MACCHINE ELETTRICHE **10 gennaio 2007**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Autotrasformatore.

2) Diagramma polare di una macchina sincrona a rotore liscio in parallelo sulla rete.

3) Determinazione della caratteristica meccanica di una macchina asincrona nel funzionamento come motore, generatore e freno.

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

MACCHINE ELETTRICHE 10 **gennaio 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase ha i seguenti dati nominali:

potenza	P_n	= 80 kVA
tensione primaria	V_{1n}	= 20 kV
tensione secondaria	V_{2n}	= 400 V

Si hanno inoltre le perdite nelle seguenti condizioni di esercizio:

tensione alimentazione: 90%V_{1n}, corrente erogata: I_{2n}	P_{p1}	= 1452 W
tensione alimentazione: V_{1n}, corrente erogata: 60%I_{2n}	P_{p2}	= 612 W

È inoltre nota la tensione di cortocircuito v_{cc}=4%.
Determinare:

1) i parametri R' e X' del circuito equivalente semplificato riferito al primario;
2) la tensione concatenata V_2 secondaria quando il trasformatore eroga una corrente pari all'80% del valore nominale con un fattore di potenza del carico cosφ_e=0.7;
3) il rendimento η del trasformatore nella suddetta condizione di carico.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono trifase a rotore avvolto (V_{1n}=380 V, 2p=2, f=50 Hz) nella prova a rotore bloccato in corto circuito assorbe una corrente con un fattore di potenza cosφ_{cc}=0.316. Collegando l'avvolgimento rotorico ad una terna di resistenze uguali di valore opportuno ed alimentando il motore alla tensione V_{1n}, si ottiene all'avviamento il valore di coppia massima C_M=31.26 Nm; in tali condizioni la potenza dissipata sul reostato è pari al 71.6% della totale potenza attiva assorbita Nell'ipotesi di corrente a vuoto trascurabile, ricavare:

1) i parametri R_1, R_{12}, X del circuito equivalente;
2) il rapporto ρ_{Iavv} tra il valore della corrente di avviamento con reostato inserito e quello che si avrebbe con l'avviamento con rotore cortocircuitato.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza di corto circuito	$R' = 84.37\ \Omega$	$X' = 181.33\ \Omega$	
Tensione concatenata secondaria a carico	$V_2 = 388.4$ V		
Rendimento	$\eta = 98.0\ \%$		

ESERCIZIO N.2

Resistenze e reattanza di corto circuito	$R_1 = 1.01\ \Omega$	$R_{12} = 1.08\ \Omega$	$X = 6.27\ \Omega$
Rapporto correnti di avviamento	$\rho_{Iavv} = 0.684$		

ESERCIZIO N.1

$$\begin{cases} 0.9^2 P_0 + P_{cc} = 1452\,\text{W} \\ P_0 + 0.6^2 P_{cc} = 612\,\text{W} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} P_0 = 126\,\text{W} \\ P_{cc} = 1350\,\text{W} \end{cases}$$

$$Z_{cc} = v_{cc}\frac{V_{1n}}{\sqrt{3}I_{1n}} = v_{cc}\frac{V_{1n}^2}{\sqrt{3}V_{1n}I_{1n}} = v_{cc}\frac{V_{1n}^2}{P_n} = 200\,\Omega$$

$$P_{cc} = 3R'I_{1n}^2 \Rightarrow R' = \frac{P_{cc}}{3I_{1n}^2} = \frac{P_{cc}V_{1n}^2}{3V_{1n}^2I_{1n}^2} = \frac{P_{cc}V_{1n}^2}{P_n^2} = 84.38\,\Omega$$

$$X' = \sqrt{Z_{cc}^2 - R'^2} = 181.33\,\Omega$$

$$\Delta v = \frac{\alpha\sqrt{3}I_{1n}\left(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e\right)}{V_{1n}} = \frac{\alpha P_n\left(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e\right)}{V_{1n}^2} = 0.0302$$

$$V_2 = (1-\Delta v)V_{2n} = 387.9\,\text{V}$$

$$\eta = \frac{\alpha P_n\cos\varphi_e}{\alpha P_n\cos\varphi_e + P_0 + \alpha^2 P_{cc}} = 98.02\%$$

