MACCHINE ELETTRICHE **9 gennaio 2008**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Sollecitazioni elettrodinamiche in un trasformatore a bobine concentriche.

2) Diagramma di Blondel e delle due reattanze.

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

Valutazione parte teorica	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE **9 gennaio 2008**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore trifase sono note le seguenti caratteristiche:

tensione nominale primaria	V_{1n}	= 15 kV
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 0.4 kV
potenza nominale	P_n	= 250 kVA
corrente a vuoto	$i_{0\%}$	= 3.2 %
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.75 %
tensione di cortocircuito	$v_{cc\%}$	= 4.2 %
perdite di cortocircuito	$p_{cc\%}$	= 1.75 %

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale, é collegato ad un carico trifase avente un fattore di potenza $\cos\varphi_e$=0.75 in ritardo e costituito da una terna di impedenze ohmico-induttive collegate a stella, ciascuna con parte reale pari a R_e=0.84 Ω. In tali condizioni la variazione di tensione da vuoto a carico è pari a $\Delta v_{\%}$=2.15%. Si ricavino:

1) i parametri R_0, X_0, R' e X' del circuito equivalente semplificato riferiti al primario;
2) la corrente I_2 erogata al carico;
3) il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ha le seguenti caratteristiche:

potenza nominale	P_n	= 6 kW
tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
n° di poli	$2p$	= 6
velocità nominale	n_n	= 950 giri/min
corrente nominale	I_{1n}	= 14.5 A
fattore di potenza nominale	$\cos\varphi_{1n}$	= 0.78
corrente a vuoto	I_0	= 7.5 A
perdite a vuoto	P_0	= 750 W

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) i rapporti coppia avviamento/coppia nominale C_a/C_n e coppia massima/coppia nominale C_M/C_n;
3) il rendimento corrispondente al punto di lavoro nominale.

Valutazione esercizi	1)_____	2)_____
	Totale_____	

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 120 kΩ	X_0 = 28.93 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 15.75 Ω	X' = 34.36 Ω
Corrente erogata	I_2 = 201.8 A	
Rendimento	η = 96.94 %	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 192.5 Ω	X_0 = 29.6 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 1.187 Ω	R_{12} = 0.991 Ω	X = 3.431 Ω
Rapporto coppia di avviamento/coppia nominale	C_a/C_n = 1.372		
Rapporto coppia massima/coppia nominale	C_M/C_n = 2.373		
Rendimento nominale	η_n = 80.6%		

Esercizio n°1

Dati nominali del trasformatore

$P_n := 250kV \cdot A$ $V_{1n} := 15kV$ $V_{2n} := 400V$ $k := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 37.5$

$I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} V_{1n}} = 9.623\,A$ $I_{2n} := k \cdot I_{1n} = 360.844\,A$

Dati relativi alla prova a vuoto

$i_0 := 3.2\%$ $p_0 := 0.75\%$ $P_0 := p_0 \cdot P_n = 1.875 \times 10^3\,W$

$I_{10} := I_{1n} \cdot i_0 = 0.308\,A$ $\cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3} V_{1n} \cdot I_{10}} = 0.234$

$\varphi_0 := \operatorname{acos}(\cos\varphi_0) = 76.445 \cdot °$ $Z_{10} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{10} \cdot e^{-j \cdot \varphi_0}} = (6.592 + 27.342i) \cdot k\Omega$

$R_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\cos(\varphi_0)} = 120 \cdot k\Omega$ $X_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\sin(\varphi_0)} = 28.931 \cdot k\Omega$

Dati relativi alla prova in corto circuito

$v_{cc} := 4.2\%$ $p_{cc} := 1.75\%$

$V_{1cc} := v_{cc} \cdot V_{1n} = 630\,V$ $P_{cc} := p_{cc} \cdot P_n = 4.375 \cdot kW$ $\cos\varphi_{cc} := \frac{p_{cc}}{v_{cc}} = 0.417$

$\varphi_{cc} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{cc}) = 65.376 \cdot °$ $Z_{1cc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} I_{1n}} \cdot e^{j \cdot \varphi_{cc}} = (15.75 + 34.362i)\,\Omega$ $|Z_{1cc}| = 37.8\,\Omega$

$R_{1cc} := \mathrm{Re}(Z_{1cc}) = 15.75\,\Omega$ $X_{1cc} := \mathrm{Im}(Z_{1cc}) = 34.362\,\Omega$

