 + j558 \ \Omega$

Corrente assorbita con V'_1=5.5 kV

$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} + \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = 759 + j592 \ \Omega$ $\bar{\mathbf{I}}'_{12} = \frac{\bar{\mathbf{V}}'_1}{\sqrt{3}\left(\dot{\mathbf{Z}}_{1e} + \dot{\mathbf{Z}}_{1cc}\right)} = 2.60 - j2.03 = I'_{12} \angle -\varphi_{12} = 3.30 \angle -37.95° \text{A}$

$\bar{\mathbf{I}}'_0 = \frac{\bar{\mathbf{V}}'_1}{\sqrt{3}\dot{\mathbf{Z}}_0} = 0.03 - j0.18 \text{ A}$ $\bar{\mathbf{I}}'_1 = \bar{\mathbf{I}}'_0 + \bar{\mathbf{I}}'_{12} = 2.63 - j2.21 = I'_1 \angle -\varphi_1 = 3.44 \angle -40.00° \text{A}$

Rendimento

$V'_{12} = \sqrt{3}Z_{1e}I'_{12} = 5312 \text{ V}$ $P' = \sqrt{3}V'_{12}I'_{12}\cos\varphi_e = 24276 \text{ W}$

$P'_e = \sqrt{3}V'_1 I'_1 \cos\varphi_1 = 25097 \text{ W}$ $\eta = \frac{P'}{P'_e} = 0.967$

ESERCIZIO N.2

$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = 1000 \text{ giri/min}$ $\Omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = 104.72 \text{ s}^{-1}$

Correnti $\mathbf{I}_{0n}$ $\mathbf{I}_{1n}$ $\mathbf{I}_{12n}$

$\bar{\mathbf{I}}_{0n} = I_{0n} \angle -\varphi_0 = 10.53 \angle -85.47° = 0.83 - j10.50 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n} \angle -\varphi_1 = 91.28 \angle -31.79° = 77.59 - j48.08 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_{0n} = 76.76 - j37.59 = I_{12n} \angle -\varphi_{12} = 85.47 \angle -26.09° \text{A}$

Velocità n_n

$R_1 = \frac{R_{ab}}{2} = 0.120 \ \Omega$ $R_{12} = R - R_1 = 0.117 \ \Omega$ $P_{ep2n} = 3R_{12}I_{12n}^2 = 2564 \text{ W}$

$P_{tn} = P_n + P_{ep2n} = 50564 \text{ W}$ $s_{n\%} = \frac{P_{ep2n}}{P_{tn}} 100 = 5.07\%$ $n_n = n_0(1 - s_n) = 949 \text{ giri/min}$

$$\Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 99.41\ \mathrm{s}^{-1}$$

Tensione V_{1n}

$$Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 2.702\ \Omega \qquad V_{1n} = \sqrt{3} Z_{fn} I_{12n} = 400\ \mathrm{V}$$

Rendimento η_n

$$P_{en} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1n} \cos\varphi_1 = 53746\ \mathrm{W} \qquad \eta_n = \frac{P_n}{P_{en}} = 0.893$$

Coppie

$$C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 483\ \mathrm{Nm} \qquad C_a = \frac{R_{12}}{\Omega_0} \frac{V_{1n}^2}{R^2 + X^2} = 122\ \mathrm{Nm} \qquad \frac{C_a}{C_n} = 0.25$$

$$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 1.192\ \Omega \qquad C_M = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0 (R_1 + Z)} = 582\ \mathrm{Nm} \qquad \frac{C_M}{C_n} = 1.21$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI	**16 giugno 2010**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore trifase sono noti i seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 200 kVA
tensione primaria nominale	V_{1n}	= 15 kV
tensione secondaria nominale	V_{2n}	= 400 V
corrente a vuoto a tensione nominale	$i_{0\%}$	= 2.50 %
fattore di potenza a vuoto	$\cos\varphi_0$	= 0.230
resistenza bobina primaria	R_{1b}	= 25.50 Ω
resistenza bobina secondaria	R_{2b}	= 6.60 mΩ
collegamento	triangolo/stella	

Il trasformatore lavora nelle seguenti condizioni:

- tensione di alimentazione V_1;
- carico equilibrato costituita da una stella di impedenze di valore $R_e + j\,X_e = 0.607 + j\,0.494$ Ω;
- corrente erogata pari alla nominale;
- tensione V_{12} ai capi del carico inferiore di 549 V rispetto alla tensione di alimentazione V_1.

