*

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**24 gennaio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Il funzionamento di un motore asincrono trifase (4 poli, 50 Hz) è caratterizzato dai seguenti valori:

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V	
corrente di rotore	I_{12}	= 116.2 A	$\cos\varphi_{12}$ = 0.964
perdite a vuoto	P_0	= 1200 W	
perdite nel rame di statore	P_{ep1}	= 1418 W	
rendimento	η	= 0.938	

Determinare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
2) la velocità e la coppia sviluppate dal motore;
3) il rendimento quando il motore, alimentato a tensione V_1, funziona alla coppia massima.

TEORIA

1) Generatore sincrono trifase: diagramma di Potier.
2) Motore asincrono trifase: tracciamento del diagramma circolare in sede di progetto.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____	2)_____
	Totale_____	

*

RISULTATI

Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 35 mΩ	R_{12} = 50 mΩ	X = 502 mΩ
Velocità e coppia	n = 1458 giri/min	C = 460 Nm	
Rendimento alla coppia massima	η_M = 0.835		

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

$$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 116.20 \angle -15.42° = 112..02 - j30.90 \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1f} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_1}{\sqrt{3}\,\bar{\mathbf{I}}_{12}} = 1.820 + j0.502 = 1.888 \angle 15.42° \ \Omega \qquad R_{1f} = R_1 + \frac{R_{12}}{s} = R_1 + R_s = 1.820 \ \Omega$$

$$X = 502 \text{ m}\Omega \qquad R_1 = \frac{P_{ep1}}{3I_{12}^2} = 35 \text{ m}\Omega \qquad R_s = R_{1f} - R_1 = 1.785 \ \Omega$$

$$P_t = 3R_s I_{12}^2 = 72309 \text{ W} \qquad P_e = P_0 + P_{ep1} + P_t = 74927 \text{ W} \qquad P_m = \eta \cdot P_e = 70282 \text{ W}$$

$$s = \frac{P_t - P_m}{P_t} = 0.028 \qquad R_{12} = s \cdot R_s = 50 \text{ m}\Omega$$

$$n = n_0(1-s) = 1458 \text{ giri/min} \qquad C = \frac{P_t}{\Omega_0} = 460 \text{ Nm} \qquad Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 503 \text{ m}\Omega$$

$$s_M = \frac{R_{12}}{Z} = 0.0995 \qquad Z_{1fM} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_M}\right)^2 + X^2} = 0.738 \ \Omega$$

$$I_{12M} = \frac{V_1}{\sqrt{3}Z_{1fM}} = 298.1 \text{ A} \qquad P_{mM} = 3R_{12}\frac{1-s_M}{s_M} I_{12M}^2 = 120794 \text{ W}$$

$$P_{epM} = 3(R_1 + R_{12})I_{12M}^2 = 22671 \text{ W} \qquad \eta_M = \frac{P_{mM}}{P_{mM} + P_{epM} + P_0} = 0.835$$

**

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI / TEORIA	**24 gennaio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO

Il funzionamento di un motore asincrono trifase (2 poli, 50 Hz) è caratterizzato dai seguenti valori:

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V	
corrente di rotore	I_{12}	= 6.65 A	$\cos\varphi_{12}$ = 0.987
perdite a vuoto	P_0	= 321 W	
perdite nel rame di statore	P_{ep1}	= 179 W	
rendimento	η	= 0.862	

Determinare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato;
2) la velocità e la coppia sviluppate dal motore;
3) il rendimento quando il motore, alimentato a tensione V_1, funziona alla coppia massima.

TEORIA

1) Generatore sincrono trifase: diagramma di Potier.
2) Motore asincrono trifase: tracciamento del diagramma circolare in sede di progetto.

Valutazione esercizio	1)_____

Valutazione teoria	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO

Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 1.35 Ω	R_{12} = 1.06 Ω	X = 5.30 Ω
Velocità e coppia	n = 2898 giri/min	C = 13.18 Nm	
Rendimento alla coppia massima	η_M = 0.632		

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

$$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 6.65 \angle -9.25° = 6.56 - j1.07 \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1f} = \frac{\bar{\mathbf{V}}_1}{\sqrt{3}\,\bar{\mathbf{I}}_{12}} = 32.56 + j5.30 = 32.99 \angle 9.25° \ \Omega \qquad R_{1f} = R_1 + \frac{R_{12}}{s} = R_1 + R_s = 32.56 \ \Omega$$

$$X = 5.30 \ \Omega \qquad R_1 = \frac{P_{ep1}}{3I_{12}^2} = 1.35 \ \Omega \qquad R_s = R_{1f} - R_1 = 31.21 \ \Omega$$

$$P_t = 3R_s I_{12}^2 = 4141 \text{ W} \qquad P_e = P_0 + P_{ep1} + P_t = 4641 \text{ W} \qquad P_m = \eta \cdot P_e = 4001 \text{ W}$$

$$s = \frac{P_t - P_m}{P_t} = 0.0339 \qquad R_{12} = s \cdot R_s = 1.06 \ \Omega$$

$$n = n_0(1-s) = 2898 \text{ giri/ min} \qquad C = \frac{P_t}{\Omega_0} = 13.18 \text{ Nm} \qquad Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 5.47 \ \Omega$$

$$s_M = \frac{R_{12}}{Z} = 0.1935 \qquad Z_{1fM} = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_M}\right)^2 + X^2} = 8.64 \ \Omega$$

$$I_{12M} = \frac{V_1}{\sqrt{3}Z_{1fM}} = 25.40 \text{ A} \qquad P_{mM} = 3R_{12}\frac{1-s_M}{s_M} I_{12M}^2 = 8537 \text{ W}$$

$$P_{epM} = 3(R_1 + R_{12}) I_{12M}^2 = 4659 \text{ W} \qquad \eta_M = \frac{P_{mM}}{P_{mM} + P_{epM} + P_0} = 0.632$$

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**29 gennaio 2014**
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	= 3 kVA		
tensioni	V_{1n}	= 380 V	V_{2n}	= 220 V
perdite a vuoto e in corto circuito	P_0	= 20.4 W	P_{cc}	= 45.0 W

Il funzionamento della macchina è caratterizzato dai seguenti valori:

tensione di alimentazione	V_{1n}
rendimento	η = 96.893 %
potenza apparente erogata	S = 2826 VA
fattore di potenza del carico	$cos\varphi_e$ = 0.707 in ritardo

Determinare i parametri R_0, R' e X' del circuito equivalente semplificato.