Dati relativi al carico

$R_e := 0.84 \cdot \Omega$ $\cos\varphi_e := 0.75$ $\varphi_e := \operatorname{acos}(\cos\varphi_e) = 41.41 \cdot °$ $\Delta v := 2.15 \cdot \%$

$X_e := R_e \cdot \tan(\varphi_e) = 0.741\,\Omega$ $Z_e := \sqrt{R_e^2 + X_e^2} = 1.12 \cdot \Omega$ $Z_{1e} := Z_e \cdot k^2 = 1.575 \cdot k\Omega$

$V_{12} := V_{1n} \cdot (1 - \Delta v) = 14.678 \cdot kV$ $I_{12} := \frac{V_{12}}{\sqrt{3} \cdot Z_{1c}} = 5.38\,A$

$$I_{12} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3 \cdot \left[\left(R_{1cc} + R_e \cdot k^2\right)^2 + \left(X_{1cc} + X_e \cdot k^2\right)^2\right]}} = 5.38\,A$$

alternativa (approssimata):

$$I_{12app} := \frac{\Delta v \cdot V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot \left(R_{1cc} \cdot \cos(\varphi_e) + X_{1cc} \cdot \sin(\varphi_e)\right)} = 5.391\,A$$

$I_2 := I_{12} \cdot k = 201.762\,A$

$$\eta := \frac{\sqrt{3} \cdot V_{12} \cdot I_{12} \cdot \cos(\varphi_e)}{\sqrt{3} \cdot V_{12} \cdot I_{12} \cdot \cos(\varphi_e) + 3 \cdot R_{1cc} \cdot I_{12}^2 + P_0} = 96.936 \cdot \%$$

Esercizio n°2

Dati nominali del motore

$P_n := 6 \cdot kW$ $V_n := 380V$ $p := 3$ $f := 50Hz$

$\Omega_n := 950 \cdot giri \cdot min^{-1}$ $I_{1n} := 14.5 \cdot A$ $\cos\varphi_{1n} := 0.78$

$\Omega_0 := \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)}{p} = 104.72 \cdot rad \cdot s^{-1}$ $s_n := \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0} = 5 \cdot \%$ $C_n := \frac{P_n}{\Omega_n} = 60.311 \cdot N \cdot m$

$\eta_n := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot I_{1n} \cdot \cos\varphi_{1n}} = 80.602 \cdot \%$

$\varphi_{1n} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{1n}) = 38.739 \cdot °$ $\underline{I}_{1n} := I_{1n} \cdot e^{-j \cdot \varphi_{1n}} = (11.31 - 9.074i)\ A$

Dati relativi alla prova a vuoto

$I_0 := 7.5A$ $P_0 := 750W$ $\varphi_0 := \operatorname{acos}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3}\, V_n \cdot I_0}\right) = 81.261 \cdot °$ $Z_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3}\, I_0} = 29.252\,\Omega$

$\underline{I}_0 := I_0 \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (1.14 - 7.413i)\ A$ $R_0 := \frac{V_n^{\,2}}{P_0} = 192.533\,\Omega$ $X_0 := \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_0^{\,2}} - \frac{1}{R_0^{\,2}}}} = 29.596\,\Omega$

$\underline{I}_{12n} := \underline{I}_{1n} - \underline{I}_0 = (10.17 - 1.661i)\ A$ $Z_{eq} := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot \underline{I}_{12n}} = (21.011 + 3.431i)\,\Omega$

$X := \operatorname{Im}(Z_{eq}) = 3.431\,\Omega$ $R_1 + \frac{R_{12}}{s_n} = \operatorname{Re}(Z_{eq}) = 19.11 \cdot \Omega$

$P_n = 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} \cdot \left(\left|\underline{I}_{12n}\right|\right)^2$ $R_{12} := \frac{s_n \cdot P_n}{3 \cdot (1 - s_n) \cdot \left(\left|\underline{I}_{12n}\right|\right)^2} = 0.991\,\Omega$

$R_1 := \operatorname{Re}(Z_{eq}) - \frac{R_{12}}{s_n} = 1.187\,\Omega$ $Z := \sqrt{R_1^{\,2} + X^2} = 3.631\,\Omega$

$C_a := \frac{V_n^{\,2} \cdot R_{12}}{\Omega_0 \cdot \left[(R_1 + R_{12})^2 + X^2\right]} = 82.744 \cdot N \cdot m$ $C_M := \frac{V_n^{\,2}}{2 \cdot \Omega_0 \cdot (R_1 + Z)} = 143.103\,J$

$\frac{C_a}{C_n} = 1.372$ $\frac{C_M}{C_n} = 2.373$

MACCHINE ELETTRICHE **18 giugno 2008**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Analisi di motori e generatori elettrici funzionanti a regime permanente: equazioni elettriche e meccaniche, bilanci energetici e coppia elettromagnetica.

