MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**27 gennaio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Un motore asincrono trifase a rotore avvolto (50 Hz, 6 poli) è provvisto di reostato esterno collegato a stella e in serie con gli avvolgimenti di rotore. La macchina è caratterizzata dai seguenti valori nominali:

potenza	P_n	= 60 kW	
tensione	V_{1n}	= 380 V	
corrente	I_{1n}	= 112.03 A	$\cos\varphi_{1n}$ = 0.920
velocità	n_n	= 961.8 giri/min	
corrente a vuoto	I_0	= 26.30 A	$\cos\varphi_0$ = 0.192

Ricavare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
2) il rapporto coppia massima / coppia nominale;
3) la tensione a cui deve essere alimentato il motore per produrre la coppia nominale alla velocità n = 950 giri/min;
4) il valore che deve assumere la resistenza esterna R_{12a}, riferita al primario, per ottenere la coppia massima all'avviamento.

TEORIA

1) Macchina sincrona a rotore liscio: diagramma polare.

2) Motore asincrono trifase: tracciamento del diagramma circolare in sede di collaudo.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO

Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 71 mΩ R_{12} = 80 mΩ X = 400 mΩ
Coppia massima / coppia nominale	C_M/C_n = 2.42
Tensione di alimentazione	V_1 = 339 V
Resistenza secondaria esterna	R_{12a} = 326 mΩ

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

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 3.82 \text{ \%} \qquad \Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 100.72 \text{ s}^{-1} \qquad C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 596 \text{ Nm}$$

$$P_{en} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1n} \cos\varphi_{1n} = 67837 \text{ W} \qquad P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 3324 \text{ W}$$

$$P_{ep} = P_{en} - P_0 - P_n = 4513 \text{ W}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n} \angle -\varphi_{1n} = 112.03 \angle -23.07° = 103.07 - j43.91 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 26.30 \angle -78.93° = 5.05 - j25.81 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 98.02 - j18.10 = I_{12n} \angle -\varphi_{12n} = 99.67 \angle -10.46° \text{ A}$$

$$Z_{1f} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\, I_{12n}} = 2.201 \ \Omega \qquad X = Z_{1f} \sin\varphi_{12n} = 0.400 \ \Omega$$

$$R = \frac{P_{ep}}{3 I_{12n}^2} = 0.151 \ \Omega \qquad P_t = C_n \Omega_0 = 62383 \text{ W}$$

$$R_{12} = \frac{s_n \cdot P_t}{3 I_{12n}^2} = 0.080 \ \Omega \qquad R_1 = R - R_{12} = 0.071 \ \Omega$$

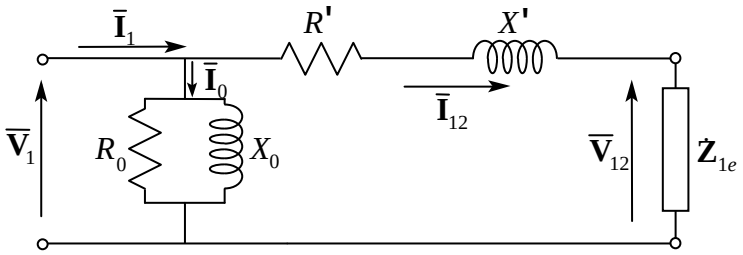
$$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 0.406 \ \Omega \qquad C_M = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0 (R_1 + Z)} = 1444 \text{ Nm} \qquad \frac{C_M}{C_n} = 2.42 \text{ Nm}$$

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 5.00 \text{ \%} \qquad V_1 = \sqrt{C_n \Omega_0 Z \left(\frac{Zs}{R_{12}} + \frac{R_{12}}{Zs} + 2\frac{R_1}{Z} \right)} = 339 \text{ V}$$

$$s_M = \frac{R_{12} + R_{12a}}{Z} = 1 \quad \Rightarrow \quad R_{12a} = Z - R_{12} = 0.326 \ \Omega$$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**31 gennaio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1



Con riferimento al circuito equivalente semplificato di un trasformatore monofase, sono noti i seguenti dati:

$R_0 = 62.500$ kΩ $X_0 = 16.137$ kΩ $R' = 15.113$ Ω $X' = 21.095$ Ω
$|\bar{\mathbf{I}}_0| = 0.192$ A $|\bar{\mathbf{V}}_{12}| = 2907$ V $\cos\varphi_e = 0.931$ in ritardo

Determinare la corrente $\bar{\mathbf{I}}_1$ e il rendimento η.

ESERCIZIO N.2

Il funzionamento alla coppia massima di un motore asincrono trifase ($V_1 = 400$ V, $f = 50$ Hz, $2p = 6$) è caratterizzato dai seguenti dati:

coppia $C_M = 582.25$ Nm
velocità $n_M = 901.9$ giri/min
corrente assorbita $I_{1M} = 130.54$ A

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_1, R_{12}, X ;
2) il rendimento e il fattore di potenza nel funzionamento alla coppia massima;
3) la corrente di corto circuito e la coppia avviamento.

PS. Si trascuri la corrente a vuoto.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Corrente assorbita $\bar{\mathbf{I}}_1 = 3.98 - j1.82 = 4.38 \angle -24.56°$ A

Rendimento $\eta = 0.965$

ESERCIZIO N.2

Resistenze e reattanza di corto circuito	$R_1 = 0.119\ \Omega$	$R_{12} = 0.117\ \Omega$	$X = 1.187\ \Omega$
Rendimento e fattore di potenza	$\eta_M = 0.820$	$\cos\varphi_{1M} = 0.742$	
Corrente di corto e coppia avviamento	$I_{1cc} = 190.86$ A	$C_a = 122$ Nm	

ESERCIZIO N.1

$$\dot{\mathbf{Z}}_0 = \frac{R_0 \cdot jX_0}{R_0 + jX_0} = 3.906 + j15.128 = Z_0 \angle\varphi_0 = 15.625\angle 75.52^\circ \text{ k}\Omega$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 0.192\angle -75.52^\circ = 0.048 - j0.186 \text{ A} \qquad V_1 = Z_0 I_0 = 3000 \text{ V}$$

$$\Delta V_{12} = V_1 - V_{12} = 93 \text{ V} \qquad I_{12} = \frac{\Delta V_{12}}{R'\cos\varphi_e + X'\text{sen}\varphi_e} = 4.27 \text{ A}$$

$$Z_{1e} = \frac{V_{12}}{I_{12}} = 681 \ \Omega \qquad \bar{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle\varphi_e = 681\angle 21.41^\circ = R_{1e} + jX_{1e} = 634 + j249 \ \Omega$$

$$\varphi_{12} = \tan^{-1}\frac{X'+X_{1e}}{R'+R_{1e}} = 22.56^\circ \qquad \bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 4.27\angle -22.56^\circ = 3.94 - j1.64 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_{12} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 3.98 - j1.82 = I_1 \angle -\varphi_1 = 4.38\angle -24.56^\circ \text{ A}$$

$$P = V_{12} I_{12}\cos\varphi_e = 11552 \text{ W} \qquad P_e = V_1 I_1 \cos\varphi_1 = 11967 \text{ W} \qquad \eta = \frac{P}{P_e} = 0.965$$