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato supposto collegato a stella:

1) i parametri R_0, X_0, R', X';
2) la tensione di corto circuito V_{1cc};
3) la tensione di alimentazione V_1;
4) il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ($2p = 8$, $f = 50$ Hz) è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n = 44.5 kW
tensione nominale	V_{1n} = 440 V
velocità nominale	n_n = 727.5 giri/min
velocità alla coppia massima	n_M = 675 giri/min
rapporto coppia massima/coppia nominale	C_M/C_n = 1.736

Sapendo che le perdite nel rame sono ugualmente ripartite tra statore e rotore e che le perdite a vuoto in condizioni nominali sono pari al 4.35% della potenza nominale, determinare:

- i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
- il rendimento nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 195.65 kΩ	X_0 = 46.24 kΩ
Impedenza di corto circuito	R' = 17.78 Ω	X' = 43.38 Ω
Tensione di corto circuito	V_{1cc} = 625 V	V_1 = 15223 V
Rendimento	η = 0.972	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza di corto circuito	$R_1 = R_{12}$ = 0.110 Ω	X = 1. 099 Ω
Rendimento nominale	η_n = 0.905	

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_{1n}} = 7.70 \text{ A} \qquad K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 37.5$$

Resistenza e reattanza a vuoto

$$I_0 = \frac{i_{0\%} \cdot I_{1n}}{100} = 0.192 \text{ A} \qquad Z_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}I_0} = 45.00 \text{ k}\Omega$$

$$R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 195.65 \text{ k}\Omega \qquad X_0 = \frac{Z_0}{\sin\varphi_0} = 46.24 \text{ k}\Omega$$

Resistenza di corto circuito

$$R_1 = \frac{R_{1b}}{3} = 8.50 \ \Omega \qquad R_2 = R_{2b} = 6.60 \text{ m}\Omega \qquad R' = R_1 + K^2 R_2 = = 17.78 \ \Omega$$

Reattanza di corto circuito

$$\varphi_e = \tan^{-1}\frac{X_e}{R_e} = \tan^{-1}\frac{0.494}{0.607} = 39.14° \qquad I_{12} = I_{1n} = 7.70 \text{ A}$$

$$\Delta V_{12} = \sqrt{3}\, I_{12}\left(R'\cos\varphi_e + X'\text{sen}\varphi_e\right) \quad \rightarrow \quad X' = \frac{\frac{\Delta V_{12}}{\sqrt{3}\, I_{12}} - R'\cos\varphi_e}{\text{sen}\varphi_e} = 43.38 \ \Omega$$

Tensione di corto circuito

$$Z_{1cc} = \sqrt{R'^2 + X'^2} = 46.88 \ \Omega \qquad V_{1cc} = \sqrt{3}\, Z_{1cc} I_{1n} = 625 \text{ V}$$

Tensione di alimentazione

$$Z_{1e} = K^2\sqrt{R_e^2 + X_e^2} = 1.10 \text{ k}\Omega \qquad V_{12} = \sqrt{3}\, Z_{1e} I_{12} = 14674 \text{ V}$$

$$V_1 = V_{12} + \Delta V_{12} = 15223 \text{ V}$$

Rendimento

$$P = \sqrt{3}V_{12}I_{12}\cos\varphi_e = 151750 \text{ W} \qquad P_0 = \frac{i_{0\%} \cdot \cos\varphi_0 \cdot P_n}{100} = 1150 \text{ W}$$

$$P_{Fe} = \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 P_0 = 1184 \text{ W} \qquad P_{Cu} = P_{cc} = 3\, R' I_{12}^2 = 3161 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P}{P + P_{Fe} + P_{Cu}} = 0.972$$

ESERCIZIO N.2

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = 750 \text{ giri/min} \qquad \Omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = 78.54 \text{ s}^{-1}$$

$$\Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 76.18 \text{ s}^{-1} \qquad s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 0.03 \qquad s_M = \frac{n_0 - n_M}{n_0} = 0.10$$

$$C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 584 \text{ Nm} \qquad C_M = 1.736 \cdot C_n = 1014 \text{ Nm}$$

Parametri circuito

$$C_M = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0\left(R_1 + Z\right)} \quad \rightarrow \quad R_1 + Z = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0 C_M} = 1.215$$

$$s_M = \frac{R_{12}}{Z},\ R_1 = R_{12} \quad \rightarrow \quad R_1 = s_M Z \quad \rightarrow \quad s_M Z + Z = 1.215 \quad \rightarrow \quad Z = \frac{1.215}{1+s_M} = 1.105\ \Omega$$

$$R_1 = R_{12} = s_M Z = 0.110\ \Omega \qquad X = \sqrt{Z^2 - R_1^2} = 1.099\ \Omega$$

Rendimento η_n

$$Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 3.950\ \Omega \qquad I_{12n} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\, Z_{fn}} = 64.32\ \text{A}$$

$$P_{ep1n} = 3R_1 I_{12n}^2 = 1371\ \text{W} \qquad P_{ep2n} = 3R_{12} I_{12n}^2 = 1371\ \text{W} \qquad P_{0n} = 0.0435 \cdot P_n = 1936\ \text{W}$$

$$P_{pn} = P_{ep1n} + P_{ep2n} + P_{0n} = 4678\ \text{W} \qquad \eta_n = \frac{P_n}{P_{pn} + P_n} = 0.905$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**14 luglio 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase presenta i seguenti dati nominali:

potenza	P_n = 1500 kVA	
tensioni primaria e secondaria	V_{1n} = 4.5 kV	V_{2n} = 16 kV
tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 1.54 %	$p_{cc\%}$ = 0.48 %
corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$ = 5.37 %	$p_{0\%}$ = 0.80 %

Le condizioni di funzionamento sono caratterizzate in uscita dai seguenti valori:

- tensione $V_2 = V_{2n}$
- corrente I_2 = 74.59 A
- potenza attiva P = 968 kW

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato, la tensione di alimentazione e il rendimento.
Successivamente la macchina, caricata sulla medesima impedenza, viene alimentata alla tensione nominale V_{1n}. Determinare, in corrispondenza, la tensione sul carico e la corrente assorbita dal trasformatore.