ESERCIZIO N.2

I parametri resistivi del circuito equivalente semplificato di un motore asincrono trifase ($2p$ = 2, f = 50 Hz) sono i seguenti:

R_0 = 100 Ω R_1 = 0.10 Ω R_{12} = 0.10 Ω

Il funzionamento del motore è caratterizzato dai seguenti dati

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V
velocità	n	= 2910 giri/min
coppia	C	= 120 Nm
corrente a vuoto	I_0	= 15.82 A

Determinare:

1) il rendimento;
2) i parametri X_0 e X del circuito equivalente;
3) la corrente assorbita, in modulo e fase.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza a vuoto e di corto circuito	R_0 = 7078 Ω	R' = 0.722 Ω
Reattanza di corto circuito	X' = 2.293 Ω	

ESERCIZIO N.2

Rendimento	η = 0.908	
Reattanze a vuoto e in corto circuito	X_0 = 14.00 Ω	X = 1.00 Ω
Corrente assorbita	I_1 = 69.37 A	φ_1 = – 28.10 °

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 7.895 \text{ A} \qquad R_0 = \frac{V_{1n}^2}{P_0} = 7078 \ \Omega \qquad R' = \frac{P_{cc}}{I_{1n}^2} = 0.722 \ \Omega$$

$$P = S \cdot \cos\varphi_e = 1998 \text{ W} \qquad P_p = P\frac{1-\eta}{\eta} = 64.07 \text{ W} \qquad P_{Cu} = P_p - P_0 = 43.67 \text{ W}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{P_{Cu}}{P_{cc}}} = 0.985 \qquad I_{12} = \alpha \cdot I_{1n} = 7.777 \text{ A}$$

$$R_{1e} = \frac{P}{I_{12}^2} = 33.034 \ \Omega \qquad \cos\varphi_e = 0.707 \quad \Rightarrow \quad X_{1e} = R_{1e} = 33.034 \ \Omega \qquad Z_{1t} = \frac{V_{1n}}{I_{12}} = 48.862 \ \Omega$$

$$R_{1t} = R' + R_{1e} = 33.756 \ \Omega \qquad X_{1t} = \sqrt{Z_{1t}^2 - R_{1t}^2} = 35.327 \ \Omega \qquad X' = X_{1t} - X_{1e} = 2.293 \ \Omega$$

In alternativa

$$V_{12} = \frac{S}{I_{12}} = 363.38 \text{ V} \qquad \Delta V_{12} = V_{1n} - V_{12} = 16.62 \text{ V}$$

$$\cos\varphi_e = 0.707 \quad \Rightarrow \quad \text{sen}\varphi_e = \cos\varphi_e \quad \Rightarrow \quad X' = \frac{\Delta V_{12}}{I_{12} \cdot \cos\varphi_e} - R' = 2.301 \ \Omega$$

ESERCIZIO N.2

$$\Omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = 314.16 \text{ s}^{-1} \qquad \Omega = \frac{2\pi n}{60} = 304.73 \text{ s}^{-1} \qquad s = \frac{\Omega_0 - \Omega}{\Omega_0} = 0.030$$

$$I_{12} = \sqrt{\frac{C\Omega_0 s}{3R_{12}}} = 61.40 \text{ A} \qquad P_{ep} = 3(R_1 + R_{12})I_{12}^2 = 2262 \text{ W} \qquad I_a = \frac{V_1/\sqrt{3}}{R_0} = 2.19 \text{ A}$$

$$P_0 = 3R_0 I_a^2 = 1444 \text{ W} \qquad P_m = C \cdot \Omega = 36568 \text{ W} \qquad \eta = \frac{P_m}{P_m + P_{ep} + P_0} = 0.908$$

$$I_\mu = \sqrt{I_0^2 - I_a^2} = 15.67 \text{ A} \qquad X_0 = \frac{V_1/\sqrt{3}}{I_\mu} = 14.00 \ \Omega \qquad Z_{1f}^2 = \frac{V_1^2}{3 \cdot I_{12}^2} = 12.77 \ \Omega^2$$

$$R_{1f} = R_1 + \frac{R_{12}}{s} = 3.43 \ \Omega \qquad X = \sqrt{Z_{1f}^2 - R_{1f}^2} = 1.00 \ \Omega$$

$$\varphi_{12} = \tan^{-1}\frac{X}{R_{1f}} = 16.08° \qquad \bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12}\angle -\varphi_{12} = 61.40\angle -16.08° = 59.00 - j17.01 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_a - jI_\mu = 2.19 - j15.67 \text{ A} \qquad \bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_0 + \bar{\mathbf{I}}_{12} = 61.19 - j32.68 = I_1\angle -\varphi_1 = 69.37\angle -28.10° \text{ A}$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**5 febbraio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Autotrasformatore monofase. Potenza di dimensionamento.

2) Macchina sincrona a rotore liscio: diagramma polare.