2) Diagramma polare della macchina sincrona a poli sporgenti e calcolo della potenza attiva e della coppia elettromagnetica.

3) Motori asincroni trifase con rotore a gabbia speciale.

Valutazione parte teorica	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE **18 giugno 2008**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore trifase sono note le seguenti caratteristiche:

potenza nominale	P_n	= 400 kVA
tensione nominale primaria	V_{1n}	= 20 kV
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 0.4 kV
corrente a vuoto	$i_{0\%}$	= 2.4 %
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.675 %

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale e collegato ad un carico trifase che assorbe la potenza attiva P_A=200 kW con fattore di potenza $\cos\varphi_A$=0.8, presenta una variazione della tensione di uscita da vuoto a carico pari a Δv_A=2.25% e un rendimento η_A=97.54 %.
Ricavare:

1) i parametri R_0, X_0, R', X' del circuito equivalente semplificato riferiti al primario;
2) la tensione di corto circuito percentuale $v_{cc\%}$;
3) il rendimento in condizioni di esercizio nominale con carico puramente resistivo.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
n° di poli	$2p$	= 4
velocità nominale	n_n	= 1420 giri/min
corrente a vuoto	I_0	= 8.5 A
perdite a vuoto	P_0	= 820 W

All'avviamento, con tensione di alimentazione nominale, si hanno i seguenti valori:

corrente assorbita	$I_{1,avv}$	= 84.4 A
coppia sviluppata	C_{avv}	= 68.3 Nm
perdite nell'avvolgimento di statore	$P_{s,avv}$	= 13.85 kW

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) corrente, potenza, fattore di potenza, coppia e rendimento corrispondenti al punto di lavoro nominale;
3) la coppia massima nel funzionamento da motore;
4) i rapporti corrente avviamento/corrente nominale, coppia avviamento/coppia nominale, coppia massima/coppia nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 148.15 kΩ	X_0 = 43.42 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 14.33 Ω	X' = 39.26 Ω
Tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$ = 4.18 %	
Rendimento	η = 97.93 %	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 176.1 Ω	X_0 = 26.1 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.791 Ω	R_{12} = 0.613 Ω	X = 2.505 Ω
Corrente, potenza, fattore di potenza nominali	I_{1n} = 21.92 A	P_n = 10 kW	$\cos\varphi_{1n}$=0.84
Coppia e rendimento nominali	C_n = 67.25 Nm	η = 82.57 %	
Coppia massima	C_M = 134.48 Nm		
Rapporto corrente avviamento/corrente nominale	I_a/I_n = 3.851		
Rapporto coppia avviamento/coppia nominale	C_a/C_n = 1.016		
Rapporto coppia massima/coppia nominale	C_M/C_n = 2.0		

Esercizio n°1

Dati nominali del trasformatore

$P_n := 400kV \cdot A$ $V_{1n} := 20kV$ $V_{2n} := 400V$ $k := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 50$

$I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3}\, V_{1n}} = 11.547\,A$ $I_{2n} := k \cdot I_{1n} = 577.35\,A$

Dati relativi alla prova a vuoto

$i_0 := 2.4\%$ $p_0 := 0.675\%$ $P_0 := p_0 \cdot P_n = 2.7 \cdot kW$

$I_{10} := I_{1n} \cdot i_0 = 0.277\,A$ $\cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3}\, V_{1n} \cdot I_{10}} = 0.281$

$\varphi_0 := \operatorname{acos}(\cos\varphi_0) = 73.665\,°$ $Z_{10} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{10} \cdot e^{-j \cdot \varphi_0}} = (11.719 + 39.985j) \cdot k\Omega$

$R_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\cos(\varphi_0)} = 148.148 \cdot k\Omega$ $X_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\sin(\varphi_0)} = 43.419 \cdot k\Omega$

Dati relativi alla prova a carico

$\Delta v_A := 2.25\%$ $P_A := 200 \cdot kW$ $\cos\varphi_A := 0.8$ $\eta_A := 97.54\%$