ESERCIZIO N.2

L'analisi del diagramma circolare di un motore asincrono trifase (V_{1n} = 380 V, s_n = 5.33 %) ha permesso di ricavare i seguenti dati:

Scorrimento	*Corrente assorbita dal motore e relativo fattore di potenza*	
0	8.50 A	0.147
1	84.40 A	0.457
∞	91.92 A	0.287

Determinare la potenza nominale del motore.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Impedenza di corto circuito	R' = 64.8 mΩ	X' = 197.5 mΩ
Tensione di alimentazione	V_1= 4545 V	
Rendimento	η = 0.983	
Tensione sul carico	V_2 = 15843 V	
Corrente assorbita	I_1 = 275.5 A	

ESERCIZIO N.2

Impedenza di corto circuito	R_1 = 0.79 Ω	R_{12} = 0.61 Ω	X = 2.50 Ω
Potenza nominale	P_n = 10 kW		

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 333.33 \text{ A} \qquad K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 0.28$$

Impedenza di corto circuito

$$V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 69.3 \text{ V} \qquad \cos\varphi_{cc} = \frac{p_{cc\%}}{v_{cc\%}} = 0.312 \qquad Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{I_{1n}} = 0.208 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc}\angle\varphi_{cc} = 0.208\angle 71.84° = R' + jX' = 0.065 + j0.198 \ \Omega$$

Impedenza di carico e totale

$$I_{12} = \frac{I_2}{K} = 265.21 \text{ A} \qquad V_{12} = V_{1n} = 4500 \text{ V} \qquad \cos\varphi_e = \frac{P}{V_{12} \cdot I_{12}} = 0.811$$

$$Z_{1e} = \frac{V_{12}}{I_{12}} = 16.97 \ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e}\angle\varphi_e = 16.97\angle 35.80° = 13.76 + j9.92 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1tot} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 13.83 + j10.12 = Z_{1tot}\angle\varphi_{12} = 17.14\angle 36.21° \ \Omega$$

Tensione di alimentazione

$$V_1 = Z_{1tot} I_{12} = 4545 \text{ V}$$

In alternativa

$$\Delta V_{12} \cong I_{12}\left(R'\cos\varphi_e + X'\text{sen}\varphi_e\right) = 45 \text{ V} \qquad V_1 = V_{12} + \Delta V_{12} = 4545 \text{ V}$$

Rendimento

$$P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 12000 \text{ W} \qquad P_{Fe} = \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 P_0 = 12239 \text{ W} \qquad P_{Cu} = R' I_{12}^2 = 4558 \text{ W}$$

$$P_p = P_{Fe} + P_{Cu} = 16797 \text{ W} \qquad \eta = \frac{P}{P + P_p} = 0.930$$

Tensione sul carico

$$I_{12B} = \frac{V_{1n}}{Z_{1tot}} = 262.60 \text{ A} \qquad V_{12B} = Z_{1e} I_{12B} = 4456 \text{ V} \qquad V_{2B} = \frac{V_{12B}}{K} = 15843 \text{ V}$$

Corrente assorbita

$$\bar{\mathbf{I}}_{12B} = I_{12B}\angle -\varphi_{12} = 262.60\angle -36.21° = 211.89 - j155.11 \text{ A}$$

$$I_0 = \frac{i_{0\%} \cdot I_{1n}}{100} = 17.90 \text{ A} \qquad \cos\varphi_0 = \frac{p_{0\%}}{i_{0\%}} = 0.149$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0\angle -\varphi_0 = 17.90\angle -81.43° = 2.67 - j17.70 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{1B} = \bar{\mathbf{I}}_{12B} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 214.56 - j172.81 = 275.50\angle -38.85° \text{ A}$$

ESERCIZIO N.2

Al sincronismo (s = 0)

$$P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 822 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0\angle -\varphi_0 = 8.50\angle -81.55° = 1.25 - j8.41 \text{ A}$$

A rotore bloccato (s = 1)

$$P_{cc} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1cc} \cos\varphi_{1cc} = 25387 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1cc} = I_{1cc}\angle -\varphi_{1cc} = 84.40\angle -62.81° = 38.57 - j75.07 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12cc} = \bar{\mathbf{I}}_{1cc} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 37.32 - j66.66 = I_{12cc}\angle -\varphi_{12cc} = 76.40\angle -60.76° \text{ A}$$

$$P_{cc}' = P_{cc} - P_0 = 24564 \text{ W} \qquad P_{cc}' = 3R' I_{12cc}^2 \quad \rightarrow \quad R' = \frac{P_{cc}'}{3I_{12cc}^2} = 1.40 \ \Omega$$