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

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

MACCHINE ELETTRICHE – ESERCIZI	**19 febbraio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase (P_n = 160 kVA, V_{1n} = 10 kV, V_{2n} = 231 V) è stato sottoposto alle seguenti prove

	Prova a vuoto al secondario	*Prova in corto circuito al primario*
tensione di alimentazione	V_{2n}	430 V
corrente assorbita	10.8 A	I_{1n}
potenza assorbita	756 W	2500 W

Determinare:

- i parametri R_0, X_0, R', X' del circuito equivalente semplificato riferito a una fase del primario, supponendo il circuito collegato a stella;
- la caduta interna percentuale quando il trasformatore, alimentato al primario a tensione nominale, è connesso a un carico puramente resistivo che assorbe una potenza pari a 118594 W;
- il rendimento nelle condizioni di carico di cui al punto precedente.

ESERCIZIO N.2

Il funzionamento a carico di un motore asincrono trifase ($2p$ = 4, f = 50 Hz) è caratterizzato dai seguenti dati:

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V		
corrente assorbita	I_1	= 21.52 A	$\cos\varphi_1$	= 0.935
potenza erogata al carico	P	= 11944 W		
velocità di rotazione	n	= 1434 giri/min		

Il funzionamento a vuoto è invece caratterizzato dai seguenti dati:

tensione di alimentazione	V_1	= 380 V		
corrente assorbita	I_0	= 4.24 A	$\cos\varphi_0$	= 0.211

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

- la coppia di carico;
- i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
- la corrente assorbita e la coppia sviluppata all'avviamento.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 132.28 kΩ	X_0 = 23.50 kΩ	
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 9.77 Ω	X' = 25.04 Ω	
Caduta interna e rendimento	$\Delta v_{Zcc\%}$ = 3.23 %	η = 0.982	

ESERCIZIO N.2

Coppia	C = 80 Nm		
Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 245 Ω	X_0 = 53 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.14 Ω	R_{12} = 0.48 Ω	X = 2.00 Ω
Corrente di corto e coppia avviamento	I_{1cc} = 108.81 A	C_a = 100 Nm	

ESERCIZIO N.1

$$K=\frac{V_{1n}}{V_{2n}}=43.29 \qquad I_{1n}=\frac{P_n}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}}=9.24\ \text{A} \qquad I_0=\frac{I_{20}}{K}=0.249\ \text{A}$$

$$Z_0=\frac{V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_0}=23.14\ \text{k}\Omega \qquad \cos\varphi_0=\frac{P_0}{\sqrt{3}\cdot V_{1n}I_0}=0.175 \qquad R_0=\frac{Z_0}{\cos\varphi_0}=132.28\ \text{k}\Omega$$

$$X_0=\frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0}=23.50\ \text{k}\Omega \qquad Z_{1cc}=\frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\cdot I_{1n}}=26.88\ \Omega \qquad \cos\varphi_{cc}=\frac{P_{cc}}{\sqrt{3}\cdot V_{1cc}I_{1n}}=0.363$$

$$R'=Z_{1cc}\cos\varphi_{cc}=9.77\ \Omega \qquad X'=Z_{1cc}\text{sen}\varphi_{cc}=25.04\ \Omega \qquad \cos\varphi_e=1.0$$

Soluzione approx

$$\begin{cases} P=\sqrt{3}\cdot V_{12}I_{12} \\ V_{1n}-V_{12}=\sqrt{3}\cdot R'I_{12} \end{cases} \Rightarrow \qquad V_{12}^2-V_{1n}\cdot V_{12}+PR'=0 \qquad V_{12}=9883\ \text{V}$$

$$I_{12}=\frac{P}{\sqrt{3}\cdot V_{12}}=6.93\ \text{A}$$

Soluzione esatta

$$P=3R_{1e}I_{12}^2=R_{1e}\frac{V_{1n}^2}{(R'+R_{1e})^2+X'^2} \Rightarrow \qquad R_{1e}V_{1n}^2=P\left(Z_{1cc}^2+2R'R_{1e}+R_{1e}^2\right)$$

$$\Rightarrow \qquad R_{1e}^2+\left(2R'-\frac{V_{1n}^2}{P}\right)R_{1e}+Z_{1cc}^2=0 \qquad R_{1e}=822.8\ \Omega \qquad I_{12}=\sqrt{\frac{P}{3\cdot R_{1e}}}=6.93\ \text{A}$$

$$\alpha=\frac{I_{12}}{I_{1n}}=0.750 \qquad \Delta v_{Zcc\%}=\alpha\frac{V_{1cc}}{V_{1n}}100=3.23\% \qquad \eta=\frac{P}{P+P_0+\alpha^2P_{cc}}=0.982$$

ESERCIZIO N.2

$$\Omega_0=\frac{2\pi f}{p}=157.08\ \text{s}^{-1} \qquad \Omega=\frac{2\pi n}{60}=150.17\ \text{s}^{-1} \qquad C=\frac{P}{\Omega}=80\ \text{Nm}$$

$$Z_0=\frac{V_1}{\sqrt{3}\cdot I_0}=51.74\ \Omega \qquad R_0=\frac{Z_0}{\cos\varphi_0}=245.16\ \Omega \qquad X_0=\frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0}=52.94\ \Omega$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0=I_0(\cos\varphi_0-j\sin\varphi_0)=0.89-j4.14\ \text{A} \qquad \bar{\mathbf{I}}_1=I_1(\cos\varphi_1-j\sin\varphi_1)=20.12-j7.63\ \text{A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12}=\bar{\mathbf{I}}_1-\bar{\mathbf{I}}_0=19.23-j3.49=I_{12}\angle-\varphi_{12}=19.54\angle-10.28^\circ\ \text{A} \qquad s=\frac{\Omega_0-\Omega}{\Omega_0}=0.044$$