ESERCIZIO N.2

$$\Omega_0 = \frac{2\pi f}{p} = 314.14\,\text{rad/s}$$

$$R_s = R_1 + R_{12}$$

$$C_M = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0(R_1+Z)} = 31.26\,\text{Nm} \Rightarrow R_1 + Z = \frac{V_{1n}^2}{2\Omega_0 C_M} = Z^* = 7.352\,\Omega$$

$$R_{reost} = \alpha(R_s + R_{reost}) \Rightarrow R_{reost} = \frac{\alpha}{1-\alpha}R_s = kR_s \;\; (\alpha = 0.716, k = 2.521)$$

$$s_M = \frac{R_{12} + R_{reost}}{Z} = 1 \Rightarrow R_{12} + kR_s = Z = Z^* - R_1 \Rightarrow (1+k)R_s = Z^* \Rightarrow R_s = \frac{Z^*}{1+k} = 2.088\,\Omega$$

$$X = \tan\varphi_{cc}R_s = \tan\cos^{-1}0.316 \cdot 2.088 = 6.27\,\Omega$$

$$(R_{12} + kR_s)^2 = R_1^2 + X^2 = (R_s - R_{12})^2 + X^2 \Rightarrow R_{12}^2 + 2kR_sR_{12} + k^2R_s^2 = R_{12}^2 - 2R_sR_{12} + R_s^2 + X^2 \Rightarrow$$

$$2(1+k)R_sR_{12} = (1-k^2)R_s^2 + X^2 \Rightarrow R_{12} = \frac{(1-k^2)R_s^2 + X^2}{2(1+k)R_s} = 1.08\,\Omega, \;\; R_1 = R_s - R_{12} = 1.00\,\Omega$$

$$\rho_{Iavv} = \frac{\dfrac{V_{1n}}{\sqrt{3}\sqrt{(R_s+R_{reost})^2 + X^2}}}{\dfrac{V_{1n}}{\sqrt{3}\sqrt{R_s^2+X^2}}} = \frac{\sqrt{R_s^2+X^2}}{\sqrt{(1+k)^2R_s^2 + X^2}} = 0.684$$

MACCHINE ELETTRICHE **20 giugno 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Ripartizione della potenza attiva e reattiva nel funzionamento come generatore e come motore di una macchina sincrona collegata in parallelo alla rete.

2) Tracciamento del diagramma circolare di un motore asincrono in sede di progetto e di collaudo.

3) F.e.m. indotte in un conduttore e f.e.m. indotte alle spazzole nel funzionamento a vuoto di una macchina a corrente continua.

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

MACCHINE ELETTRICHE **20 giugno 2007**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore trifase ha i seguenti dati nominali:

potenza	P_n	= 200 kVA
tensione primaria	V_{1n}	= 20 kV
tensione secondaria	V_{2n}	= 400 V

Sono inoltre noti l'argomento dell'impedenza di cortocircuito φ_{12cc}=73.74° e le perdite a vuoto p_0=0.8%.
Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale e collegato ad un carico che assorbe una potenza attiva P=150 kW ed una potenza reattiva Q=80 kVAr, eroga una corrente pari all'87.12% di quella nominale.
Determinare:

1) i parametri R' e X' del circuito equivalente semplificato;
2) la tensione di cortocircuito v_{cc} (in percento);
3) il rendimento corrispondente alla condizione di carico descritta.

ESERCIZIO N.2

Una macchina asincrona trifase ha le seguenti caratteristiche nominali:

potenza	P_n	= 6.6 kW
tensione	V_n	= 380 V
corrente	I_{1n}	= 14.22 A
fattore di potenza	$\cos\varphi_{1n}$	= 0.807
velocità di rotazione	n_n	= 1450 giri/min

Sono inoltre noti i seguenti valori:

corrente a vuoto	I_0	= 6.9 A
perdite a vuoto	P_0	= 516 W
scorrimento corrispondente alla coppia max	s_M	= 21.95%

Con riferimento al circuito equivalente semplificato, ricavare i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 22.4 Ω	X' = 76.8 Ω
Tensione di corto circuito	v_{cc} = 4%	
Rendimento	η = 97.85 %	