ESERCIZIO N.2

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p} = 1000 \text{ giri/ min} \qquad \Omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = 104.72 \ s^{-1} \qquad \Omega_M = \frac{2\pi n_M}{60} = 94.45 \ s^{-1}$$

$$s_M = \frac{n_0 - n_M}{n_0} = 0.0981 \qquad I_{12M} = I_{1M} = 130.54 \text{ A} \qquad R_{12} = \frac{C_M s_M \Omega_0}{3I_{12M}^2} = 0.117 \ \Omega$$

$$Z = \frac{R_{12}}{s_M} = 1.193 \ \Omega \qquad R_1 = \frac{V_1^2}{2\Omega_0 C_M} - Z = 0.119 \ \Omega \qquad X = \sqrt{Z^2 - R_1^2} = 1.187 \ \Omega$$

$$R = R_1 + R_{12} = 0.236 \ \Omega \qquad P_{mM} = C_M \Omega_M = 54992 \text{ W} \qquad P_{epM} = 3RI_{12M}^2 = 12083 \text{ W}$$

$$P_{eM} = P_{mM} + P_{epM} = 67075 \text{ W} \qquad \eta_n = \frac{P_{mM}}{P_{eM}} = 0.820 \qquad \cos\varphi_{1M} = \frac{P_{eM}}{\sqrt{3}V_1 I_{1M}} = 0.742$$

$$I_{12cc} = \frac{V_1/\sqrt{3}}{\sqrt{R^2 + X^2}} = 190.86 \text{ A} \qquad C_a = 3\frac{R_{12}}{\Omega_0} I_{12cc}^2 = 122 \text{ Nm}$$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**22 Febbraio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase (P_n= 160 kVA; V_{1n}= 15 kV; V_{2n} = 693 V), alimenta un carico che assorbe una potenza apparente di 120 kVA con una potenza attiva di 42 kW. In tali condizioni la variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v_{\%}$ e la caduta di tensione interna $\Delta v_{Zcc\%}$ coincidono e valgono $\Delta v_{\%}=\Delta v_{Zcc\%}=3.11\%$.

Determinare:
1) i parametri R' e X' del circuito equivalente semplificato riferito al primario;
2) la tensione di corto circuito $\Delta v_{cc\%}$ del trasformatore;
3) la tensione di alimentazione al primario V_1 che permette di mantenere invariata la potenza attiva erogata, dopo aver portato il fattore di potenza del carico equivalente a $\cos\varphi'_e=1$, collegando in parallelo al carico originario una batteria di condensatori di capacità opportuna.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ha le seguenti caratteristiche nominali:

tensione	V_n	=	380 V
frequenza	f	=	50 Hz
n° di poli	$2p$	=	4
corrente a vuoto	I_0	=	4.5 A
velocità	n_n	=	1447.5 giri/min

Tramite una prova a rotore bloccato con tensione di alimentazione ridotta V_{1ccr}=100 V, sono state determinate le seguenti grandezze

corrente assorbita	I_{1ccr}	=	16.495 A
potenza assorbita	P_{1ccr}	=	981 W
perdite joule di statore e rotore	$P_{ep,ccr}$	=	945 W
coppia	$C_{avv,r}$	=	3.37 Nm

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X ;
2) la corrente assorbita ed il rendimento nel funzionamento in condizioni nominali.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 19.78 Ω	X' = 52.93 Ω	
Tensione di cortocircuito	$\Delta v_{cc\%}$ = 4.02%		
Tensione di alimentazione con cosφ'_e=1	V_1 = 14.59 kV		

ESERCIZIO N.2

Resistenze e reattanza a vuoto	R_0 = 277.78 Ω	X_0 = 49.52 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.59 Ω	R_{12} = 0.75 Ω	X = 3.52 Ω
Corrente assorbita e rendimento	I_{1n} = 12.08 A	η = 0.869	

ESERCIZIO N.1

$P_n := 160 \cdot kVA$ $V_{1n} := 15 \cdot kV$ $V_{2n} := 693 \cdot V$

$I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}} = 6.158\ A$ $I_{2n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{2n}} = 133.299\ A$

$\Delta v := 3.11\%$ $S := 75\% \cdot P_n = 120\ kVA$ $P := 35\% \cdot S = 42\ kW$ $\Delta v_{Zcc} = \Delta v$

$\Delta v_Z = \Delta v \Rightarrow (R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e) I_{12} = Z_{1cc} I_{12} \Rightarrow R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e = Z_{1cc}$

$\Downarrow$

$Z_{1cc}\cos\varphi_{1cc}\cos\varphi_e + Z_{1cc}\sin\varphi_{1cc}\sin\varphi_e = Z_{1cc}$

$\Downarrow$

$Z_{1cc}\cos\varphi_{1cc}\cos\varphi_e + Z_{1cc}\sin\varphi_{1cc}\sin\varphi_e = Z_{1cc}$

$\Downarrow$

$\cos\varphi_{1cc}\cos\varphi_e + \sin\varphi_{1cc}\sin\varphi_e = 1 \Rightarrow \cos(\varphi_{1cc} - \varphi_e) = 1 \Rightarrow \varphi_{1cc} = \varphi_e$

$\Downarrow$

$R' = Z_{1cc}\cos\varphi_{1cc}, \quad X' = Z_{1cc}\sin\varphi_{1cc}$

Alternativamente (soluzione più complicata):

$$\begin{cases} R'\cos\varphi_e + X'\cos\varphi_e = Z_{1cc} \\ R'^2 + X'^2 = Z_{1cc}^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R' = \dfrac{Z_{1cc}}{\cos\varphi_e} - X'\tan\varphi_e \\ \left(\dfrac{Z_{1cc}}{\cos\varphi_e} - X'\tan\varphi_e\right)^2 + X'^2 = Z_{1cc}^2 \end{cases}$$

$\Downarrow$

$$Z_{1cc}^2 + X'^2\sin^2\varphi_e - 2Z_{1cc}\sin\varphi_e X + X'^2\cos^2\varphi_e = Z_{1cc}^2\cos^2\varphi_e$$

$\Downarrow$

$$X'^2 - 2Z_{1cc}\sin\varphi_e X + Z_{1cc}^2\sin^2\varphi_e = 0 \Rightarrow (X' - Z_{1cc}\sin\varphi_e)^2 = 0$$

$\Downarrow$

$X' = Z_{1cc}\sin\varphi_e, \quad R' = Z_{1cc}\cos\varphi_e$

$\cos\varphi_e := \frac{P}{S} = 0.35$ $\varphi_e := \operatorname{acos}\left(\frac{P}{S}\right) = 69.513°$ $\varphi_{cc} := \varphi_e = 69.513°$

$V_{12} := V_{1n} \cdot (1 - \Delta v) = 14.534\ kV$ $I_{12} := \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{12}} = 4.767\ A$

$\Delta V_{Z1cc} := \Delta v \cdot V_{1n} = 466.5\ V$ $Z_{1cc} := \frac{\Delta V_{Z1cc}}{\sqrt{3} I_{12}} = 56.499\ \Omega$

$R' := Z_{1cc} \cdot \cos(\varphi_{cc}) = 19.775\ \Omega$ $X' := Z_{1cc} \cdot \sin(\varphi_{cc}) = 52.925\ \Omega$

$\Delta v_{cc} := \frac{\sqrt{3} Z_{1cc} \cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4.018\%$

Tensione di alimentazione con carico rifasato

$I_{12r} := \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V_{12}} = 1.668\ A$ $\Delta V_{1r} := \sqrt{3} R_1 \cdot I_{12r} = 57.146\ V$ $V_1 := V_{12} + \Delta V_{1r} = 14.591\ kV$

ESERCIZIO N.2

$V_n := 380 \cdot V$ $f := 50 \cdot Hz$ $p := 2$ $I_0 := 4.5 \cdot A$ $\Omega_n := 1447.5 \cdot giri \cdot min^{-1} = 151.582 \cdot \frac{rad}{s}$

$V_{1ccr} := 100 \cdot V$ $I_{1ccr} := 16.495 \cdot A$ $P_{1ccr} := 981 \cdot W$ $P_{epccr} := 945 \cdot W$ $C_{avvr} := 3.37 \cdot N \cdot m$