$$R_{12}=\frac{P\cdot s}{3(1-s)I_{12}^2}=0.48\,\Omega \qquad P_e=\sqrt{3}\cdot V_1I_1\cos\varphi_1=13243\ \text{W} \qquad P_0=\sqrt{3}\cdot V_1I_0\cos\varphi_0=589\ \text{W}$$

$$P_{ep}=P_e-P-P_0=710\ \text{W} \qquad R=R_1+R_{12}=\frac{P_{ep}}{3\cdot I_{12}^2}=0.62\,\Omega \qquad R_1=R-R_{12}=0.14\,\Omega$$

$$X=\left(R_1+\frac{R_{12}}{s}\right)\tan\varphi_{12}=2.00\,\Omega \qquad I_{12cc}=\frac{V/\sqrt{3}}{\sqrt{R^2+X^2}}=104.59\ \text{A} \qquad \varphi_{12cc}=\tan^{-1}\frac{X}{R}=72.80^\circ$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12cc}=I_{12cc}(\cos\varphi_{12cc}-j\sin\varphi_{12cc})=30.92-j99.91=104.59\angle-72.80^\circ\ \text{A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{1cc}=\bar{\mathbf{I}}_0+\bar{\mathbf{I}}_{12cc}=31.81-j104.06=108.81\angle-73.00^\circ\ \text{A} \qquad C_a=3\frac{R_{12}}{\Omega_0}I_{12cc}^2=100\ \text{Nm}$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**26 febbraio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

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

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

3) Motore asincrono trifase: riduzione della velocità con variazione della frequenza e dell'ampiezza della tensione di alimentazione.

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

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**18 giugno 2014**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Elettrica V.O. |_|	6 / 7 CFU |_|	9 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase presenta i seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 80 kVA		
tensioni nominali	V_{1n}	= 1 kV	V_{2n}	= 0.4 kV
tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 6.00 %	$p_{cc\%}$	= 2.40 %
corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$	= 6.50 %	$p_{0\%}$	= 1.625 %

Il trasformatore eroga una potenza apparente e una corrente pari entrambe al 78.9 % dei rispettivi valori nominali mentre il fattore di potenza del carico è pari a 0.840 in ritardo.
Con riferimento al circuito equivalente semplificato, determinare:

- l'impedenza di carico;
- la tensione di alimentazione (valore esatto);
- la corrente assorbita al primario;
- il rendimento.

ESERCIZIO N.2

La prova a vuoto eseguita su di motore asincrono trifase ha fornito i seguenti risultati:

Tensione di alimentazione	*Corrente assorbita*	*Potenza assorbita*
240 V	3.23 A	121 W

Dal diagramma circolare alla tensione di 120 V sono stati invece ricavati i seguenti dati:

	Corrente assorbita	*Fattore di potenza*
Funzionamento a rotore bloccato	27.92 A	0.303
Funzionamento a $s = \infty$	29.02 A	0.154

Determinare la potenza erogata quando il motore, alimentato a 240 V, funziona con scorrimento pari al 3.39 %.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Impedenza di carico	$Z_e = 2.53\ \Omega$	$\varphi_e = 32.86°$
Tensione primaria	$V_1 = 1040$ V	
Corrente primaria	$I_1 = 38.85$ A	$\varphi_1 = -37.34°$
Rendimento	$\eta = 0.953$	

ESERCIZIO N.2

Impedenza di corto circuito	$R_1 = 0.40\ \Omega$	$R_{12} = 0.43\ \Omega$	$X = 2.50\ \Omega$
Potenza	$P = 3.97$ kW		

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_{1n}} = 46.19 \text{ A} \qquad K = \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 2.50$$

$$I_{0n} = \frac{i_{0\%} \cdot I_{1n}}{100} = 3.00 \text{ A} \qquad Z_0 = \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} I_{0n}} = 192.31 \ \Omega \qquad \cos\varphi_0 = \frac{p_{0\%}}{i_{0\%}} = 0.250$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_0 = Z_0 \angle \varphi_0 = 192.31 \angle 75.52° = 48.08 + j186.20 \ \Omega$$

$$V_{1cc} = \frac{v_{cc\%} \cdot V_{1n}}{100} = 60.0 \text{ V} \qquad Z_{1cc} = \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} I_{1n}} = 0.75 \ \Omega \qquad \cos\varphi_{cc} = \frac{p_{cc\%}}{v_{cc\%}} = 0.400$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = Z_{1cc} \angle \varphi_{cc} = 0.75 \angle 66.42° = R' + jX' = 0.30 + j0.69 \ \Omega$$

$$\alpha = \alpha_P \quad \Rightarrow \quad V_{12} = V_{1n} = 1000 \text{ V} \qquad I_{12} = \alpha \cdot I_{1n} = 36.44 \text{ A} \qquad Z_{1e} = \frac{V_{12}}{\sqrt{3} I_{12}} = 15.84 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1e} = Z_{1e} \angle \varphi_e = 15.84 \angle 32.86° = 13.31 + j8.60 \ \Omega \qquad Z_e = \frac{Z_{1e}}{K^2} = 2.53 \ \Omega$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_{1cce} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 13.61 + j9.28 = Z_{1cce} \angle \varphi_{1cce} = 16.47 \angle 34.30° \ \Omega$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{1cce} = 36.44 \angle -34.30° = 30.10 - j20.54 \text{ A} \qquad V_1 = \sqrt{3} Z_{1cce} I_{12} = 1040 \text{ V}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_0 = \frac{\bar{\mathbf{V}}_1}{\sqrt{3} \dot{\mathbf{Z}}_0} = 0.78 - j3.02 \text{ A} \qquad \bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_{12} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 30.89 - j23.56 = I_1 \angle -\varphi_1 = 38.85 \angle -37.84° \text{ A}$$

$$\eta = \frac{\sqrt{3} V_{12} I_{12} \cos\varphi_e}{\sqrt{3} V_1 I_1 \cos\varphi_1} = 0.953$$