$V_{12A} := V_{1n} \cdot (1 - \Delta v_A) = 19.55 \cdot kV$ $\sin\varphi_A := \sqrt{1 - \cos\varphi_A^{\,2}} = 0.6$ $\tan\varphi_A := \frac{\sin\varphi_A}{\cos\varphi_A} = 0.75$

$S_A := \frac{P_A}{\cos\varphi_A} = 250 \cdot kVA$ $I_{12A} := \frac{S_A}{\sqrt{3} \cdot V_{12A}} = 7.383\,A$

$$\eta_A = \frac{P_A}{P_A + P_0 + 3 \cdot R_1 \cdot I_{12A}^{\,2}} \Rightarrow R_1 := \frac{P_A \cdot \left(\frac{1}{\eta_A} - 1\right) - P_0}{3 \cdot I_{12A}^{\,2}} = 14.335\,\Omega$$

calcolo esatto di X_1

resistenza equivalente del carico riportata al primario $R_{1A} := \frac{P_A}{3 \cdot I_{12A}^{\,2}} = 1.223 \cdot k\Omega$

reattanza equivalente del carico riportata al primario $X_{1A} := R_{1A} \cdot \tan\varphi_A = 0.917 \cdot k\Omega$

$$\frac{V_{12A}}{V_{1n}} = \frac{\sqrt{R_{1A}^{\,2} + X_{1A}^{\,2}}}{\sqrt{(R_{1A} + R_1)^2 + (X_{1A} + X_1)^2}} \Rightarrow (R_{1A} + R_1)^2 + (X_{1A} + X_1)^2 = \frac{R_{1A}^{\,2} + X_{1A}^{\,2}}{\left(\frac{V_{12A}}{V_{1n}}\right)^2}$$

$$\Rightarrow X_1 := \sqrt{\frac{R_{1A}^{\,2} + X_{1A}^{\,2}}{\left(\frac{V_{12A}}{V_{1n}}\right)^2} - (R_{1A} + R_1)^2} - X_{1A} = 39.26\,\Omega$$

tensione di corto circuito con il calcolo esatto di X_1

$$Z_{1cc} := \sqrt{R_1^{\,2} + X_1^{\,2}} = 41.795\,\Omega \qquad v_{cc} := \frac{\sqrt{3}\,Z_{1cc}\cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4.18\cdot\%$$

calcolo approssimato di X_1

$$\Delta v_A\cdot V_{1n} = \sqrt{3}\cdot\left(R_1\cdot\cos\varphi_A + X_1\cdot\sin\varphi_A\right)\cdot I_{12A} \Rightarrow X_1 := \frac{\frac{\Delta v_A\cdot V_{1n}}{\sqrt{3}\cdot I_{12A}} - R_1\cdot\cos\varphi_A}{\sin\varphi_A} = 39.537\,\Omega$$

tensione di corto circuito con il calcolo approssimato di X_1

$$Z_{1cc} := \sqrt{R_1^{\,2} + X_1^{\,2}} = 42.056\,\Omega \qquad v_{cc} := \frac{\sqrt{3}\,Z_{1cc}\cdot I_{1n}}{V_{1n}} = 4.206\cdot\%$$

rendimento

$$\eta_n := \frac{P_n}{P_n + P_0 + 3\cdot R_1\cdot I_{1n}^{\,2}} = 97.935\cdot\%$$

MACCHINE ELETTRICHE **16 luglio 2008**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Determinazione in sede di progetto e sperimentale dei parametri del circuito equivalente di un trasformatore monofase nel funzionamento in corto circuito.

2) Determinazione della f.m.m. di eccitazione e del flusso nel funzionamento a vuoto di una macchina sincrona isotropa e anisotropa.

3) Macchina a corrente continua: commutazione.

Valutazione parte teorica	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE **16 luglio 2008**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase, alimentato a tensione nominale a 50 Hz, è collegato ad un carico trifase simmetrico costituito da tre resistenze collegate a stella di valore R_c=1.228 Ω; le resistenze assorbono una potenza attiva P_A=345 kW con una variazione di tensione da vuoto a carico pari a $\Delta v_{A\%}$=1.368%, mentre la corrente assorbita dal trasformatore risulta I_{1A}=13.46 A.
Inserendo in parallelo a ciascuna resistenza un condensatore di capacità C_c= 560 μF, la potenza attiva assorbita dalle resistenze diventa P_B=350 kW.
Supponendo trascurabile la corrente a vuoto, con riferimento al circuito equivalente semplificato e all'espressione semplificata della variazione di tensione, si ricavino:

1) le tensioni nominali primaria e secondaria;
2) i parametri R' e X' del circuito equivalente riferiti al primario.