$I_{1cc} := \frac{V_n}{V_{1ccr}} \cdot I_{1ccr} = 62.681\ A$ $P_{1cc} := \left(\frac{V_n}{V_{1ccr}}\right)^2 \cdot P_{1ccr} = 14.166 \cdot kW$

$P_{epcc} := \left(\frac{V_n}{V_{1ccr}}\right)^2 \cdot P_{epccr} = 13.646 \cdot kW$ $C_{avv} := \left(\frac{V_n}{V_{1ccr}}\right)^2 \cdot C_{avvr} = 48.663 \cdot N \cdot m$

$P_0 := P_{1cc} - P_{epcc} = 519.84\ W$ $\Omega_0 := \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = 1500 \cdot giri \cdot min^{-1}$

$P_{tcc} := C_{avv} \cdot \Omega_0 = 7.644 \cdot kW$ $P_{ep2cc} := P_{tcc}$ $P_{ep1cc} := P_{epcc} - P_{ep2cc} = 6.002 \cdot kW$

$I_a := \frac{P_0}{\sqrt{3} \cdot V_n} = 0.79\ A$ $R_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot I_a} = 277.778\ \Omega$ $I_\mu := \sqrt{I_0^2 - I_a^2} = 4.43\ A$

$X_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot I_\mu} = 49.523\ \Omega$ $\varphi_0 := \operatorname{atan}\left(\frac{R_0}{X_0}\right) = 79.891 \cdot °$ $I_0 := I_0 \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (0.79 - 4.43i)\ A$

$\varphi_{1cc} := \operatorname{acos}\left(\frac{P_{1cc}}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_{1cc}}\right) = 69.918 \cdot °$ $I_{1cc} := I_{1cc} \cdot e^{-j \cdot \varphi_{1cc}} = (21.522 - 58.87i)\ A$

$I_{12cc} := I_{1cc} - I_0 = (20.733 - 54.44i)\ A$ $\left|I_{12cc}\right| = 58.254\ A$

$R_1 := \frac{P_{ep1cc}}{3 \cdot \left(\left|I_{12cc}\right|\right)^2} = 0.59\ \Omega$ $R_{12} := \frac{P_{ep2cc}}{3 \cdot \left(\left|I_{12cc}\right|\right)^2} = 0.751\ \Omega$

$Z_{1cc} := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot I_{12cc}} = (1.34 + 3.52i)\ \Omega$ $X := \operatorname{Im}(Z_{1cc}) = 3.52\ \Omega$

$s_n := \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0} = 3.5 \cdot \%$ $Z_{fn} := \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right) + j \cdot X = (22.042 + 3.52i)\ \Omega$

$\left|Z_{fn}\right| = 22.321\ \Omega$ $\varphi_{12n} := \arg(Z_{fn}) = 9.072 \cdot °$ $I_{12n} := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{fn}} = (9.706 - 1.55i)\ A$

$\left|I_{12n}\right| = 9.829\ A$ $I_{1n} := I_0 + I_{12n} = (10.496 - 5.98i)\ A$ $\left|I_{1n}\right| = 12.08\ A$

$\varphi_{1n} := -\arg(I_{1n}) = 29.672 \cdot °$ $P_{1n} := \sqrt{3} \cdot V_n \cdot \left|I_{1n}\right| \cdot \cos(\varphi_{1n}) = 6.908 \cdot kW$

$P_n := 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} \cdot \left(\left|I_{12n}\right|\right)^2 = 6 \cdot kW$ $\eta_n := \frac{P_n}{P_{1n}} = 86.852 \cdot \%$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**20 giugno 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase presenta i seguenti dati nominali:

potenza	P_n	= 150 kVA
tensione primaria	V_{1n}	= 400 V
tensione secondaria	V_{2n}	= 5 kV
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 3.5 %
fattore di potenza in corto circuito	$\cos\varphi_{cc}$	= 0.380

Il trasformatore, alimentato a tensione nominale, funziona su di un carico di impedenza $\dot{\mathbf{Z}}_e = 177 + j110\ \Omega$.

Determinare:

1) il grado di carico;
2) la potenza apparente assorbita dal carico;
3) la variazione di tensione vuoto-carico percentuale;
4) la caduta di tensione interna percentuale;
5) il rendimento.

PS: Trascurare la corrente a vuoto.

ESERCIZIO N.2

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

	corrente assorbita	fattore di potenza
Funzionamento a vuoto	I_0 = 6.90 A	$\cos\varphi_0$ = 0.114
Funzionamento a rotore bloccato	I_{1cc} = 76.11 A	$\cos\varphi_{1cc}$ = 0.372
Funzionamento a $s = \infty$	$I_{1\infty}$ = 80.96 A	$\cos\varphi_{1\infty}$ = 0.195

Determinare:

1) i parametri del circuito equivalente semplificato (R_0, X_0, R_1, R_{12}, X);
2) lo scorrimento in corrispondenza al quale il motore, alimentato alla tensione nominale, assorbe la massima potenza elettrica attiva.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Grado di carico	a = 0.782	
Potenza apparente	P_a = 114.7 kVA	
Variazione e caduta di tensione	$\Delta v_{12\%}$ = 2.23 %	$\Delta v_{Zcc\%}$ = 2.74 %
Rendimento	η = 0.988	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 278.9 Ω	X_0 = 32.0 Ω	
Resistenze e reattanza serie	R_1 = 0.60 Ω	R_{12} = 0.65 Ω	X = 2.90 Ω
Scorrimento	s = 28.32 %		

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 375 \text{ A} \qquad K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 0.080$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = K^2 \cdot \dot{\mathbf{Z}}_e = 1.133 + j0.704 = 1.334 \angle 31.86° \ \Omega \qquad V_{1cc} = \frac{v_{cc\%}}{100} V_{1n} = 14 \text{ V}$$

$$Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{I_{1n}} = 0.037 \ \Omega \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc}\cos\varphi_{cc} + jZ_{1cc}\text{sen}\varphi_{cc} = 0.014 + j0.035 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1t} = \dot{\mathbf{Z}}_{1e} + \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = 1.147 + j0.739 = 1.364 \angle 32.78° \ \Omega$$

$$I_{12} = \frac{V_{1n}}{Z_{1t}} = 293.2 \text{ A} \qquad \alpha = \frac{I_{12}}{I_{1n}} = 0.782 \qquad V_{12} = Z_{1e} I_{12} = 391 \text{ V}$$

$$P_a = V_{12} I_{12} = 114668 \text{ VA} \qquad \Delta v_{12\%} = \frac{V_{1n} - V_{12}}{V_{1n}} 100 = 2.23 \ \%$$

$$\Delta v_{Z1cc\%} = v_{cc\%} \cdot \alpha = 2.74 \ \% \qquad P_{Cu} = R_{1cc} I_{12}^2 = 1220 \text{ W} \qquad P = R_{1e} I_{12}^2 = 97392 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P}{P + P_{Cu}} = 0.988$$