ESERCIZIO N.2

$s = 0$

$$\cos\varphi_0 = \frac{P_0}{\sqrt{3} V_1 I_0} = 0.090 \qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 3.23 \angle -84.83° = 0.29 - j3.22 \text{ A}$$

alla tensione ridotta $V_1^* = 120$ V

$$v_1 = \frac{V_1^*}{V_1} = \frac{120}{240} = 0.5 \qquad P_0^* = v_1^2 P_0 = 30.2 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_0^* = v_1 \bar{\mathbf{I}}_0 = 0.146 - j1.608 \text{ A}$$

$s = 1$

$$P_{cc} = \sqrt{3} V_1^* I_{1cc} \cos\varphi_{1cc} = 1758 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1cc} = I_{1cc} \angle -\varphi_{1cc} = 27.92 \angle -72.36° = 8.46 - j26.61 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12cc} = \bar{\mathbf{I}}_{1cc} - \bar{\mathbf{I}}_0^* = 8.31 - j25.00 = I_{12cc} \angle -\varphi_{12cc} = 26.35 \angle -71.60° \text{ A}$$

$$P_{cc}' = P_{cc} - P_0^* = 1728 \text{ W} \qquad P_{cc}' = 3R' I_{12cc}^2 \quad \rightarrow \quad R' = \frac{P_{cc}'}{3 I_{12cc}^2} = 0.83 \ \Omega$$

$s = \infty$

$$P_\infty = \sqrt{3} V_1^* I_{1\infty} \cos\varphi_{1\infty} = 929 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} = I_{1\infty} \angle -\varphi_{1\infty} = 29.02 \angle -81.14° = 4.47 - j28.67 \text{ A}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12\infty} = \bar{\mathbf{I}}_{1\infty} - \bar{\mathbf{I}}_0^* = 4.32 - j27.07 = I_{12\infty} \angle -\varphi_{12\infty} = 27.41 \angle -80.92° \text{ A}$$

$$P_\infty' = P_\infty - P_0^* = 899 \text{ W} \qquad P_\infty' = 3R_1 I_{12\infty}^2 \quad \rightarrow \quad R_1 = \frac{P_\infty'}{3 I_{12\infty}^2} = 0.40 \ \Omega$$

$$Z = \frac{V_1^* / \sqrt{3}}{I_{12\infty}} = 2.53\ \Omega \qquad X = \sqrt{Z^2 - R_1^2} = 2.50\ \Omega$$

Potenza meccanica

$$R_{12} = R' - R_1 = 0.43\ \Omega \qquad Z_f = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right)^2 + X^2} = 13.35\ \Omega \qquad I_{12} = \frac{V_1 / \sqrt{3}}{Z_f} = 10.38\ \text{A}$$

$$P = 3R_{12}\frac{1-s}{s}I_{12}^2 = 3.97\ \text{kW}$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**25 giugno 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore monofase: caduta di tensione interna e variazione di tensione da vuoto a carico.

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			**16 luglio 2014**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Elettrica V.O. |_|	6 / 7 CFU |_|	9 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase *Dyn*11 presenta i seguenti dati:

potenza nominale	P_n	= 200 kVA		
tensioni nominali	V_{1n}	= 15 kV	V_{2n}	= 400 V
corrente e fattore di potenza a vuoto	$i_{0\%}$	= 2.50 %	$\cos\varphi_0$	= 0.230
resistenza bobine primaria e secondaria	R_{1b}	= 25.50 Ω	R_{2b}	= 6.60 mΩ

Il trasformatore eroga la corrente nominale a una stella simmetrica di impedenze di valore $R_e + j\,X_e = 0.607 + j\,0.494$ Ω. Sapendo che nell'inserire il carico la tensione secondaria è diminuita di 14.64 V, determinare:

1) i parametri del circuito equivalente semplificato R_0, X_0, R', X';
2) la tensione di alimentazione V_1;
3) il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Il funzionamento di un motore asincrono trifase è caratterizzato dai seguenti dati:

tensione di alimentazione	V_1	= 400 V
fattore di potenza	$\cos\varphi_1$	= 0.899
potenza assorbita	P_e	= 53208 W
potenza al traferro	P_t	= 50578 W
potenza erogata	P_m	= 48013 W

Trascurando la corrente a vuoto e sapendo che la coppia massima a 380 V è pari a 525.49 Nm, determinare:

- i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente;
- la velocità e la coppia a cui funziona il motore;
- la tensione di alimentazione e la corrente assorbita quando il motore funziona con uno scorrimento del 6.34% producendo la stessa coppia.