A scorrimento ∞

$$P_\infty = \sqrt{3} V_{1n} I_{1\infty} \cos\varphi_{1\infty} = 17363 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} = I_{1\infty}\angle -\varphi_{1\infty} = 91.92\angle -73.32° = 26.38 - j88.05 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12\infty} = \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 25.13 - j79.65 = I_{12\infty}\angle -\varphi_{12\infty} = 83.52\angle -72.49^\circ \text{ A}$$

$$P'_\infty = P_\infty - P_0 = 16541 \text{ W} \qquad P'_\infty = 3R_1 I^2_{12\infty} \quad \rightarrow \quad R_1 = \frac{P'_\infty}{3I^2_{12\infty}} = 079\ \Omega$$

$$Z_{f\infty} = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12\infty}} = 2.63\ \Omega \qquad X = \sqrt{Z^2_{f\infty} - R_1^2} = 2.50\ \Omega$$

Potenza nominale

$$R_{12} = R' - R_1 = 0.61\ \Omega \qquad Z_{fn} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2 + X^2} = 12.53\ \Omega \qquad I_{12n} = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{Z_{fn}} = 17.52 \text{ A}$$

$$P_n = 3R_{12}\frac{1-s_n}{s_n} I^2_{12n} = 10 \text{ kW}$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**26 agosto 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

I parametri dei circuito equivalente semplificato riferito al secondario di un trasformatore trifase (P_n = 400 kVA, V_{2n} = 400 V) sono i seguenti:

resistenza e reattanza a vuoto	R_{20} = 59.26 Ω	X_{20} = 17.37 Ω
resistenza e reattanza di corto circuito	R'' = 5.70 mΩ	X'' = 15.72 mΩ

Determinare:

1) la corrente e le perdite a vuoto percentuali;
2) la tensione e le perdite di corto circuito percentuali.

La macchina è connessa a un carico che assorbe 209.3 kW a 400 V con fattore di potenza 0.8 in ritardo.
Determinare:

3) la tensione e la corrente primarie riferite al secondario;
4) il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase a rotore avvolto ha i seguenti dati nominali:

tensione	V_{1n} = 380 V
frequenza	f = 50 Hz
numero di poli	$2p$ = 4
perdite a vuoto	P_0 = 1599 W

Dalla prova a rotore bloccato a tensione ridotta sono stati ricavati i seguenti valori:

perdite nel rame di statore e rotore	P_{cc} = 2010 W
corrente di rotore	I_{12cc} = 49.00 A

Il motore, alimentato alla tensione nominale, ruota a 1455 giri/min con perdite nel rame di statore e rotore pari rispettivamente a 870 W e 863 W.
Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare la coppia, il rendimento e i parametri R_1, R_{12}, X.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$ = 2.40 %	$p_{0\%}$ = 0.675 %
Tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 4.18 %	$p_{cc\%}$ = 1.425 %
Tensione e corrente primarie	V_{21} = 409 V	I_{21} = 389 A
Rendimento	η = 0.975	

ESERCIZIO N.2

Coppia	C = 183 Nm		
Rendimento	η = 0.893		
Resistenze e reattanza	R_1 = 140 mΩ	R_{12} = 139 mΩ	X = 691 mΩ

ESERCIZIO N.1

$$I_{2n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_{2n}} = 577.35 \text{ A}$$

Corrente e perdite a vuoto $i_{0\%}$, $p_{0\%}$

$$I_{2a} = \frac{V_{2n}}{\sqrt{3}R_{20}} = 3.90 \text{ A} \qquad I_{2\mu} = \frac{V_{2n}}{\sqrt{3}X_{20}} = 13.30 \text{ A} \qquad I_{20} = \sqrt{I_{2a}^2 + I_{2\mu}^2} = 13.86 \text{ A}$$

$$i_{0\%} = \frac{I_{20}}{I_{2n}}100 = 2.40 \text{ \%} \qquad \cos\varphi_0 = \frac{I_{2a}}{I_{20}} = 0.281 \qquad p_{0\%} = i_{0\%}\cos\varphi_0 = 0.675 \text{ \%}$$

$$Z_{20} = R_{20}\cos\varphi_0 = 16.669 \ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{20} = Z_{20}\angle\varphi_0 = 16.669 \ \angle 73.66° = 4.689 + j15.996 \ \Omega$$

Tensione e perdite di corto circuito $v_{cc\%}$, $p_{cc\%}$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{2cc} = R'' + jX'' = 5.70 + j15.72 = Z_{2cc}\angle\varphi_{cc} = 16.72 \ \angle 70.07° \text{ m}\Omega$$

$$V_{2cc} = \sqrt{3}Z_{2cc}I_{2n} = 16.72 \text{ V} \qquad v_{cc\%} == \frac{V_{2cc}}{V_{2n}}100 = 4.18 \text{ \%}$$

$$\cos\varphi_{cc} = \frac{R''}{Z_{2cc}} = 0.341 \qquad p_{cc\%} = v_{cc\%}\cos\varphi_{cc} = 1.425 \text{ \%}$$