ESERCIZIO N.2

Una macchina asincrona trifase ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
n° di poli	$2p$	= 4

La macchina, alimentata alla tensione nominale, è trascinata da un motore ausiliario a 3000 giri/min nello stesso verso di rotazione del campo magnetico rotante. In corrispondenza si hanno i seguenti valori:

corrente assorbita	I_1	= 168.72 A
potenza meccanica assorbita all'albero	P_m	= 64.9 kW
potenza elettrica assorbita	P_e	= 2.56 kW

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato e nell'ipotesi di trascurare la corrente a vuoto:

1) i parametri R_1, R_{12}, X;
2) la coppia massima nel funzionamento da motore e la coppia di avviamento;
3) la velocità a cui la macchina non assorbe né eroga potenza elettrica.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Tensioni nominali	V_{1n} = 15 kV	V_{2n} = 660 V	
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 8.804 Ω	X' = 21.354 Ω	

ESERCIZIO N.2

Parametri circuito equivalente	R_1 = 0.41 Ω	R_{12} = 0.38 Ω	X = 1.30 Ω
Coppia max e di avviamento	C_M = 259.27 Nm	C_{avv} = 150.96 Nm	
Velocità generatore →freno	n_R = 2890 giri/min		

ESERCIZIO N.1

$P_A := 345\,kW \qquad \Delta v_A := 1.368\% \qquad R_c := 1.228\,\Omega \qquad I_{1A} := 13.46\,A$

$I_{2A} := \sqrt{\frac{P_A}{3 \cdot R_c}} = 306.02\,A \qquad V_{2A} := \sqrt{3} \cdot R_c \cdot I_{2A} = 650.892\,V \qquad V_{2n} := \frac{V_{2A}}{1 - \Delta v_A} = 659.919\,V$

$k := \frac{I_{2A}}{I_{1A}} = 22.736 \qquad V_{1n} := k \cdot V_{2n} = 15.004\,kV \qquad R_{1cc} := \frac{\Delta v_A \cdot V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{1A}} = 8.804\,\Omega$

$C_c := 560\,\mu F \qquad X_c := -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_c} = -5.684\,\Omega \qquad Z_c := \frac{1}{\frac{1}{R_c} + \frac{1}{j \cdot X_c}} = (1.173 - 0.253j)\,\Omega$

$\varphi_c := \operatorname{atan}\left(\frac{R_c}{X_c}\right) = -12.191° \qquad |Z_c| = 1.2\,\Omega$

$P_B := 350\,kW \qquad I_{2B} := \sqrt{\frac{P_B}{3 \cdot R_c}} \cdot \frac{1}{\cos(\varphi_c)} = 315.341\,A \qquad V_{2B} := \sqrt{3} \cdot |Z_c| \cdot I_{2B} = 655.591\,V$

$V_{1B} := k \cdot V_{2B} = 14.905\,kV \qquad I_{1B} := \frac{I_{2B}}{k} = 13.87\,A \qquad \Delta v_B := \frac{V_{1n} - V_{1B}}{V_{1n}} = 0.656\%$

$\sqrt{3} \cdot \left(R_{1cc} \cdot \cos(\varphi_c) + X_{1cc} \cdot \sin(\varphi_c)\right) I_{1B} = \Delta v_B \cdot V_{1n}$

$X_{1cc} := \frac{\frac{\Delta v_B \cdot V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{1B}} - R_{1cc} \cdot \cos(\varphi_c)}{\sin(\varphi_c)} = 21.354\,\Omega$

ESERCIZIO N.2

$p := 2 \qquad f := 50\,Hz$

$n_0 := 1500\,rpm \qquad n := 3000\,rpm \qquad s_A := \frac{n_0 - n}{n_0} = -1 \qquad V_n := 380\,V$

$P_e := 2.56\,kW \qquad P_m := -64.9\,kW \qquad I_1 := 168.72\,A$

$P_{ps} := P_e - \frac{P_m}{2} = 35.01\,kW \qquad P_{pr} := \frac{-P_m}{2} = 32.45\,kW$