ESERCIZIO N.2

$$P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 518 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 6.90 \angle -83.45° = 0.787 - j6.855 \text{ A}$$

$$Z_0 = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_0} = 31.80 \ \Omega \qquad R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 278.91 \ \Omega \qquad X_0 = \frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0} = 32.00 \ \Omega$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1cc} \cos\varphi_{1cc} = 18635 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1cc} = I_{1cc} \angle -\varphi_{1cc} = 76.11 \angle -68.16° = 28.313 - j70.648 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12cc} = \bar{\mathbf{I}}_{1cc} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 27.526 - j63.793 = I_{12cc} \angle -\varphi_{12cc} = 69.478 \angle -66.66° \text{ A}$$

$$P'_{cc} = P_{cc} - P_0 = 18117 \text{ W} \qquad R' = \frac{P'_{cc}}{3 I_{12cc}^2} = 1.25 \ \Omega$$

$$P_\infty = \sqrt{3} V_{1n} I_{1\infty} \cos\varphi_{1\infty} = 10391 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} = I_{1\infty} \angle -\varphi_{1\infty} = 80.96 \angle -78.76° = 15.787 - j79.406 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12\infty} = \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 15.001 - j72.551 = I_{12\infty} \angle -\varphi_{12\infty} = 74.085 \angle -78.32° \text{ A}$$

$$P'_\infty = P_\infty - P_0 = 9873 \text{ W} \qquad R_1 = \frac{P'_\infty}{3 I_{12\infty}^2} = 0.60 \ \Omega \qquad R_{12} = R' - R_1 = 0.65 \ \Omega$$

$$Z_{f\infty} = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12\infty}} = 2.96 \ \Omega \qquad X = \sqrt{Z_{f\infty}^2 - R_1^{\,2}} = 2.90 \ \Omega$$

Alla massima potenza elettrica:

$$\varphi_{12} = 45° \quad \Rightarrow \quad \tan\varphi_{12} = \frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s}} = 1 \quad \Rightarrow \quad X = R_1 + \frac{R_{12}}{s} \quad \Rightarrow \quad s = \frac{R_{12}}{X - R_1} = 0.283$$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**18 luglio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase con dati nominali:

potenza	P_n = 15 kVA	
tensioni primaria e secondaria	V_{1n} = 15 kV	V_{2n} = 231 V
tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 5.33 %	$p_{cc\%}$ = 2.24 %
corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$ = 4.00 %	$p_{0\%}$ = 1.00 %

funziona con grado di carico $\alpha_{\%} = \alpha_{P\%} = 83.85$ %.
Sapendo che la macchina eroga la potenza attiva P = 8893 W, determinare la tensione di alimentazione e il rendimento. Valutare poi la corrente erogata ed assorbita quando il trasformatore, caricato sulla medesima impedenza, è alimentato a tensione nominale.

ESERCIZIO N.2

Le condizioni di funzionamento di un motore asincrono trifase sono caratterizzate dai seguenti dati:

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V
potenza apparente assorbita	S_a	= 98.386 kVA
fattore di potenza	$\cos\varphi_1$	= 0.879
potenza trasmessa al rotore	P_t	= 83.794 kW
scorrimento	s	= 4.00 %

Sapendo che la macchina è in grado di produrre una coppia massima pari a C_M = 620.24 Nm, determinare:

- la corrente assorbita I_1;
- la velocità n e la coppia C;
- la tensione di alimentazione necessaria per eseguire la prova a rotore bloccato alla corrente I_1;
- la tensione di alimentazione necessaria per produrre la coppia C a una velocità pari al 98% di n;
- la corrente assorbita in quest'ultima condizione di funzionamento.

Si trascuri la corrente a vuoto.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Tensione di alimentazione	V_1= 15631 V
Rendimento	η = 0.957
Corrente erogata	I_2 = 52.25 A
Corrente assorbita	I_1 = 0.840 A

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1= 0.040 Ω	R_{12} = 0.050 Ω	X = 0.700 Ω
Corrente, velocità e coppia	I_1 = 150 A	n = 1440 giri/min	C = 533 Nm
Tensione alimentazione a rotore bloccato	V_{1cc} = 183 V		
Tensione e corrente a velocità ridotta	V'_1 = 355 V	I'_1 = 182 A	

ESERCIZIO N.1

$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 1.00 \text{ A}$ $K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 64.94$

$V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 799.5 \text{ V}$ $\cos\varphi_{cc} = \frac{p_{cc\%}}{v_{cc\%}} = 0.420$ $Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{I_{1n}} = 799.5 \ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc}\angle\varphi_{cc} = 799.5\angle 65.15° = R' + jX' = 336.00 + j725.47 \ \Omega$

$I_{12} = \alpha I_{1n} = 0.839 \text{ A}$ $V_{12} = V_{1n} = 15000 \text{ V}$ $\cos\varphi_e = \frac{P}{V_{12} \cdot I_{12}} = 0.707$

$Z_{1e} = \frac{V_{12}}{I_{12}} = 17.889 \text{ k}\Omega$ $\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e}\angle\varphi_e = 17.889\angle 45.00° = 12.649 + j12.649 \text{ k}\Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1tot} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 12.985 + j13.375 = Z_{1tot}\angle\varphi_{12} = 18.642\angle 45.85° \text{ k}\Omega$

$V_1 = Z_{1tot} I_{12} = 15631 \text{ V}$

$P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 150 \text{ W}$ $P_{Fe} = \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 P_0 = 163 \text{ W}$ $P_{Cu} = R' I_{12}^2 = 236 \text{ W}$

$P_p = P_{Fe} + P_{Cu} = 399 \text{ W}$ $\eta = \frac{P}{P + P_p} = 0.957$ $I_{12B} = \frac{V_{1n}}{Z_{1tot}} = 0.805 \text{ A}$

$I_{2B} = I_{12B} K = 52.25 \text{ A}$ $\bar{\mathbf{I}}_{12B} = I_{12B}\angle -\varphi_{12} = 0.805\angle -45.85° = 0.560 - j0.577 \text{ A}$

$I_0 = \frac{i_{0\%} \cdot I_{1n}}{100} = 0.040 \text{ A}$ $\cos\varphi_0 = \frac{p_{0\%}}{i_{0\%}} = 0.250$

$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0\angle -\varphi_0 = 0.040\angle -75.52° = 0.010 - j0.039 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1B} = \bar{\mathbf{I}}_{12B} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 0.570 - j0.616 = 0.840\angle -47.20° \text{ A}$

ESERCIZIO N.2

$I_1 = I_{12} = \frac{P_a}{\sqrt{3} V_1} = 149.5 \text{ A}$ $P_e = P_a \cos\varphi_1 = 86481 \text{ W}$ $P_{ep1} = P_e - P_t = 2687 \text{ W}$

$R_1 = \frac{P_{ep1}}{3 I_1^2} = 0{,}040 \ \Omega$ $Z_f = \frac{V_1/\sqrt{3}}{I_1} = 1.468 \ \Omega$ $X = Z_f \text{sen}\varphi_1 = 0.700 \ \Omega$

$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 0.701 \ \Omega$ $\Omega_0 = \frac{V_1^2}{2 C_M (Z + R_1)} = 157.08 \text{ s}^{-1}$ $\Omega = \Omega_0 (1 - s) = 150.80 \text{ s}^{-1}$

$n = \frac{60\,\Omega}{2\pi} = 1440 \text{ giri/min}$ $C = \frac{P_t}{\Omega_0} = 533 \text{ Nm}$ $P_m = C\,\Omega = 80442 \text{ W}$

$P_{ep2} = P_t - P_m = 3352 \text{ W}$ $R_{12} = \frac{P_{ep2}}{3 I_1^2} = 0.050 \ \Omega$

$Z_{1cc} = \sqrt{(R_1 + R_{12})^2 + X^2} = 0.706 \ \Omega$ $V_{1cc} = \sqrt{3}\, Z_{1cc} I_1 = 183 \text{ V}$

$\Omega' = 0.98 \ \Omega = 147.78 \text{ s}^{-1}$ $s' = \frac{\Omega_0 - \Omega'}{\Omega_0} 100 = 5.92\%$ $Z'_f = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s'}\right)^2 + X^2} = 1.128 \ \Omega$