Tensione primaria V_{21}

$$V_2 = V_{2n} = 400 \text{ V} \qquad I_2 = \frac{P}{\sqrt{3}\ V_2\cos\varphi_e} = 377.62 \text{ A} \qquad Z_e = \frac{V_2}{\sqrt{3}I_2} = 0.612 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_e = Z_e\angle\varphi_e = 0.612\angle 36.87° = 0.489 + j0.367 \ \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{2tot} = \dot{\mathbf{Z}}_{2cc} + \dot{\mathbf{Z}}_e = 0.495 + j0.383 = Z_{2tot}\angle\varphi_2 = 0.626\angle 37.71° \ \Omega$$

$$V_{21} = \sqrt{3}Z_{2tot}I_2 = 409 \text{ V}$$

In alternativa

$$\Delta V_{21} = \sqrt{3}\,I_2\left(R''\cos\varphi_e + X''\text{sen}\varphi_e\right) = 9.15 \text{ V} \qquad V_{21} = V_2 + \Delta V_{21} = 409 \text{ V}$$

Corrente primaria I_{21}

$$\bar{\mathbf{I}}_2 = I_2\angle -\varphi_2 = 377.62\angle -37.71° = 298.75 - j230.97 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{20} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{21}}{\sqrt{3}\dot{\mathbf{Z}}_{20}} = 3.99 - j13.60 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{21} = \bar{\mathbf{I}}_2 + \bar{\mathbf{I}}_{20} = 302.74 - j244.57 = I_{21}\angle -\varphi_1 = 389.19\angle -38.93° \text{ A}$$

Rendimento η

$$P_e = \sqrt{3}\ V_{21}\,I_{21}\cos\varphi_1 = 214.6 \text{ kW} \qquad \eta = \frac{P}{P_e} = 0.975$$

ESERCIZIO N.2

$$n_0 = \frac{60\,f}{p} = 1500 \text{ giri/min} \qquad \Omega_0 = \frac{2\pi\,n_0}{60} = 157.08 \text{ s}^{-1}$$

$$\Omega = \frac{2\pi\,n}{60} = 152.37 \text{ s}^{-1} \qquad s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 0.03$$

Coppia e rendimento

$$C = 3\frac{R_{12}}{s\Omega_0}I_{12}^2, \quad P_{ep2} = 3R_{12}I_{12}^2 \qquad \Rightarrow \qquad C = \frac{P_{ep2}}{s\Omega_0} = 183 \text{ Nm}$$

$$P_m = C\cdot\Omega = 27904 \text{ W} \qquad P_p = P_0 + P_{ep1} + P_{ep2} = 3332 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_m}{P_m + P_p} = 0.893$$

Parametri circuito equivalente

$$\frac{P_{ep1}}{P_{ep2}} = \frac{3R_1 I_{12}^2}{3R_{12} I_{12}^2} = \frac{R_1}{R_{12}} = 1.008 \qquad \Rightarrow \qquad R_1 = 1.008 \cdot R_{12}$$

$$P_{cc} = 3\left(R_1 + R_{12}\right) I_{12cc}^2 \qquad \Rightarrow \qquad R_1 + R_{12} = \frac{P_{cc}}{3I_{12cc}^2} = 0.279$$

$$R_1 = 0.140\,\Omega \qquad R_{12} = 0.139\ \Omega$$

$$I_{12} = \sqrt{\frac{P_{ep2}}{3R_{12}}} = 45.50\ \text{A} \qquad Z_f = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12}} = 4.822\ \Omega \qquad X = \sqrt{Z_f^2 - \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right)^2} = 0.691\ \Omega$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**15 settembre 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

La prova a vuoto eseguita al secondario di un trasformatore monofase (P_n= 15 kVA, K = 10) ha fornito i seguenti risultati:

tensione di prova	$V_2 = V_{2n} = 230$ V
corrente assorbita	$I_{20} = 2.10$ A
potenza assorbita	$P_0 = 50$ W

La macchina viene fatta funzionare nelle seguenti condizioni:

tensione di alimentazione	nominale
corrente erogata	69.9 % della nominale
fattore di potenza del carico	0.568 in ritardo

In tali condizioni la caduta di tensione sull'impedenza di corto circuito e la variazione di tensione da vuoto a carico coincidono e sono pari all' 1.55 % della tensione nominale.
Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare:

- i parametri R_0, X_0, R', X';
- il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase è caratterizzato dai seguenti dati nominali:

potenza	$P_n = 100$ kW
tensione	$V_{1n} = 380$ V
fattore di potenza	$\cos\varphi_{1n} = 0.974$
potenza elettrica	$P_{en} = 106.60$ kW
potenza trasmessa al rotore	$P_{tn} = 102.45$ kW

Sapendo che il valore massimo della coppia che la macchina è in grado di produrre a tensione nominale è pari a 1947 Nm, determinare:

- i parametri del circuito equivalente (R_1, R_{12}, X);
- la velocità e la coppia nominali;
- la tensione di alimentazione necessaria per eseguire la prova a rotore bloccato a corrente nominale.