$R_1 := \frac{P_{ps}}{3 \cdot I_1^2} = 0.41\,\Omega \qquad R_{12} := \frac{P_{pr}}{3 \cdot I_1^2} = 0.38\,\Omega$

$X := \sqrt{\frac{V_n^2}{3 \cdot I_1^2} - (R_1 - R_{12})^2} = 1.3\,\Omega \qquad Z := \sqrt{R_1^2 + X^2} = 1.363\,\Omega$

$C_{m2}(1) = 150.955\,Nm$

$C_{m2}\left(\frac{R_{12}}{Z}\right) = 259.226\,Nm$

$s_R = -\frac{R_{12}}{R_1} = -0.927 \qquad n_R = n_0(1 - s_R) = 2890 \ \text{giri/ min}$

MACCHINE ELETTRICHE **3 settembre 2008**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Fenomeni legati al funzionamento a carico di un generatore sincrono trifase e reazione di indotto.

2) Motore asincrono trifase: regolazione della velocità.

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

Valutazione parte teorica	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE **3 settembre 2008**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore monofase sono note le seguenti caratteristiche:

tensione nominale primaria	V_{1n}	= 2.5 kV
frequenza nominale	f_n	= 50 Hz
perdite a vuoto a tensione nominale	P_0	= 150 W
corrente a vuoto a tensione nominale	$i_{0\%}$	= 3.4%

Il trasformatore è alimentato alla propria tensione nominale.
Quando la macchina alimenta un carico puramente resistivo con una corrente pari al 60% della nominale, la variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v'$ è pari allo 0.7% della tensione nominale; quando invece alimenta un carico puramente induttivo con la medesima corrente, la variazione di tensione $\Delta v''$ è pari al 3.8% della tensione nominale. In quest'ultima condizione di carico la potenza attiva assorbita dal trasformatore vale P'' = 276 W.
Determinare, utilizzando l'espressione semplificata della variazione di tensione da vuoto a carico:

1) i parametri R_0, X_0, R' e X' del circuito equivalente semplificato;
2) la potenza nominale P_n del trasformatore;
3) i valori η' ed η'' del rendimento nelle due condizioni di carico descritte.

ESERCIZIO N.2

Una macchina asincrona trifase ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
velocità nominale	n_n	= 1450 giri/min
perdite a vuoto a tensione nominale	P_0	= 550 W
corrente a vuoto a tensione nominale	I_0	= 5.08 A

La macchina, alimentata alla tensione nominale, viene fatta funzionare da freno; in corrispondenza si hanno i seguenti valori:

corrente assorbita	I_1	= 73.4 A
fattore di potenza	$\cos\varphi_1$	= 0.350
coppia frenante all'albero	C_f	= 42.5 Nm
frequenza rotorica	f_r	= 70 Hz

Determinare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) corrente, fattore di potenza, potenza, coppia e rendimento nominali.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza del ramo derivato	R_0 = 41.67 kΩ	X_0 = 6.2 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 2.43 Ω	X' = 13.19 Ω
Potenza nominale	P_n = 30 kVA	
Rendimenti	η' = 98.48 %	η'' = 0 %

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 262.54 kΩ	X_0 = 43.78 kΩ	
Resistenza e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.689 Ω	R_{12} = 0.665 Ω	X = 2.987 Ω
Corrente e fattore nominali	I_{1n} = 12.99 A	$\cos\varphi_{1n}$ = 0.865	
Potenza e coppia nominali	P_n = 6.4 kW	C_n = 42.14 Nm	
Rendimento nominale	η_n = 86.49 %		

Esercizio n°1

Dati nominali del trasformatore

$V_{1n} := 2.5\,kV$

Dati relativi alla prova a vuoto

$i_0 := 3.4\%$ $P_0 := 150\,W$

Carico resistivo

$\alpha_A := 60\%$ $\Delta v_A := 0.7\%$ $\Delta V_{1A} := \Delta v_A \cdot V_{1n} = 17.5\,V$

Carico induttivo

$\alpha_B := 60\%$ $\Delta v_B := 3.8\%$ $P_{aB} := 276\cdot W$

$\Delta V_{1B} := \Delta v_B \cdot V_{1n} = 95\,V$ $P_{pB} := P_{aB}$ $P_{pA} := P_{pB}$

Corrente e potenza nominale

$P_{CuA} := P_{pA} - P_0 = 126\,W$ $P_{CuA} = R_1 \cdot I_{12A}^{\,2} = \Delta V_{1A} \cdot I_{12A}$