$V'_1 = \sqrt{Z'^2_f \, C\, s' \Omega_0 / R_{12}} = 355 \text{ V}$ $I'_1 = \frac{V'_1/\sqrt{3}}{Z'_f} = 182 \text{ A}$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**27 agosto 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

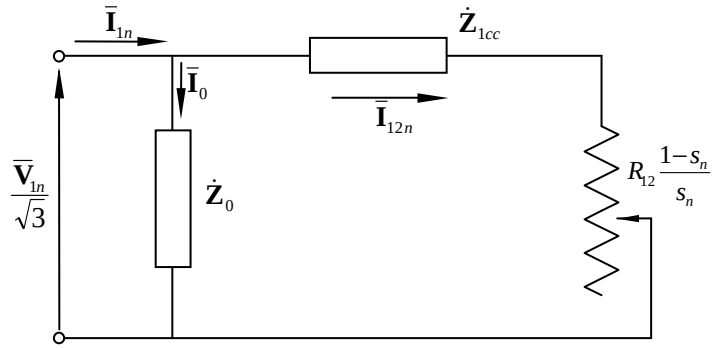
Un trasformatore trifase triangolo/stella è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 125 kVA
tensione nominale primaria	V_{1n}	= 10 kV
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 400 V
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.92 %
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 4.30 %
fattore di potenza di corto circuito	$\cos\varphi_{cc}$	= 0.430

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale, lavora con grado di carico unitario su di una impedenza ohmico-induttiva ($\cos\varphi_e = 0.874$).
Determinare:

1) il rapporto spire;
2) la tensione ai capi del carico;
3) il grado di carico riferito alla potenza;
4) la fase della corrente secondaria rispetto alla tensione di alimentazione;
5) il rendimento.

ESERCIZIO N.2



Con riferimento al circuito equivalente semplificato di un motore asincrono trifase (4 poli, 50 Hz), sono noti i seguenti dati:

V_{1n} = 380 V $\qquad$ s_n = 4.51 % $\qquad$ $\cos\varphi_{1n}$ = 0.888

$Z_0\angle\varphi_0 = 29.253\angle 84.78°\ \Omega$ $\qquad$ $Z_{1cc}\angle\varphi_{cc} = 2.056\angle 71.82°\ \Omega$

Sapendo che nel funzionamento a rotore bloccato a tensione nominale la macchina assorbe una corrente pari a 3.79 volte la corrente nominale, determinare:

- i parametri R_1 e R_{12};
- la coppia nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Rapporto spire	$n = 43.30$	
Resistenza e reattanza di corto circuito	$R' = 14.79\ \Omega$	$X' = 31.06\ \Omega$
Tensione secondaria	$V_2 = 386$ V	
Grado di carico potenza	$\alpha_P = 0.965$	
Fase corrente secondaria	$\varphi_{12} = -30.50°$	
Rendimento	$\eta_{\%} = 96.82$ %	

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	$R_1 = 0.296\ \Omega$	$R_{12} = 0.345\ \Omega$
Coppia nominale	$C_n = 105$ Nm	

ESERCIZIO N.1

$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3} V_{1n}} = 7.217\,\text{A}$ $\quad K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 25$ $\quad n = \sqrt{3}K = 43.30$

$P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 1150\ \text{W}$ $\quad V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 430\ \text{V}$ $\quad P_{cc} = \sqrt{3} V_{1cc} I_{1n} \cos\varphi_{cc} = 2311\ \text{W}$

$Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\, I_{1n}} = 34.40\ \Omega$ $\quad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc} \angle \varphi_{cc} = 34.40 \angle 64.53° = R' + jX' = 14.79 + j31.06\ \Omega$

$I_{12} = I_{1n} = 7.217\,\text{A}$ $\quad \Delta V_{12} \cong \sqrt{3} I_{12} (R' \cos\varphi_e + X' \text{sen}\varphi_e) = 350\ \text{V}$

$V_{12} = V_{1n} - \Delta V_{12} = 9650\,\text{V}$ $\quad V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 386\,\text{V}$ $\quad P_a = \sqrt{3} V_{12} I_{12} = 120622\ \text{VA}$

$\alpha_P = \frac{P_a}{P_n} = 0.965$ $\quad Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\, I_{12}} = 771.98\ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle \varphi_e = 771.98 \angle 29.07° = R_{1e} + jX_{1e} = 674.71 + j375.12\ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1t} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 689.50 + j406.18 = Z_{1t} \angle \varphi_{12} = 800.25 \angle 30.50°\ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 7.217 \angle -30.50°\,\text{A}$

$P = P_a \cos\varphi_e = 105424\ \text{W}$ $\quad P_p = P_0 + P_{cc} == 3461\ \text{W}$ $\quad \eta = \frac{P}{P + P_p} = 0.968$

→ E' possibile la soluzione esatta mediante soluzione di un'equazione di II grado.

$Z_{1t}{}^2 = (R' + R_{1e})^2 + (X' + R_{1e} \tan\varphi_e)^2 = R'^2 + R_{1e}{}^2 + 2R' R_{1e} + X'^2 + R_{1e}{}^2 \tan^2\varphi_e + 2X' R_{1e} \tan\varphi_e$

$(1 + \tan^2\varphi_e) R_{1e}{}^2 + (2R' + 2X' \tan\varphi_e) R_{1e} + (R'^2 + X'^2 - Z_{1t}{}^2) = 0$

$R_{1e} = 674.493\ \Omega$ $\quad X_{1e} = R_{1e} \tan\varphi_e = 375.004\ \Omega$ $\quad Z_{1e} = 771.731\ \Omega$

ESERCIZIO N.2

$n_n = \frac{60\, f}{p}(1 - s_n) = 1432\ \text{giri/min}$ $\quad \Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 150.00\ \text{s}^{-1}$

$\dot{\mathbf{Z}}_0 = Z_0 \angle \varphi_0 = 29.253 \angle 84.78° = R_0' + jX_0' = 2.662 + j29.132\ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_0 = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n} / \sqrt{3}}{\dot{\mathbf{Z}}_0} = 0.682 - j7.469\ \text{A}$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc} \angle \varphi_{cc} = 2.056 \angle 71.82° = R + jX = 0.641 + j1.953\ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_{12cc} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n} / \sqrt{3}}{\dot{\mathbf{Z}}_{1cc}} = 33.293 - j101.382\ \text{A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1cc} = \bar{\mathbf{I}}_0 + \bar{\mathbf{I}}_{12cc} = 33.976 - j108.851 = I_{1cc} \angle -\varphi_{1cc} = 114.030 \angle -72.67°\ \text{A}$

$I_{1n} = \frac{I_{1cc}}{3.79} = 30.087\ \text{A}$ $\quad \bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n} \angle -\varphi_{1n} = 30.087 \angle -27.38° = 26.717 - j13.835\ \text{A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 26.035 - j6.367 = I_{12n} \angle -\varphi_{12n} = 26.802 \angle -13.74°\ \text{A}$

$P_{en} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1n} \cos\varphi_{1n} = 17585\ \text{W}$ $\quad P_0 = 3R_0' I_0^2 = 449\ \text{W}$ $\quad P_{epn} = 3RI_{12n}^2 = 1382\ \text{W}$

$P_n = P_{en} - P_0 - P_{epn} = 15753\ \text{W}$ $\quad R_{12} = \frac{P_n s_n}{3(1 - s_n) I_{12n}^2} = 0.345\ \Omega$

$R_1 = R - R_{12} = 0{,}296\ \Omega$ $\quad C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 105\ \text{Nm}$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**13 settembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 150 kVA
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 20 kV
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.372 %
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 5.129 %
fattore di potenza di corto circuito	$\cos\varphi_{cc}$	= 0.223
resistenze degli avvolgimenti	R_1	= 85.5 mΩ
	R_2	= 15.3 Ω

La macchina lavora nelle seguenti condizioni di carico:

tensione sul carico	V_{2n}	
grado di carico	α	= 0.874
potenza attiva erogata	P	= 107.38 kW

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) la tensione nominale primaria;
2) la tensione di alimentazione;
3) la corrente attiva assorbita.