$P_n = 200\,\text{kVA},\ V_{1n} = 20\,\text{kV},\ V_{2n} = 400\,\text{V}, p_0 = 0.8\,\%,\ \varphi_{12\,cc} = 73.74\,°,\ P = 150\,\text{kW},\ Q$=80 kVAr, α=87.12%

$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}\,V_{1n}}$=5.77 A, $I_{12} = \alpha\, I_{1n} = 5.03\,\text{A}$,

$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = 170\,\text{kVA},\ \varphi_e = \tan^{-1}\frac{Q}{P} = 0.49,\ V_{12} = \frac{S}{\sqrt{3}\,I_{12}}$=19512.9 V,

ΔV_1=487.1 V, $\sqrt{3}\,(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e)\,I_{12} = \sqrt{3}\,Z_{12\,cc}(\cos\varphi_{12\,cc}\cos\varphi_e + \sin\varphi_{12\,cc}\sin\varphi_e)\,I_{12} = \Delta V_1 \Longrightarrow$

$Z_{12\,cc} = \frac{\Delta V_1}{\sqrt{3}\,(\cos\varphi_{12\,cc}\cos\varphi_e + \sin\varphi_{12\,cc}\sin\varphi_e)\,I_{12}} = 80\,\Omega$

$R' = Z_{12\,cc}\cos\varphi_{12\,cc}$=22.4 Ω, $X' = Z_{12\,cc}\sin\varphi_{12\,cc}$=76.8 Ω, $v_{cc} = \frac{\sqrt{3}\,Z_{12\,cc}\,I_{1n}}{V_{1n}} = 4\,\%$, $\eta = \frac{P}{P + P_0 + 3\,R'\,I_{12}^2}$=97.85%

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 279.8 Ω	X_0 = 32 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.6 Ω	R_{12} = 0.65 Ω	X = 2.9 Ω

$V_n = 380, P_n = 6.6\,\text{kW}$, I_{1n}=14.22 A, $\cos\varphi_{1n}$=0.807, $n_n = 1450\,\text{giri/min}$, $I_0 = 6.9\,A$, $P_0 = 516\,W$,
$s_M = 21.95\,\%$

$\Omega_0 = \frac{2\pi\,1500}{60} = 157.08\,\text{rad/s}$

$s_n = \frac{1500-1450}{1500}$=3.333%

$\varphi_0 = \cos^{-1}\frac{P_0}{\sqrt{3}\,V_n\,I_0} = 83.48\,°$

$\bar{I}_0 = I_0\angle -\varphi_0$=6.9∠-83.48° =0.784-$j$6.855 A

$R_0 = \frac{V_{1n}^2}{P_0}$=279.8 Ω

$Z_0 = \frac{V_{12}}{\sqrt{3}\,I_0} = 31.8\,\Omega$

$\frac{1}{X_0} = \sqrt{\frac{1}{Z_0^2} - \frac{1}{R_0^2}} \Longrightarrow X_0 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_0^2} - \frac{1}{R_0^2}}} = 32\,\Omega$

$\varphi_n = \cos^{-1} 0.807 = 36.2\,°$

$\bar{I}_{1n} = i_n\angle -\varphi_n$=14.22∠-36.2°

$\bar{I}_{12n}$=$\bar{I}_{1n} - \bar{I}_0 = 10.692 - j1.543$A=10.803 A

$C_n = \frac{P_n}{\frac{2\pi n_n}{60}} = 43.47\,\text{Nm} \Longrightarrow \frac{3\,R_{12}\,I_{12n}^2}{\Omega_0\,s_n} = C_n \Longrightarrow R_{12} = \frac{C_n\,\Omega_0\,s_n}{3\,I_{12n}^2} = 0.65\ \Omega$

$s_M = \frac{R_{12}}{Z} \Longrightarrow Z = \frac{R_{12}}{s_M} = 2.96\,\Omega$

$C_n = \frac{V_n^2\,R_{12}}{\Omega_0\left(s_n\,Z^2 + 2\,R_1\,R_{12} + \frac{R_{12}^2}{s_n}\right)} \Longrightarrow s_n\,Z^2 + 2\,R_1\,R_{12} + \frac{R_{12}^2}{s_n} = \frac{V_n^2\,R_{12}}{\Omega_0\,C_n}$

$R_1 = \frac{\frac{V_n^2\,R_{12}}{\Omega_0\,C_n} - \frac{R_{12}^2}{s_n} - s_n\,Z^2}{2\,R_{12}} = 0.6\,\Omega \qquad X = \sqrt{Z^2 - R_1^2} = 2.9\,\Omega$

MACCHINE ELETTRICHE **18 luglio 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Forza magnetomotrice prodotta da un avvolgimento distribuito trifase percorso da una terna equilibrata di correnti.