$I_{12A} := \frac{P_{CuA}}{\Delta V_{1A}} = 7.2\,A$ $I_{1n} := \frac{I_{12A}}{\alpha_A} = 12\,A$ $P_n := V_{1n} \cdot I_{1n} = 30\cdot k$

Parametri ramo derivato

$P_0 = 150\,W$ $R_0 := \frac{V_{1n}^{\,2}}{P_0} = 41.667\cdot k\Omega$

$I_0 := i_0 \cdot I_{1n} = 0.408\,A$ $I_a := \frac{V_{1n}}{R_0} = 0.06\,A$ $I_\mu := \sqrt{I_0^{\,2} - I_a^{\,2}} = 0.404\,A$

$X_0 := \frac{V_{1n}}{I_\mu} = 6.195\cdot k\Omega$

Parametri ramo serie

$R_1 := \frac{\Delta V_{1A}}{I_{12A}} = 2.431\,\Omega$ $I_{12B} := I_{12A}$ $X_1 := \frac{\Delta V_{1B}}{I_{12B}} = 13.194\,\Omega$

$\eta_A := \frac{V_{1n}\cdot(1 - \Delta v_A) I_{12A}}{V_{1n}\cdot(1 - \Delta v_A) I_{12A} + P_{pA}} = 98.479\cdot\%$

MACCHINE ELETTRICHE **18 settembre 2008**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Autotrasformatore.
2) Diagramma polare della macchina sincrona a rotore liscio in parallelo sulla rete.
3) Motore a corrente continua con eccitazione indipendente: caratteristiche elettromeccaniche e meccanica e regolazione della velocità.

Valutazione parte teorica	1)_____ 2)_____
	3)_____ Totale_____

MACCHINE ELETTRICHE **18 settembre 2008**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore monofase sono note le seguenti caratteristiche:

potenza nominale	P_n	= 15 kVA
tensione nominale primaria	V_{1n}	= 220 V
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 5 kV
tensione di corto circuito	$v_{cc\%}$	= 7.5 %
fattore di potenza in corto circuito	$\cos\varphi_{cc}$	= 0.26

Alimentato alla tensione nominale, il trasformatore viene chiuso su di un carico di impedenza $\dot{\mathbf{Z}}_e = 1.9 + j2.7\ \text{k}\Omega$.

Supponendo trascurabile la corrente a vuoto, determinare:

1) la potenza apparente S_e assorbita dal carico;
2) la caduta di tensione interna percentuale $\Delta v_{Zcc\%}$.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono con le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
numero di poli	$2p$	= 4
collegamento fasi di statore	stella	

ha dato in sede di collaudo i seguenti risultati:

Misura volt-amperometrica		
Resistenza di una fase di statore	R_1	= 0.14 Ω
Prova a vuoto a tensione nominale		
corrente assorbita	I_0	= 12.5 A
potenza attiva assorbita	P_0	= 1.6 kW
Prova a rotore bloccato a tensione ridotta		
tensione concatenata di alimentazione	V_{1cc}	= 81 V
corrente assorbita	I_{1cc}	= 66.1 A
potenza attiva assorbita	P_{cc}	= 3.44 kW

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_{12}, X;
2) i valori di potenza all'albero, coppia, corrente, fattore di potenza e rendimento corrispondenti alle condizioni nominali con velocità di rotazione n_n=1455 giri/min.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Potenza apparente assorbita dal carico	S_e = 7.06 kVA
Caduta di tensione interna percentuale	$\Delta v_{Zcc\%}$ = 3.66%

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 90.3 Ω	X_0 = 17.9 Ω
Resistenza di rotore e reattanza di corto circuito	R_{12} = 0.139 Ω	X = 0.682 Ω
Potenza all'albero nominale	P_n = 28 kW	
Coppia nominale	C_n = 183.8 Nm	
Corrente nominale	I_{1n} = 51.2 A	
Fattore di potenza nominale	$\cos\varphi_{1n}$ = 0.931	
Rendimento nominale	η_n = 89.3 %	

Esercizio n°1

Dati del trasformatore

$P_n := 15kV \cdot A$ $V_{1n} := 220V$ $V_{2n} := 5kV$

$v_{cc} := 7.5\%$ $\cos\varphi_{cc} := 0.26$

Impedenza carico

$Z_e := (1.9 + j \cdot 2.7) \cdot k\Omega$

$k := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 0.044$ $Z_{1e} := k^2 Z_e = (3.678 + 5.227j)\,\Omega$ $\varphi_{cc} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{cc}) = 74.93 \cdot °$