ESERCIZIO N.2

Dal diagramma circolare di un motore asincrono trifase ($2p$ = 4, f = 50 Hz) alimentato alla tensione V_1 = 380 V sono stati ricavati i seguenti valori:

coppia massima	C_M	= 883 Nm
scorrimento alla coppia massima	s_M	= 18.17 %
potenza elettrica assorbita con s = 0	P'	= 2.10 kW
potenza elettrica assorbita con s = ∞	P''	= 61.68 kW

Determinare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
2) la potenza elettrica assorbita quando il motore movimenta un carico meccanico pari a 317 Nm alla velocità di 1455 giri/min.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Tensione nominale primaria	V_{1n} = 1500 V
Tensione primaria	V_1 = 1551 V
Corrente attiva assorbita	$I_1 \cos\varphi_1$ = 70.49 A

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1 = 0.080 Ω	R_{12} = 0.080 Ω	X = 0.433 Ω
Potenza assorbita	P_e = 53.39 kW		

ESERCIZIO N.1

$I_{2n} = \frac{P_n}{V_{2n}} = 7.50\,\text{A}$ $\quad V_{2cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{2n}}{100} = 1026\ \text{V}$ $\quad Z_{2cc} = \frac{V_{2cc}}{I_{2n}} = 136.77\ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{2cc} = Z_{2cc} \angle \varphi_{cc} = 136.77 \angle 77.11° = R'' + jX'' = 30.50 + j133.33\ \Omega$ $\quad R_{21} = R'' - R_2 = 15.20\ \Omega$

$n = \sqrt{\frac{R_1}{R_{21}}} = 0.075$ $\quad V_{1n} = n \cdot V_{2n} = 1500\,\text{V}$

$I_2 = \alpha \cdot I_{2n} = 6.56\ \text{A}$ $\quad \alpha_P = \alpha = 0874$ $\quad P_a = \alpha_P \cdot P_n = 131100\ \text{VA}$

$\cos\varphi_e = \frac{P}{P_a} = 0.819$ $\quad Z_e = \frac{V_{2n}}{I_2} = 3051.11\,\Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_e = Z_e \angle \varphi_e = 3051.11 \angle 35.01° = R_e + jX_e = 2499.11 + j1750.37\ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{2t} = \dot{\mathbf{Z}}_{2cc} + \dot{\mathbf{Z}}_e = 2529.62 + j1883.67 = Z_{2t} \angle \varphi_2 = 3153.91 \angle 36.67°\ \Omega$

$V_{21} = Z_{2t} \cdot I_2 = 20674\,\text{V}$

➔ In alternativa $\Delta V_2 \cong I_2(R''\cos\varphi_e + X''\text{sen}\varphi_e) = 665\ \text{V}$ $\quad V_{21} \cong V_{2n} + \Delta V_2 = 20665\,\text{V}$

$V_1 = n \cdot V_{21} = 1551\,\text{V}$ $\quad v_1 = \frac{V_1}{V_{1n}} = 1.034$ $\quad P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 558\ \text{W}$

$P_{Fe} = v_1^2 P_0 = 596\ \text{W}$ $\quad P_{Cu} = R'' I_2^2 = 1311\ \text{W}$ $\quad P_e = P + P_{Fe} + P_{Cu} = 109289\ \text{W}$

$I_1 \cos\varphi_1 = \frac{P_e}{V_1} = 70.49\ \text{A}$

ESERCIZIO N.2

$\Omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = 157.08\ \text{s}^{-1}$ $\quad P_\infty = P'' - P' = 59.58\ \text{kW}$

$P_\infty = 3R_1 I_{12\infty}^2 = R_1 \frac{V_1^2}{Z^2}$ $\quad \Rightarrow \quad \frac{R_1}{Z^2} = \frac{P_\infty}{V_1^2} = 0.413$ $\quad \Rightarrow \quad R_1 = 0.413 \cdot Z^2$

$C_M = \frac{V_1^2}{2\Omega_0 (R_1 + Z)}$ $\quad \Rightarrow \quad R_1 + Z = \frac{V_1^2}{2\Omega_0 C_M} = 0.521$ $\quad \Rightarrow \quad 0.413 \cdot Z^2 + Z - 0.521 = 0$

$Z = 0.440\ \Omega$ $\quad R_1 = 0.413 \cdot Z^2 = 0.080\ \Omega$ $\quad R_{12} = s_M \cdot Z = 0.080\ \Omega$

$X = \sqrt{Z^2 - R_1^2} = 0.433\ \Omega$

$\Omega = \frac{2\pi n}{60} = 152.37\ \text{s}^{-1}$ $\quad P_m = C \cdot \Omega = 48.30\ \text{kW}$ $\quad s = \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} = 0.03$

$R_s = \frac{R_{12}}{s} - R_{12} = 2.588\ \Omega$ $\quad I_{12} = \sqrt{\frac{P_m}{3R_s}} = 78.88\ \text{A}$ $\quad P_{ep} = 3(R_1 + R_{12}) I_{12}^2 = 2.99\ \text{kW}$

$P_0 = P' = 2.10\ \text{kW}$ $\quad P_e = P_m + P_{ep} + P_0 = 53.39\ \text{kW}$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**30 novembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Un trasformatore trifase *Dyn11* è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 160 kVA
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 400 V
rapporto spire	n	= 64.952
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.675 %
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 4.50 %
resistenza bobina primaria	R_{1b}	= 39.00 Ω
resistenza bobina secondaria	R_{2b}	= 10.10 mΩ

Le condizioni di funzionamento della macchina sono le seguenti:

tensione di alimentazione	V_{1n}	
corrente erogata	I_{2n}	
fattore di potenza del carico	$\cos\varphi_e$	= 0.8 in ritardo

Determinare:

- i parametri R', X' del circuito equivalente semplificato riferito ad una fase del primario supponendo che il circuito equivalente sia collegato a stella;
- la tensione V_2 ai capi del carico;
- il grado di carico riferito alla potenza;
- la fase della corrente secondaria rispetto alla tensione di alimentazione;
- il rendimento.

TEORIA

1) Convertitore elettromeccanico a un avvolgimento: equazioni elettrica e meccanica..