PS. Si trascuri la corrente a vuoto.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 105.80 kΩ	X_0 = 11.01 kΩ	
Impedenza di corto circuito	R' = 4.44 Ω	X' = 6.44 Ω	
Rendimento	η = 97.64 %		

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1= 50 mΩ	R_{12} = 30 mΩ	X = 299 mΩ
Velocità nominale	n_n = 979 giri/min	C_n = 975 Nm	
Tensione alimentazione a rotore bloccato	V_{1cc} = 89 V		

ESERCIZIO N.1

$V_{1n} = K \cdot V_{2n} = 2300 \text{ V}$ $\quad I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 6.52 \text{ A}$

Parametri R_0, X_0

$Z_0 = K^2 \frac{V_{2n}}{I_{20}} = 10.95 \text{ k}\Omega$ $\quad \cos\varphi_0 = \frac{P_0}{V_{2n} I_{20}} = 0.104$

$R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 105.80 \text{ k}\Omega$ $\quad X_0 = \frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0} = 11.01 \text{ k}\Omega$

Potenza attiva erogata

$\Delta V_{12} = \Delta v_{12\%} \frac{V_{1n}}{100} = 35.65 \text{ V}$ $\quad V_1 = V_{1n} = 2300 \text{ V}$ $\quad V_{12} = V_1 - \Delta V_{12} = 2264 \text{ V}$

$I_{12} = \alpha I_{1n} = 4.56 \text{ A}$ $\quad P = V_{12} I_{12} \cos\varphi_e = 5862 \text{ W}$

Parametri R', X'

Poiché $\left|\Delta\overline{\mathbf{V}}_{Z1cc}\right| = \Delta V_{12}$, i vettori $\overline{\mathbf{V}}_1$, $\overline{\mathbf{V}}_{12}$, $\Delta\overline{\mathbf{V}}_{Z1cc}$ sono in fase e il fattore di potenza di corto circuito è uguale al fattore di potenza del carico.

$\Delta V_{Z1cc} = \Delta v_{Z1cc\%} \frac{V_{1n}}{100} = 35.65 \text{ V}$ $\quad Z_{1cc} = \frac{\Delta V_{Z1cc}}{I_{12}} = 7.82 \ \Omega$

$\cos\varphi_{cc} = \cos\varphi_e = 0.568$ $\quad R' = Z_{1cc} \cos\varphi_{cc} = 4.44 \ \Omega$ $\quad X' = Z_{1cc} \text{sen}\varphi_{cc} = 6.44 \ \Omega$

Rendimento η

$P_p = P_0 + R' I_{12}^2 = 142 \text{ W}$ $\quad \eta_{\%} = \frac{P}{P + P_p} 100 = 97.64\%$

ESERCIZIO N.2

$I_{1n} = I_{12n} = \frac{P_{en}}{\sqrt{3} V_{1n} \cos\varphi_{1n}} = 166.29 \text{ A}$

$P_{ep1} = P_{en} - P_{tn} = 4150 \text{ W}$ $\quad R_1 = \frac{P_{ep1}}{3 I_{12n}^2} = 50 \text{ m}\Omega$

$P_{ep2} = P_{tn} - P_n = 2450 \text{ W}$ $\quad R_{12} = \frac{P_{ep2}}{3 I_{12n}^2} = 30 \text{ m}\Omega$

$s_{n\%} = \frac{P_{ep2}}{P_t} 100 = 2.39\%$ $\quad Z_{fn} = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12n}} = 1.32 \ \Omega$ $\quad X = \sqrt{Z_{fn}^2 - \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2} = 299 \text{ m}\Omega$

$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 303 \text{ m}\Omega$ $\quad \Omega_0 = \frac{V_{1n}^2}{2 C_M (Z + R_1)} = 105.02 \text{ s}^{-1}$

$\Omega_n = \Omega_0 (1 - s_n) = 102.51 \text{ s}^{-1}$ $\quad n_n = \frac{60 \Omega_n}{2\pi} = 979 \text{ giri/min}$ $\quad C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 975 \text{ Nm}$

$Z_{1cc} = \sqrt{(R_1 + R_{12})^2 + X^2} = 309 \text{ m}\Omega$ $\quad V_{1cc} = \sqrt{3} Z_{1cc} I_{12n} = 89 \text{ V}$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI 1	**26 novembre 2010**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

Un trasformatore monofase presenta i seguenti dati nominali:

potenza P_n = 50 kVA
tensione primaria V_{1n} = 10 kV
tensione secondaria V_{2n} = 220 V

Nel funzionamento a vuoto a tensione nominale la macchina assorbe una corrente e una potenza pari rispettivamente a I_0= 65 mA e P_0= 175 W.

Nel funzionamento a carico sull'impedenza $\dot{\mathbf{Z}}_{eA}$ = 1.12 + *j* 0.84 Ω, la macchina, alimentata a tensione $V_{1A}=V_{1n}$, assorbe al primario una corrente e una potenza pari rispettivamente a I_{1A} = 3.426 A e P_A = 26.917 kW.

Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare:

- il grado di carico α e la tensione sul carico V_{2A};
- la caduta di tensione $\Delta v_{Zcc\%}$ sull'impedenza di corto circuito;
- il rendimento $\eta_{A\%}$.

Successivamente viene inserita in parallelo a $\dot{\mathbf{Z}}_{eA}$ una ulteriore impedenza di valore $\dot{\mathbf{Z}}_{eB}$ = 2.80 + *j*2.10 Ω.