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 alimentazione	V_1 = 15223 V	
Rendimento	η = 0.972	

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1= 120 mΩ	R_{12} = 117 mΩ	X = 1.184 Ω
Velocità e coppia	n = 951 giri/min	C = 482 Nm	
Tensione e corrente	V_1 = 380 V	I_{12} = 95.52 A	

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

$$\varphi_e = \tan^{-1}\frac{X_e}{R_e} = \tan^{-1}\frac{0.494}{0.607} = 39.14° \qquad I_{12} = I_{1n} = 7.70 \text{ A} \qquad \Delta V_{12} = \Delta V_{21} \cdot K = 549 \text{ V}$$

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

Tensione di 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

$$I_1 = I_{12} = \frac{P_e}{\sqrt{3}V_1\cos\varphi_1} = 85.43 \text{ A} \qquad P_{ep1} = P_e - P_t = 2630 \text{ W} \qquad R_1 = \frac{P_{ep1}}{3I_{12}^2} = 120 \text{ m}\Omega$$

$$P_{ep2} = P_t - P_m = 2565 \text{ W} \qquad R_{12} = \frac{P_{ep2}}{3I_{12}^2} = 117 \text{ m}\Omega \qquad s = \frac{P_{ep2}}{P_t} = 0.0507$$

$$Z_f = \frac{V_1/\sqrt{3}}{I_{12}} = 2.703 \ \Omega \qquad X = \sqrt{Z_f^2 - \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right)^2} = 1.184 \ \Omega \qquad Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 1.190 \ \Omega$$

$$C_{M\,400} = C_{M\,380}\left(\frac{400}{380}\right)^2 = 582.26 \text{ Nm} \qquad \Omega_0 = \frac{V_1^2}{2C_{M\,400}(Z + R_1)} = 104.87 \text{ s}^{-1}$$

$$\Omega = \Omega_0(1 - s) = 99.55 \text{ s}^{-1} \qquad n = \frac{60\,\Omega}{2\pi} = 951 \text{ giri/min} \qquad C = \frac{P_m}{\Omega} = 482.29 \text{ Nm}$$

$$Z'_f = \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s'}\right)^2 + X^2} = 2.297 \ \Omega \qquad I'_{12} = \sqrt{\frac{C\,s'\Omega_0}{3R_{12}}} = 95.52 \text{ A} \qquad V'_1 = \sqrt{3}\, Z'_f\, I'_{12} = 380 \text{ V}$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**23 luglio 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

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

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

3) Motore asincrono trifase: regolazione della velocità con
   - variazione della resistenza rotorica
   - variazione in ampiezza della tensione di alimentazione.

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

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**25 agosto 2014**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Elettrica V.O. |_|	6 / 7 CFU |_|	9 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Nella prova a vuoto eseguita al secondario a tensione nominale su di un trasformatore monofase (P_n = 50 kVA, V_{2n} = 500 V, K = 1.6) sono stati misurati i seguenti valori:

corrente I_{20} = 2.4 A potenza P_0 = 450 W

La macchina, alimentata a tensione V_1 = 780 V, eroga potenza con $\cos\varphi_e$ = 0.541 in ritardo e lavora con grado di carico α = 0.714.
Sapendo che la caduta di tensione interna e la variazione di tensione da vuoto a carico coincidono e riferite al primario sono pari a 20 V, determinare i parametri del circuito equivalente semplificato e il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase a sei poli, alimentato alla tensione nominale V_{1n} = 440 V con frequenza f = 50 Hz, funziona con perdite totali pari a P_p = 10239 W producendo una coppia pari a C = 890 Nm.
Del motore sono noti i seguenti dati:

resistenza di una fase di statore (stella)	R_1	= 84 mΩ	
rapporto perdite rame statore / perdite rame rotore	k_{ep}	= 1.273	
corrente e fattore di potenza a vuoto	I_0	= 36.98 A	$\cos\varphi_0$ = 0.093

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato, il rendimento, la velocità e la corrente assorbita nelle condizioni di carico specificate.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 1.42 kΩ	X_0 = 0.58 kΩ
Impedenza di corto circuito	R' = 0.24 Ω	X' = 0.38 Ω
Rendimento	η = 95.3 %	

ESERCIZIO N.2

Rendimento	η = 0.898	
Velocità	n = 964 giri/min	
Corrente assorbita	I_1 = 144.71 A	φ_1 = – 24.83°

ESERCIZIO N.1

$V_{1n} = K \cdot V_{2n} = 800 \text{ V}$ $\quad I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 62.5 \text{ A}$

Parametri R_0, X_0

$Z_0 = K^2 \frac{V_{2n}}{I_{20}} = 533.33 \ \Omega$ $\quad \cos\varphi_0 = \frac{P_0}{V_{2n} I_{20}} = 0.375$

$R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 1422.22 \ \Omega$ $\quad X_0 = \frac{Z_0}{\text{sen}\varphi_0} = 575.32 \ \Omega$

Potenza attiva erogata

$V_{12} = V_1 - \Delta V_{12} = 760 \text{ V}$ $\quad I_{12} = \alpha I_{1n} = 44.63 \text{ A}$ $\quad P = V_{12} I_{12} \cos\varphi_e = 18348 \text{ W}$

Parametri R', X'

$\cos\varphi_{cc} = \cos\varphi_e = 0.541$ $\quad Z_{1cc} = \frac{\Delta V_{Z1cc}}{I_{12}} = 0.448 \ \Omega$ $\quad R' = Z_{1cc}\cos\varphi_{cc} = 0.242 \ \Omega$

$X' = Z_{1cc}\text{sen}\varphi_{cc} = 0.377 \ \Omega$

Rendimento η

$P_{Fe} = \left(\frac{V_1}{V_{1n}}\right)^2 P_0 = 428 \text{ W}$ $\quad P_{Cu} = R' I_{12}^2 = 483 \text{ W}$ $\quad \eta_{\%} = \frac{P}{P + P_{Fe} + P_{Cu}} 100 = 95.27\%$

ESERCIZIO N.2

$n_0 = \frac{60 f}{p} = 1000 \text{ giri/min}$ $\quad \Omega_0 = \frac{2\pi n_0}{60} = 104.72 \text{ s}^{-1}$ $\quad P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 2621 \text{ W}$