2) Funzionamento di una macchina asincrona trifase con circuiti rotorici in corto circuito e rotore in movimento.

3) Poli ausiliari ed avvolgimenti compensatori in una macchina a corrente continua: loro funzione e diagrammi di f.m.m. e di induzione.

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

MACCHINE ELETTRICHE **18 luglio 2007**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Un trasformatore monofase è alimentato alla propria tensione nominale V_{1n} = 1500 V.
Quando funziona a vuoto, la macchina assorbe la potenza apparente S_0 = 4.5 kVA con fattore di potenza della corrente pari a $\cos\varphi_0$= 0.124.
Quando invece alimenta un carico puramente resistivo con una corrente pari al 70% della nominale, il trasformatore presenta una variazione di tensione da vuoto a carico $\Delta v'$ è pari allo 0.8% della tensione nominale.
Quando infine alimenta un carico puramente induttivo con la medesima corrente, la variazione di tensione $\Delta v''$ è pari al 3.5% della tensione nominale; in quest'ultima condizione la potenza attiva assorbita dal trasformatore vale P''=1398 W.
Determinare, utilizzando l'espressione semplificata della variazione di tensione da vuoto a carico:

1) i parametri 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

Un motore asincrono trifase ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
numero di poli	$2p$	= 4
corrente a vuoto a tensione nominale	I_0	= 9.77 A
perdite a vuoto a tensione nominale	P_0	= 413 W

Quando il motore, alimentato a tensione nominale, produce la coppia massima C_M = 80 Nm, la potenza attiva assorbita è pari a P_{aM} =15913 W mentre le perdite negli avvolgimenti di statore e rotore valgono P_{pM} = 5.5 kW.
Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) la velocità n_M in corrispondenza della coppia massima.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____
	Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 0.1714 Ω	X' = 0.75 Ω
Potenza nominale	P_n = 150 kVA	
Rendimenti	η' = 98.68 %	η'' = 0

$V_{1n} = 1500\ \mathrm{V};\ S_0 = 4.5\ \mathrm{kVA};\ \cos\varphi_0 = 0.124;\ P_0 = S_0 \cos\varphi_0 = 558\ \mathrm{W};\ P_p = 1398\ \mathrm{W}$

$R' I_{12} = \Delta V_1 = \Delta v_1 V_{1n} = 12.\ \mathrm{V};\ P_p - P_0 = R' I_{12}^2 = \Delta V_1 I_{12} \Longrightarrow I_{12} = (P_p - P_0)/\Delta V_1 = 70\ \mathrm{A};$

$I_{1n} = I_{12}/\alpha = 100\ \mathrm{A};$

$R' = \Delta V'/I_{12} = 0.1714\ \Omega;\ X' = \Delta v_2 V_{1n}/I_{12} = 0.75\ \Omega;\ R_0 = V_{1n}^2/P_0 = 4032\ \Omega;\ X_0 = V_{1n}^2/\sqrt{S_0^2 - P_0^2} = 503.9\ \Omega;$

$\eta' = \frac{V_{1n}(1-\Delta v_1) I_{12}}{V_{1n}(1-\Delta v_1) I_{12} + P_p} = 98.68\%;\ \eta'' = 0$ (carico puramente induttivo!)

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 350 Ω	X_0 = 22.5 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 1.087 Ω	R_{12} = 0.951 Ω	X = 4.529 Ω
Velocità in corrispondenza della coppia massima		n_M = 1194 giri/min	

MACCHINE ELETTRICHE **3 settembre 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Determinazione dei circuiti equivalenti di un trasformatore monofase e considerazioni relative ai vari parametri.

2) Diagrammi di Potier e di Behn-Eshemburg.

3) Motore asincrono a doppia gabbia: principio di funzionamento, circuito equivalente e diagramma di funzionamento.