$Z_{1cc} := v_{cc} \cdot \frac{V_{1n}^2}{P_n} \cdot e^{j \cdot \varphi_{cc}} = (0.063 + 0.234j)\,\Omega$ $|Z_{1cc}| = 0.242\,\Omega$ $R_{1cc} := \operatorname{Re}(Z_{1cc}) = 0.063\,\Omega$ $X_{1cc} := \operatorname{Im}(Z_{1cc}) = 0.234\,\Omega$

$Z_t := Z_{1cc} + Z_{1e} = (3.741 + 5.461j)\,\Omega$ $I_{12} := \frac{V_{1n}}{Z_t} = (18.784 - 27.417j)\,A$ $|I_{12}| = 33.235\,A$

$S_e := |Z_{1e}| \cdot (|I_{12}|)^2 = 7.06 \cdot kVA$ $\Delta v_{Zcc} := \frac{|Z_{1cc}| \cdot |I_{12}|}{V_{1n}} = 3.656 \cdot \%$

Esercizio n°2

Dati nominali del motore

$V_n := 380V$ $f_n := 50Hz$ $p := 2$ $\Omega_n := 1455 \cdot giri \cdot min^{-1}$ $\Omega_0 := \frac{(2 \cdot \pi \cdot f_n)}{p} = 1.5 \times 10^3 \cdot \frac{giri}{min}$ $s_n := \frac{\Omega_0 - \Omega_n}{\Omega_0} = 3 \cdot \%$

Resistenza di una fase statorica

$R_1 := 0.14 \cdot \Omega$

Dati relativi alla prova a vuoto

$I_0 := 12.5A$ $P_0 := 1600W$ $\varphi_0 := \operatorname{acos}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3}\, V_n \cdot I_0}\right) = 78.786 \cdot °$ $Z_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3}\, I_0} = 17.551\,\Omega$

$I_0 := I_0 \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (2.431 - 12.261j)\,A$ $R_0 := \frac{V_n^2}{P_0} = 90.25\,\Omega$ $X_0 := \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_0^2} - \frac{1}{R_0^2}}} = 17.893\,\Omega$

Prova a rotore bloccato

tensione di prova corrente assorbita potenza attiva assorbita

$V_{1cc} := 81 \cdot V$ $I_{1cc} := 66.1A$ $P_{cc} := 3440 \cdot W$ $\cos\varphi_{1cc} := \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V_{1cc} \cdot I_{1cc}} = 0.371$ $\varphi_{1cc} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{1cc}) = 68.226 \cdot °$

$I_{1cc} := I_{1cc} \cdot e^{-j \cdot \varphi_{1cc}} = (24.52 - 61.384j)\,A$ $I_{0cc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} \cdot Z_0} \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (0.518 - 2.614j)\,A$ $I_{12cc} := I_{1cc} - I_{0cc} = (24.001 - 58.77j)\,A$

parametri del ramo serie

$Z_{1cc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} \cdot I_{12cc}} = (0.279 + 0.682j)\,\Omega$ $R_{12} := \operatorname{Re}(Z_{1cc}) - R_1 = 0.139\,\Omega$ $X := \operatorname{Im}(Z_{1cc}) = 0.682\,\Omega$

corrente, fattore di potenza, potenza, coppia e rendimento nominali

$I_{12n} := \frac{V_n}{\sqrt{3}\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n} + j \cdot X\right)} = (45.189 - 6.478j)\,A$ $|I_{12n}| = 45.651\,A$ $\arg(I_{12n}) = -8.158 \cdot °$

$I_{1n} := I_0 + I_{12n} = (47.62 - 18.74j)\,A$ $|I_{1n}| = 51.174\,A$ $\varphi_{1n} := \arg(I_{1n}) = -21.481 \cdot °$

$\cos\varphi_{1n} := \cos(\varphi_{1n}) = 0.931$ $P_n := 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} \cdot (|I_{12n}|)^2 = 28.001 \cdot kW$

$C_n := \frac{P_n}{\Omega_n} = 183.774 \cdot N \cdot m$ $\eta_n := \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V_n \cdot |I_{1n}| \cdot \cos\varphi_{1n}} = 89.339 \cdot \%$