$P_{ep} = P_p - P_0 = 7618 \text{ W}$ $\quad P_{ep2} = \frac{P_{ep}}{1 + k_{ep}} = 3352 \text{ W}$ $\quad P_{ep1} = P_{ep} - P_{ep2} = 4266 \text{ W}$

$P_t = C \cdot \Omega_0 = 93201 \text{ W}$ $\quad P_m = P_t - P_{ep2} = 89849 \text{ W}$ $\quad P_e = P_t + P_0 + P_{ep1} = 100088 \text{ W}$

$\eta = \frac{P_m}{P_e} = 0.898$

$\Omega = \frac{P_m}{C} = 100.95 \text{ s}^{-1}$ $\quad n = \frac{60 \cdot \Omega}{2\pi} = 964 \text{ giri/min}$ $\quad s = \frac{n_0 - n}{n_0} = 0.036$

$I_{12} = \sqrt{\frac{P_{ep1}}{3 \cdot R_1}} = 130.12 \text{ A}$ $\quad R_{12} = \frac{R_1}{k_{ep}} = 66 \text{ m}\Omega$ $\quad Z_f = \frac{V_{1n}/\sqrt{3}}{I_{12}} = 1.952 \ \Omega$

$X = \sqrt{Z_f^2 - \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right)^2} = 360 \text{ m}\Omega$ $\quad \varphi_{12} = \tan^{-1} \frac{X}{R_1 + \frac{R_{12}}{s}} = 10.61°$

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 130.12 \angle -10.61° = 127.89 - j23.96 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 36.98 \angle -84.66° = 3.44 - j36.82 \text{ A}$

$\bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_0 + \bar{\mathbf{I}}_{12} = 131.33 - j60.78 = I_1 \angle -\varphi_1 = 144.71 \angle -24.83° \text{ A}$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**1 settembre 2014**
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) Funzionamento di un motore sincrono trifase in parallelo alla rete.

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

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

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**12 settembre 2014**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase (P_n = 50 kVA, K = 15.789) è alimentato alla tensione nominale di 6 kV ed eroga 25 kW a un carico con fattore di potenza 0.6 in ritardo.
La macchina è caratterizzata dai seguenti dati percentuali:

corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$ = 3.10 %	$p_{0\%}$ = 0.68 %
tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 4.00 %	$p_{cc\%}$ = 1.68 %

Determinare i parametri del circuito equivalente semplificato, la tensione e la corrente secondarie e il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ($2p$ = 6, f = 50 Hz) presenta i seguenti dati nominali:

potenza	100 kW
tensione	380 V
corrente	173.86 A
fattore di potenza	0.953
scorrimento	2.44 %

Sapendo che nel funzionamento a vuoto a tensione nominale il motore assorbe una corrente pari a 14.96 A con fattore di potenza 0.210, determinare i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X del circuito equivalente semplificato.

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 = 0.963		

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 70 Ω	X_0 = 15 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 54 mΩ	R_{12} = 30 mΩ	X = 300 mΩ

ESERCIZIO N.1

$$I_{1n} = \frac{P_n}{V_{1n}} = 8.33 \text{ A}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

ESERCIZIO N.2

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

$$n_n = n_0(1 - s_n) = 976 \text{ giri/min} \qquad \Omega_n = \frac{2\pi n_n}{60} = 102.16 \text{ s}^{-1}$$

$$C_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = 979 \text{ Nm} \qquad P_{en} = \sqrt{3} V_{1n} I_{1n}\cos\varphi_{1n} = 109053 \text{ W}$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{1n} = I_{1n}\ \angle -\varphi_{1n} = 173.86\angle -17.64° = 165.69 - j52.67 \text{ A}$$

$$P_0 = \sqrt{3} V_{1n} I_0 \cos\varphi_0 = 2068 \text{ W} \qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0\ \angle -\varphi_0 = 14.96\angle -77.88° = 3.14 - j14.63 \text{ A}$$

$$\dot{\mathbf{Z}}_0 = \frac{\overline{\mathbf{V}}_{1n}}{\sqrt{3}\,\bar{\mathbf{I}}_0} = 3.80 + j14.34 = Z_0\angle\varphi_0 = 14.67\angle 77.88°\ \Omega$$

$$R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 70\ \Omega \qquad X_0 = \frac{Z_0}{\sin\varphi_0} = 15\ \Omega$$

$$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 162.55 - j38.05 = I_{12n}\ \angle -\varphi_{12n} = 166.94\angle -13.17° \text{ A} \qquad R_{12} = \frac{C_n s_n \Omega_0}{3I_{12n}^2} = 30 \text{ m}\Omega$$

$$P_{epn} = P_{en} - P_0 - P_n = 6985 \text{ W} \qquad R = \frac{P_{epn}}{3I_{12n}^2} = 84 \text{ m}\Omega \qquad R_1 = R - R_{12} = 54 \text{ m}\Omega$$

$$X = \tan\varphi_{12n}\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right) = 300 \text{ m}\Omega$$

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**19 settembre 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

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

2) Generatore sincrono trifase: diagramma delle due reattanze.

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

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

MACCHINE ELETTRICHE - ESERCIZI			**19 dicembre 2014**	
Cognome Nome: _____			Matricola: _____	
Elettrotecnica |_|	Energetica |_|	Altro |_|	9 CFU |_|	6 / 7 CFU |_|

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase, alimentato alla tensione nominale di 3000 V, funziona su di un carico puramente resistivo con perdite nel ferro e nel rame pari rispettivamente a 150 W e 119 W.
All'inserimento del carico la tensione secondaria è diminuita dell' 1.12 % mentre la corrente erogata è risultata pari al 70.9% di quella nominale.
Sapendo che il fattore di potenza a vuoto e quello di corto circuito sono pari rispettivamente a 0.250 e 0.450, determinare:

- corrente e perdite a vuoto percentuali;
- tensione e perdite di corto circuito percentuali;
- rendimento e corrente assorbita nelle condizioni di carico considerate.