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

MACCHINE ELETTRICHE **3 settembre 2007**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore trifase sono note le seguenti caratteristiche:

tensione nominale primaria	V_{1n}	= 20 kV
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 0.4 kV
potenza nominale	P_n	= 160 kVA
perdite a vuoto	P_0	= 900 W
tensione di cortocircuito	$v_{cc\%}$	= 4%

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale, eroga la medesima corrente I_L in due diverse condizioni di carico, nel primo caso con fattore di potenza $\cos\varphi_e$=0.76 in ritardo e nel secondo con lo stesso fattore di potenza in anticipo. Le variazioni di tensione corrispondenti valgono rispettivamente $\Delta v'$=3.3% e $\Delta v''$= –1.6%.
Ricavare, utilizzando l'espressione semplificata della variazione di tensione da vuoto a carico:

1) i parametri R' e X' del circuito equivalente semplificato;
2) il valore della corrente I_L erogata dal trasformatore;
3) i valori η' ed η'' del rendimento nelle condizioni di carico descritte.

ESERCIZIO N.2

Una macchina asincrona trifase a rotore avvolto ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
numero di poli	$2p$	= 4
corrente a vuoto	I_0	= 6.13 A
perdite a vuoto	P_0	= 458 W

La macchina, collegata ad una rete trifase di potenza infinita con tensione V_n e frequenza f, è accoppiata meccanicamente a una turbina eolica, dalla quale viene trascinata in rotazione a velocità superiore a quella di sincronismo. In tali condizioni di funzionamento si ha:

velocità	n	= 1545 giri/min
coppia elettromagnetica (frenante)	C	= – 38.17 Nm
corrente erogata	I_1	= 10.92 A
fattore di potenza della corrente erogata	$\cos\varphi_1$	= 0.748

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato e considerando che la corrente erogata corrisponde alla corrente assorbita cambiata di segno:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) la potenza attiva P erogata alla rete;
3) la massima coppia frenante C_{Mg} e la corrispondente velocità n_{Mg} che la macchina può sviluppare nelle condizioni di collegamento alla rete sopra indicate.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 28.44 Ω	X' = 95.87 Ω
Corrente erogata	I_L = 227 A	
Rendimenti	η' = 97.75 %	η'' = 97.86 %

In base alla formula per il calcolo della variazione di tensione da vuoto a carico si ha:

$$\begin{cases}\sqrt{3}I'_L\left(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e\right) = V_{1n}\Delta v' \\ \sqrt{3}I'_L\left(R'\cos\varphi_e - X'\sin\varphi_e\right) = V_{1n}\Delta v''\end{cases} \overset{\text{sommo e sottraggo membro a membro}}{\Longrightarrow} \begin{cases}2\sqrt{3}I'_L\,R'\cos\varphi_e = V_{1n}\left(\Delta v'+\Delta v''\right) \\ 2\sqrt{3}I'_L\,X'\sin\varphi_e = V_{1n}\left(\Delta v'-\Delta v''\right)\end{cases} \overset{1^a\text{ eq.}/2^a\text{ eq.}}{\Longrightarrow} \frac{R'}{X'\tan\varphi_e} = \frac{\Delta v'+\Delta v''}{\Delta v'-\Delta v''}$$

con i dati del problema $\dfrac{R'}{X'\tan\varphi_e} = \dfrac{\Delta v'+\Delta v''}{\Delta v'-\Delta v''} \Rightarrow \dfrac{R'}{0.8552X'} = 0.3469 \Rightarrow \dfrac{R'}{X'} = 0.2967$

$$I_{1n} = \frac{P_n}{\sqrt{3}V_{1n}} = \frac{160}{\sqrt{3}20} = 4.619\,\text{A} \Rightarrow V_{1cc} = \sqrt{3}I_{1n}Z_{cc} \Rightarrow Z_{cc}^2 = R'^2 + X'^2 = \frac{V_{1cc}^2}{3I_{1n}^2} \Rightarrow R'^2 + X'^2 = \frac{\left(0.04\cdot 2010^3\right)^2}{3\cdot 4.619^2} = 10^4\,\Omega^2$$

Combinando le due equazioni:

$$0.2967^2\,X'^2 + X'^2 = 10^4 \Rightarrow X' = \sqrt{\frac{10^4}{1+0.2967^2}} = 95.87\,\Omega,\quad R' = 0.2967\,X' = 28.44\,\Omega$$