2) Trasformatore a bobine concentriche: sollecitazioni elettrodinamiche.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____	2)_____
	Totale_____	

RISULTATI

ESERCIZIO

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 27.20 Ω	X' = 57.14 Ω
Tensione secondaria	V_2 = 384 V	
Grado di carico potenza	a_P = 0.960	
Fase corrente secondaria	φ_{12} = - 38.07°	
Rendimento	η = 0.967	

$K = \frac{n}{\sqrt{3}} = 37.50$ $\quad V_{1n} = K \cdot V_{2n} = 15000$ V $\quad I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3} V_{1n}} = 6.158$ A

$P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 1080$ W $\quad V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 675$ V $\quad Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\, I_{1n}} = 63.28$ Ω

$R_1 = \frac{R_{1b}}{3} = 13.00$ Ω $\quad R_2 = R_{2b} = 0.010$ Ω $\quad R' = R_1 + K^2 R_2 = 27.20$ Ω

$X' = \sqrt{Z_{1cc}^2 - R'^2} = 57.14$ Ω $\quad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = R' + jX' = 27.20 + j57.14$ Ω

$P_{cc} = 3 R' I_{1n}^2 = 3095$ W

$I_{12} = I_{1n} = 6.158$ A $\quad \Delta V_{12} \cong \sqrt{3} I_{12} (R' \cos\varphi_e + X' \mathrm{sen}\varphi_e) = 598$ V

$V_{12} = V_{1n} - \Delta V_{12} = 14402$ V $\quad V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 384$ V $\quad P_a = \sqrt{3} V_{12} I_{12} = 153623$ VA

$\alpha_P = \frac{P_a}{P_n} = 0.960$ $\quad Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\, I_{12}} = 1350.21$ Ω

$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle \varphi_e = 1350.21 \angle 36.87° = 1080.17 + j810.13$ Ω

$\dot{\mathbf{Z}}_{1t} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 1107.37 + j867.26 = Z_{1t} \angle \varphi_{12} = 1406.56 \angle 38.07°$ Ω

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 6.158 \angle -38.07°$ A

$P_u = P_a \cos\varphi_e = 122899$ W $\quad P_p = P_0 + P_{cc} == 4175$ W $\quad P_i = P_u + P_p = 127074$ W

$\eta = \frac{P_u}{P_i} = 0.967$

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**20 dicembre 2012**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

In occasione della prova di corto circuito eseguita alla tensione di 400 V sul primario di un trasformatore monofase (P_n =50 kVA, V_{1n}=10 kV, V_{2n}=220 V) è stata misurata una potenza assorbita pari a 900 W. Successivamente il trasformatore viene fatto funzionare nelle seguenti condizioni:

tensione di alimentazione	V_{1n} + 3.45 %
grado di carico in termini di potenza	α_P = 96.74 %
fattore di potenza del carico	0.8 in ritardo

Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare:

- la tensione secondaria;
- la corrente erogata;
- il rendimento, sapendo che le perdite a vuoto sono pari a 175 W.

ESERCIZIO N.2

Le prove eseguite su di un motore asincrono trifase (V_{1n}= 380 V, f=50 Hz, 2p=4, fasi statore collegate a stella) hanno permesso di ricavare i seguenti dati:

	Tensione applicata	*Corrente assorbita*	*Fattore di potenza*
Prova a vuoto	V_{1n}	I_0 = 8.50 A	$\cos\varphi_0$ = 0.147
Prova a rotore bloccato	V_1 = 0.1 V_{1n}	I_{1cc} = 8.44 A	$\cos\varphi_{1cc}$ = 0.457
Resistenza di una fase di statore	R_1= 0.791 Ω		

Con motore alimentato alla tensione nominale, determinare:

1) la velocità in corrispondenza alla quale il motore produce la coppia massima;
2) il rendimento nel funzionamento alla coppia massima;
3) la velocità in corrispondenza al quale il motore assorbe la massima potenza elettrica attiva.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Impedenza di corto circuito	R' = 36.00 Ω	X' = 71.44 Ω
Tensione e corrente sul carico	V_2 = 220 V	I_2 = 220 A
Rendimento	η = 97.41 %	

ESERCIZIO N.2

Velocità alla coppia massima	n_M = 1151 giri/min
Rendimento alla coppia massima	η_M = 0.573
Velocità alla massima potenza	n = 965 giri/min

ESERCIZIO N.1

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

$Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{I_{1n}} = 80.00 \ \Omega$ $\quad \cos\varphi_{cc} = \frac{P_{cc}}{V_{1cc} I_{1n}} = 0.450$ $\quad R' = Z_{1cc}\cos\varphi_{cc} = 36.00 \ \Omega$

$X' = Z_{1cc}\text{sen}\varphi_{cc} = 71.44 \ \Omega$ $\quad P_a = \alpha_{P\%}\frac{P_n}{100} = 48370 \text{ VA}$ $\quad V_1 = 10345 \text{ V}$

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

$V_{12} = 9998 \text{ V}$ $\quad V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 220 \text{ V}$ $\quad I_{12} = \frac{P_a}{V_{12}} = 4.84 \text{ A}$ $\quad I_2 = K\, I_{12} = 220 \text{ A}$

$\Delta V_{Z1cc} = Z_{1cc} \cdot I_{12} = 387 \text{ V}$ $\quad P = P_a \cos\varphi_e = 38696 \text{ W}$ $\quad v_1 = \frac{V_1}{V_{1n}} = 1.035$

$\alpha = \frac{I_{12}}{I_{1n}} = 0.968$ $\quad \eta_{\%} = \frac{P}{P + v_1^2 P_0 + \alpha^2 P_{cc}} 100 = 97.41\%$

ESERCIZIO N.2

$n_0 = \frac{60\, f}{p} = 1500 \text{ giri/min}$

$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0(\cos\varphi_0 - j\sin\varphi_0) = 1.25 - j8.41 \text{ A}$ $\quad P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 822 \text{ W}$

$\bar{\mathbf{I}}_{1cc(V1n)} = 10\, I_{1cc}(\cos\varphi_{1cc} - j\sin\varphi_{1cc}) = 38.57 - j75.07 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_{12cc(V1n)} = \bar{\mathbf{I}}_{1cc(V1n)} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 37.32 - j66.66 \text{ A}$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n}/\sqrt{3}}{\bar{\mathbf{I}}_{12cc(V1n)}} = R + jX = 1.40 + j2.51 \ \Omega$ $\quad R_{12} = R - R_1 = 0.61 \ \Omega$

$Z = \sqrt{X^2 + R_1^2} = 2.63 \ \Omega$ $\quad s_M = \frac{R_{12}}{Z} = 0.233$ $\quad n_M = n_0(1 - s_M) = 1151 \text{ giri/min}$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1f} = (R_1 + Z) + jX = 3.42 + j2.51 \ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_{1n}/\sqrt{3}}{\bar{\mathbf{Z}}_{1f}} = 41.75 - j30.60 = I_{12}\angle -\varphi_{12} = 51.76\angle -36.24° \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_{12} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 43.00 - j39.01 = I_1\angle -\varphi_1 = 58.06\angle -42.21° \text{ A}$

$P_e = \sqrt{3} V_{1n} I_1 \cos\varphi_1 = 28300 \text{ W}$ $\quad P_{ep} = 3RI_{12}^2 = 11275 \text{ W}$ $\quad P_m = P_e - P_{ep} - P_0 = 16202 \text{ W}$

$\eta_M = \frac{P_m}{P_e} = 0.573$

$P_{eM} \quad \Rightarrow \quad \varphi_{12} = 45° \quad \tan\varphi_{12} = \frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s}} = 1 \quad s = \frac{R_{12}}{X - R_1} = 0{,}357$

$n = n_0(1 - s) = 965 \text{ giri/min}$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**27 gennaio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Un motore asincrono trifase a rotore avvolto (50 Hz, 6 poli) è provvisto di reostato esterno collegato a stella e in serie con gli avvolgimenti di rotore. La macchina è caratterizzata dai seguenti valori nominali:

potenza	P_n	= 60 kW	
tensione	V_{1n}	= 380 V	
corrente	I_{1n}	= 112.03 A	$\cos\varphi_{1n}$ = 0.920
velocità	n_n	= 961.8 giri/min	
corrente a vuoto	I_0	= 26.30 A	$\cos\varphi_0$ = 0.192

Ricavare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
2) il rapporto coppia massima / coppia nominale;
3) la tensione a cui deve essere alimentato il motore per produrre la coppia nominale alla velocità n = 950 giri/min;
4) il valore che deve assumere la resistenza esterna R_{12a}, riferita al primario, per ottenere la coppia massima all'avviamento.

TEORIA

1) Macchina sincrona a rotore liscio: diagramma polare.