ESERCIZIO N.2

Le prove eseguite su di un motore asincrono trifase (6 poli, 50 Hz, fasi statore a stella, P_n = 48 kW) hanno permesso di rilevare i seguenti dati:

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

In condizioni nominali il motore assorbe una corrente pari a 91.28 A con fattore di potenza 0.850.
Alimentato a tensione nominale e in assenza di carico, il motore assorbe invece una corrente pari a 10.53 A con fattore di potenza 0.079.
Determinare velocità, tensione e rendimento nominali.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Corrente e perdite a vuoto	$i_{0\%}$= 4.00 %	$p_{0\%}$= 1.00 %
Tensione e perdite di corto circuito	$v_{cc\%}$= 3.51 %	$p_{cc\%}$= 1.58 %
Rendimento e corrente	η= 0.975	I_1= 3.6 A

ESERCIZIO N.2

Velocità e tensione	n_n = 949 giri/min	V_{1n} = 400 V
Rendimento	η_n = 0.893	

ESERCIZIO N.1

$P_0 = P_{Fe} = 150$ W $\qquad \alpha = 0.709$

$I_0 = \dfrac{P_0}{V_{1n} \cdot \cos\varphi_0} = 0.200$ A $\qquad \bar{\mathbf{I}}_0 = I_0 \angle -\varphi_0 = 0.200\angle -75.52° = 0.050 - j0.194$ A

$\Delta V_{12} = \dfrac{\Delta v_{\%} \cdot V_{1n}}{100} = 33.60$ V $\qquad \Delta V_{12} = R' \cdot I_{12}, \quad P_{Cu} = R' \cdot I_{12}^2 \quad \Rightarrow \quad I_{12} = \dfrac{P_{Cu}}{\Delta V_{12}} = 3.54$ A

$R' = \dfrac{P_{Cu}}{I_{12}^2} = 9.49\ \Omega \qquad X' = R' \tan\varphi_{cc} = 18.83\ \Omega$

$\dot{\mathbf{Z}}_{1cc} = R' + jX' = 9.49 + j18.83 = Z_{1cc}\angle\varphi_{cc} = 21.08\angle 63.26°\ \Omega$

$I_{1n} = \dfrac{I_{12}}{\alpha} = 4.99$ A $\qquad i_{0\%} = \dfrac{I_0}{I_{1n}} 100 = 4.0\%$ $\qquad P_n = V_{1n} I_{1n} = 14.99$ kVA

$p_{0\%} = \dfrac{P_0}{P_n} 100 = 1.0\%$ $\qquad V_{1cc} = Z_{1cc} \cdot I_{1n} = 105.31$ V $\qquad v_{cc\%} = \dfrac{V_{1cc}}{V_{1n}} 100 = 3.51\%$

$P_{cc} = \dfrac{P_{Cu}}{\alpha^2} = 237$ W $\qquad p_{cc\%} = \dfrac{P_{cc}}{P_n} 100 = 1.58\%$

$V_{12} = V_{1n} - \Delta V_{12} = 2966$ V $\qquad R_{1e} = \dfrac{V_{12}}{I_{12}} = 838\ \Omega \qquad P = V_{12} I_{12} = 10506$ W

$\eta = \dfrac{P}{P + P_0 + P_{Cu}} = 0.975 \qquad \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = R_{1e}$

$\dot{\mathbf{Z}}_{12} = \dot{\mathbf{Z}}_{1cc} + \dot{\mathbf{Z}}_{1e} = 847 + j18.83 = Z_{12}\angle\varphi_{12} = 847\angle 1.27°\ \Omega$

$\bar{\mathbf{I}}_{12} = I_{12} \angle -\varphi_{12} = 3.54\angle -1.27° = 3.54 - j0.08$ A

$\bar{\mathbf{I}}_1 = \bar{\mathbf{I}}_{12} + \bar{\mathbf{I}}_0 = 3.59 - j0.27 = I_1 \angle -\varphi_1 = 3.60\angle -4.34°$ A

ESERCIZIO N.2

$n_0 = \dfrac{60 \cdot f}{p} = 1000$ giri/ min

$\bar{\mathbf{I}}_0 = I_0\angle -\varphi_0 = 10.53\angle -85.47° = 0.83 - j10.50$ A

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

$\bar{\mathbf{I}}_{12n} = \bar{\mathbf{I}}_{1n} - \bar{\mathbf{I}}_0 = 76.76 - j37.59 = I_{12n}\angle -\varphi_{12n} = 85.47\angle -26.09°$A

$R_1 = \dfrac{R_{ab}}{2} = 0.120\ \Omega \qquad R_{12} = R - R_1 = 0.117\ \Omega \qquad P_{ep2} = 3R_{12} I_{12n}^2 = 2564$ W

$P_t = P_n + P_{ep2} = 50564$ W $\qquad s_n = \dfrac{P_{ep2}}{P_t} = 0.051\% \qquad n_n = n_0(1 - s_n) = 949$ giri / min

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

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

MACCHINE ELETTRICHE – TEORIA	**19 dicembre 2014**
Cognome Nome: _____	Matricola: _____
Energia |_| Elettrotecnica |_| Energetica |_| Altro |_|	9 CFU |_| 6 / 7 CFU |_|

1) Trasformatore a bobine concentriche: sollecitazioni elettrodinamiche.

2) Generatore sincrono trifase: diagramma di Blondel.

3) Motore asincrono trifase con rotore a doppia gabbia.

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