Determinare, nelle nuove condizioni di funzionamento:

- la tensione V_{1B} a cui dovrebbe essere alimentato il trasformatore per imporre al carico la tensione $V_{2B}=V_{2n}$.
- il rendimento $\eta_{B\%}$.

Valutazione esercizio	_____

RISULTATI

Grado di carico e tensione sul carico	$\alpha = 0.675$	$V_{2A} = 215$ V
Caduta di tensione sull'impedenza di corto circuito	$\Delta v_{Zcc\%} = 2.69$ %	
Rendimento	$\eta_{A\%} = 97.85$ %	

Tensione di alimentazione	$V_{1B} = 10345$ V
Rendimento	$\eta_{B\%} = 97.44$ %

$$K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 45.45 \qquad I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 5.00 \text{ A} \qquad I_{2n} = \frac{P_n}{V_{2n}} = 227.273 \text{ A}$$

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{V_{1n} I_0} = 0.269 \qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 0.065 \angle -74.38° = 0.018 - j0.063 \text{ A}$$

Condizioni di funzionamento A

$$\cos\varphi_1 = \frac{P}{V_{1n} I_1} = 0.786 \qquad \bar{\mathbf{I}}_1 = I_1 \angle -\varphi_1 = 3.426 \angle -38.22° = 2.692 - j2.119 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12} = \bar{\mathbf{I}}_1 - \bar{\mathbf{I}}_0 = 2.674 - j2.057 = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 3.374 \angle -37.57° \text{ A} \qquad \alpha = \frac{I_{12}}{I_{1n}} = 0.675$$

$$I_2 = \alpha I_{2n} = 153.35 \text{ A} \qquad Z_e = \sqrt{R_e^2 + X_e^2} = 1.40 \ \Omega \qquad V_2 = Z_e I_2 = 215 \text{ V}$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1tot} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n}}{\bar{\mathbf{I}}_{12}} = 2349 + j1807 \ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1eA} = K^2 \dot{\mathbf{Z}}_{eA} = 2314 + j1736 = Z_{1eA} \angle \varphi_{eA} = 2893 \angle 36.87° \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = \dot{\mathbf{Z}}_{1tot} - \dot{\mathbf{Z}}_{1eA} = R' + jX' = 35.42 + j71.58 = Z_{1cc} \angle \varphi_{cc} = 79.87 \angle 63.67° \ \Omega$$

$$\Delta V_{Z1cc} = Z_{1cc} I_{12} = 269 \text{ V} \qquad \Delta v_{Zcc\%} = \frac{\Delta V_{Z1cc}}{V_{1n}} 100 = 2.69 \text{ \%}$$

$$P_{Fe} = P_0 = 175 \text{ W} \qquad P_{Cu} = R' I_{12}^2 = 403 \text{ W} \qquad \eta = \frac{P - P_{Fe} - P_{Cu}}{P} = 0.979$$

Condizioni di funzionamento B

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1eB} = K^2 \dot{\mathbf{Z}}_{eB} = 5785 + j4339 = Z_{1eB} \angle \varphi_{eB} = 7231 \angle 36.87° \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = \frac{\dot{\mathbf{Z}}_{1eA} \cdot \dot{\mathbf{Z}}_{eB}}{\dot{\mathbf{Z}}_{1eA} + \dot{\mathbf{Z}}_{1eB}} = 1653 + j1240 = Z_{1e} \angle \varphi_e = 2066 \angle 36.87° \ \Omega$$

$$V_{12} = V_{1n} = 10000 \text{ V} \qquad I_{12} = \frac{V_{12}}{Z_{1e}} = 4.84 \text{ A}$$

$$\Delta V_{12} = I_{12} \left(R' \cos\varphi_e + X' \operatorname{sen}\varphi_e \right) = 345 \text{ V} \qquad V_1 = V_{12} + \Delta V_{12} = 10345 \text{ V}$$

$$v_1 = \frac{V_1}{V_{1n}} = 1.035 \qquad P_{Fe} = v_1^2 P_0 = 187 \text{ W} \qquad P_{Cu} = R' I_{12}^2 = 830 \text{ W}$$

$$P_e = V_{12} I_{12} \cos\varphi_e = 38720 \text{ W} \qquad \eta = \frac{P_e}{P_e + P_{Fe} + P_{Cu}} = 0.974$$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**17 dicembre 2010**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase è caratterizzato dai seguenti dati nominali:

potenza	P_n = 50 kVA	
tensioni primaria e secondaria	V_{1n} = 6.0 kV	V_{2n} = 380 V
tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 4.00 %	$p_{cc\%}$ = 1.68 %
corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$ = 3.10 %	$p_{0\%}$ = 0.68 %

La macchina funziona nelle seguenti condizioni:

tensione di alimentazione	nominale
potenza attiva erogata	25 kW
fattore di potenza del carico	0.6 in ritardo

Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare:

- i parametri del circuito;
- la tensione e la corrente sul carico;
- il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ha i seguenti dati nominali:

numero di poli	$2p = 2$
frequenza	f = 50 Hz
tensione	V_{1n} = 380 V
corrente	I_{1n} = 8.5 A
fattore di potenza	$\cos\varphi_{1n}$ = 0.830
coppia	C_n = 13.17 Nm
velocità	n_n = 2897 giri/min