2) Motore asincrono trifase: tracciamento del diagramma circolare in sede di collaudo.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO

Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 71 mΩ R_{12} = 80 mΩ X = 400 mΩ
Coppia massima / coppia nominale	C_M/C_n = 2.42
Tensione di alimentazione	V_1 = 339 V
Resistenza secondaria esterna	R_{12a} = 326 mΩ

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

$$s_n = \frac{n_0 - n_n}{n_0} = 3.82 \text{ \%} \qquad \Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 100.72 \text{ s}^{-1} \qquad C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 596 \text{ Nm}$$

$$P_{en} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1n} \cos\varphi_{1n} = 67837 \text{ W} \qquad P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 3324 \text{ W}$$

$$P_{ep} = P_{en} - P_0 - P_n = 4513 \text{ W}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n} \angle -\varphi_{1n} = 112.03 \angle -23.07° = 103.07 - j43.91 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 26.30 \angle -78.93° = 5.05 - j25.81 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 98.02 - j18.10 = I_{12n} \angle -\varphi_{12n} = 99.67 \angle -10.46° \text{ A}$$

$$Z_{1f} = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\, I_{12n}} = 2.201 \ \Omega \qquad X = Z_{1f} \sin\varphi_{12n} = 0.400 \ \Omega$$

$$R = \frac{P_{ep}}{3 I_{12n}^2} = 0.151 \ \Omega \qquad P_t = C_n \Omega_0 = 62383 \text{ W}$$

$$R_{12} = \frac{s_n \cdot P_t}{3 I_{12n}^2} = 0.080 \ \Omega \qquad R_1 = R - R_{12} = 0.071 \ \Omega$$

$$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 0.406 \ \Omega \qquad C_M = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0 (R_1 + Z)} = 1444 \text{ Nm} \qquad \frac{C_M}{C_n} = 2.42 \text{ Nm}$$

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 5.00 \text{ \%} \qquad V_1 = \sqrt{C_n \Omega_0 Z \left(\frac{Zs}{R_{12}} + \frac{R_{12}}{Zs} + 2\frac{R_1}{Z} \right)} = 339 \text{ V}$$

$$s_M = \frac{R_{12} + R_{12a}}{Z} = 1 \quad \Rightarrow \quad R_{12a} = Z - R_{12} = 0.326 \ \Omega$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**7 febbraio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore monofase: calcolo della reattanza di dispersione di un trasformatore a bobine concentriche.

2) Generatore sincrono trifase: f.e.m. indotta a vuoto in una fase di statore.

3) Macchina a corrente continua: effetto della reazione di indotto.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**29 febbraio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore a bobine concentriche: sollecitazioni elettrodinamiche.

2) Caratteristica meccanica della macchina asincrona trifase.

3) Macchina a corrente continua: commutazione (cause, effetti, rimedi).

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**27 giugno 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) F.m.m. prodotta da un avvolgimento distribuito di tipo aperto in continua. Coefficiente di avvolgimento.

2) Autotrasformatore monofase. Potenza di dimensionamento.

3) Generatore a corrente continua: f.e.m. indotta alle spazzole nel funzionamento a vuoto.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**25 luglio 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore monofase: corrente magnetizzante e armoniche componenti, calcolo della reattanza a vuoto.

2) Motori asincroni trifase con rotore a gabbia speciale.

3) Macchina a corrente continua: reazione di indotto e suoi effetti.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**3 settembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Funzionamento in parallelo dei trasformatori..

2) Macchina sincrona trifase: funzionamento come generatore in parallelo alla rete.

3) Generatore a corrente continua: f.e.m. indotta in un conduttore di rotore nel funzionamento a vuoto.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**20 settembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore monofase: relazioni fondamentali e diagramma vettoriale nel funzionamento a vuoto.

2) Generatore sincrono trifase: diagramma di Blondel.

3) Motore a corrente continua con eccitazione serie: caratteristiche elettromeccaniche e meccanica.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**30 novembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Un trasformatore trifase *Dyn11* è caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 160 kVA
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 400 V
rapporto spire	n	= 64.952
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.675 %
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 4.50 %
resistenza bobina primaria	R_{1b}	= 39.00 Ω
resistenza bobina secondaria	R_{2b}	= 10.10 mΩ

Le condizioni di funzionamento della macchina sono le seguenti:

tensione di alimentazione	V_{1n}	
corrente erogata	I_{2n}	
fattore di potenza del carico	$\cos\varphi_e$	= 0.8 in ritardo

Determinare:

- i parametri R', X' del circuito equivalente semplificato riferito ad una fase del primario supponendo che il circuito equivalente sia collegato a stella;
- la tensione V_2 ai capi del carico;
- il grado di carico riferito alla potenza;
- la fase della corrente secondaria rispetto alla tensione di alimentazione;
- il rendimento.

TEORIA

1) Convertitore elettromeccanico a un avvolgimento: equazioni elettrica e meccanica..

2) Trasformatore a bobine concentriche: sollecitazioni elettrodinamiche.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____	2)_____
	Totale_____	

RISULTATI

ESERCIZIO

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 27.20 Ω	X' = 57.14 Ω
Tensione secondaria	V_2 = 384 V	
Grado di carico potenza	a_P = 0.960	
Fase corrente secondaria	φ_{12} = - 38.07°	
Rendimento	η = 0.967	

$K = \frac{n}{\sqrt{3}} = 37.50$ $\quad V_{1n} = K \cdot V_{2n} = 15000$ V $\quad I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3} V_{1n}} = 6.158$ A

$P_0 = \frac{p_{0\%} \cdot P_n}{100} = 1080$ W $\quad V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 675$ V $\quad Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\, I_{1n}} = 63.28$ Ω

$R_1 = \frac{R_{1b}}{3} = 13.00$ Ω $\quad R_2 = R_{2b} = 0.010$ Ω $\quad R' = R_1 + K^2 R_2 = 27.20$ Ω

$X' = \sqrt{Z_{1cc}^2 - R'^2} = 57.14$ Ω $\quad \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = R' + jX' = 27.20 + j57.14$ Ω

$P_{cc} = 3 R' I_{1n}^2 = 3095$ W

$I_{12} = I_{1n} = 6.158$ A $\quad \Delta V_{12} \cong \sqrt{3} I_{12} (R' \cos\varphi_e + X' \mathrm{sen}\varphi_e) = 598$ V

$V_{12} = V_{1n} - \Delta V_{12} = 14402$ V $\quad V_2 = \frac{V_{12}}{K} = 384$ V $\quad P_a = \sqrt{3} V_{12} I_{12} = 153623$ VA

$\alpha_P = \frac{P_a}{P_n} = 0.960$ $\quad Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\, I_{12}} = 1350.21$ Ω

$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle \varphi_e = 1350.21 \angle 36.87° = 1080.17 + j810.13$ Ω

$\dot{\mathbf{Z}}_{1t} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 1107.37 + j867.26 = Z_{1t} \angle \varphi_{12} = 1406.56 \angle 38.07°$ Ω

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 6.158 \angle -38.07°$ A

$P_u = P_a \cos\varphi_e = 122899$ W $\quad P_p = P_0 + P_{cc} == 4175$ W $\quad P_i = P_u + P_p = 127074$ W

$\eta = \frac{P_u}{P_i} = 0.967$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**20 dicembre 2012**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore monofase: determinazione dei circuiti equivalenti e considerazioni relative ai vari parametri.

2) Regolazione della velocità del motore asincrono trifase con:
   i) variazione della resistenza rotorica
   ii) variazione in ampiezza della tensione di alimentazione.

3) Motore a corrente continua con eccitazione indipendente: caratteristiche elettromeccaniche e meccanica.

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____