Nel funzionamento a vuoto a tensione nominale il motore assorbe una corrente e una potenza pari rispettivamente a I_0 = 3.69 A e P_0 = 321 W.
Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare la corrente assorbita e la coppia prodotta nel funzionamento a rotore bloccato a tensione nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 105.88 kΩ	X_0 = 23.81 kΩ
Impedenza di corto circuito	R' = 12.10 Ω	X' = 26.14 Ω
Tensione e corrente sul carico	V_2 = 367 V	I_2 = 113.5 A
Rendimento	η = 96.28 %	

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1= 1.39 Ω	R_{12} = 1.07 Ω	X = 5.36 Ω
Corrente corto circuito	I_{1cc} = 40.71 A		
Coppia avviamento	C_a = 14.10 Nm		

ESERCIZIO N.1

$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 8.33 \text{ A}$ $I_{2n} = \frac{P_n}{V_{2n}} = 131.58 \text{ A}$ $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 15.79$

$\cos\varphi_0 = \frac{p_{0\%}}{i_{0\%}} = 0.219$ $I_0 = i_{0\%}\frac{I_{1n}}{100} = 0.258 \text{ A}$

$Z_0 = \frac{V_{1n}}{I_0} = 23.23 \text{ k}\Omega$ $R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 105.88 \text{ k}\Omega$ $X_0 = \frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0} = 23.81 \text{ k}\Omega$

$\cos\varphi_{cc} = \frac{p_{cc\%}}{v_{cc\%}} = 0.420$ $V_{1cc} = v_{cc\%}\frac{V_{1n}}{100} = 240 \text{ V}$

$Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{I_{1n}} = 28.80 \ \Omega$ $R' = Z_{1cc}\cos\varphi_{cc} = 12.10 \ \Omega$ $X' = Z_{1cc}\text{sen}\varphi_{cc} = 26.14 \ \Omega$

$$\begin{cases} P = V_{12} I_{12} \cos\varphi_e \\ V_1 - V_{12} = I_{12}(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e) \end{cases} \Rightarrow \quad V_{12}^2 - V_{1n}\cdot V_{12} + \left[P\left(R' + X'\tan\varphi_e\right)\right] = 0$$

$V_{12} = 5798 \text{ V}$ $V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 367 \text{ V}$ $I_{12} = \frac{P}{V_{12}\cos\varphi_e} = 7.2 \text{ A}$

$I_2 = K\, I_{12} = 113.5 \text{ A}$ $P_0 = p_{0\%}\frac{P_n}{100} == 340 \text{ W}$ $P_{cc} = p_{cc\%}\frac{P_n}{100} == 840 \text{ W}$

$\alpha = \frac{I_{12}}{I_{1n}} = 0.862$ $\eta_{\%} = \frac{P}{P + P_0 + \alpha^2 P_{cc}} 100 = 96.28\%$

ESERCIZIO N.2

$n_0 = \frac{60\, f}{p} = 3000 \text{ giri/min}$ $\Omega_0 = \frac{2\pi\, n_0}{60} = 314.16 \ s^{-1}$

$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 0.0343$ $\Omega_n = \frac{2\pi\, n_n}{60} = 303.37 \ s^{-1}$

$P_n = C_n\Omega_n = 3995 \text{ W}$ $P_{en} = \sqrt{3}V_{1n}I_{1n}\cos\varphi_{1n} = 4643 \text{ W}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n}(\cos\varphi_{1n} - j\sin\varphi_{1n}) = 7.06 - j4.74 \text{ A}$

$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3}V_{1n}I_0} = 0.132$ $\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0(\cos\varphi_0 - j\sin\varphi_0) = 0.49 - j3.66 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 6.57 - j1.08 = I_{12n}\angle -\varphi_{12n} = 6.66\angle -9.37° \text{ A}$

$R_{12} = \frac{P_n \cdot s_n}{3(1-s_n)I_{12n}^2} = 1.07 \ \Omega$ $P_{ep} = P_{en} - P_n - P_0 = 327 \text{ W}$

$R = \frac{P_{ep}}{3\cdot I_{12n}^2} = 2.46 \ \Omega$ $R_1 = R - R_{12} = 1.39 \ \Omega$ $Z_{fn} = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12n}} = 32.96 \ \Omega$

$X = \sqrt{Z_{fn}^2 - \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right)^2} = 5.36 \ \Omega$ $\bar{\mathbf{Z}}_{1cc} = R + jX = 2.46 + j5.36 \ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_{12cc} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n}/\sqrt{3}}{\bar{\mathbf{Z}}_{1cc}} = 15.50 - j33.79 = I_{12cc}\angle -\varphi_{12cc} = 37.17\angle -65.36° \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1cc} = \bar{\mathbf{I}}_{12cc} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 15.98 - j37.44 = I_{1cc}\angle -\varphi_{1cc} = 40.71\angle -66.88° \text{ A}$

$C_a = 3\frac{R_{12}}{\Omega_0} I_{12cc}^2 = 14.10 \text{ Nm}$