La corrente erogata riferita al primario I'_L si ricava da una delle 2 prime equazioni:

$$I'_L = \frac{V_{1n}\Delta v'}{\sqrt{3}\left(R'\cos\varphi_e + X'\sin\varphi_e\right)} = 4.54\,\text{A} \Rightarrow I_L = I'_L\,\frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 227\,\text{A}$$

Le potenze attive erogate nei due casi valgono:

$$P'_a = \sqrt{3}V_{2n}\left(1-\Delta v'\right)I_L\cos\varphi_e = \sqrt{3}\cdot 400\cdot\left(1-0.033\right)\cdot 227\cdot 0.76 = 115.59\,\text{kW}$$

$$P''_a = \sqrt{3}V_{2n}\left(1-\Delta v''\right)I_L\cos\varphi_e = \sqrt{3}\cdot 400\cdot\left(1+0.016\right)\cdot 227\cdot 0.76 = 121.45\,\text{kW}$$

In entrambi i casi le perdite nel rame valgono:

$$P_{Cu} = 3R'\,I'^2_L = 3\cdot 28.44\cdot 4.54^2 = 1759\,\text{W}$$

e quindi si ottengono i rendimenti:

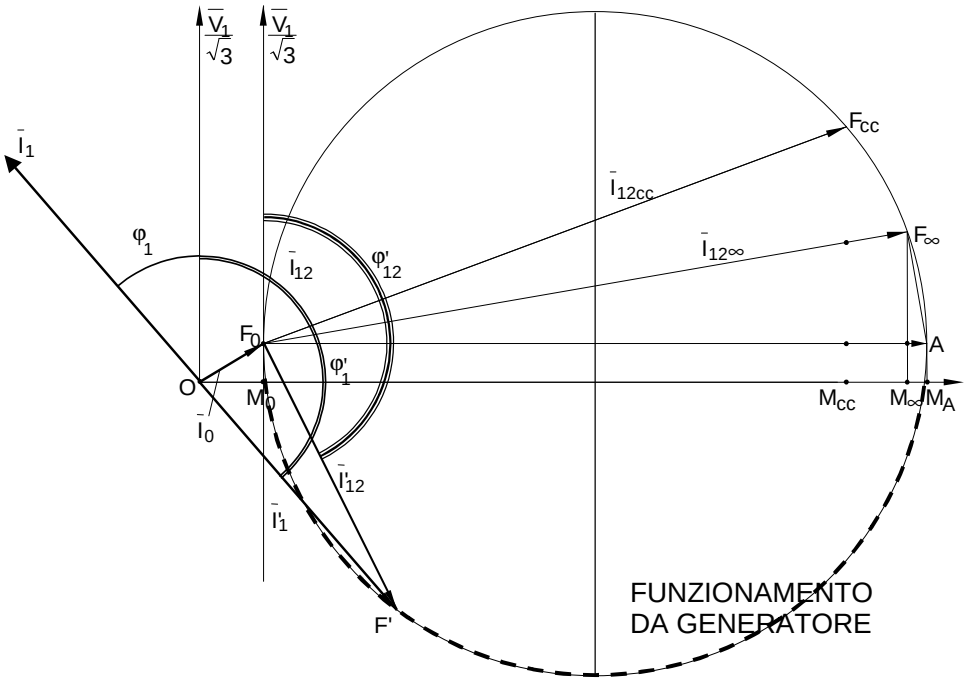
$$\eta' = \frac{P'_a}{P'_a + P_0 + P_{Cu}} = \frac{115.59}{115.59 + 0.458 + 1.759} = 97.75\%$$

$$\eta'' = \frac{P''_a}{P''_a + P_0 + P_{Cu}} = \frac{121.45}{121.45 + 0.458 + 1.759} = 97.86\%$$

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 315 Ω	X_0 = 36 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.67 Ω	R_{12} = 0.75 Ω	X = 3.18 Ω
Potenza erogata	P = 5376 W		
Coppia massima e velocità corrispondente	C_{Mg} = –178.2 Nm	n_{Mg} = 1846 giri/min	

Innanzitutto bisogna considerare che nel funzionamento come generatore il vettore **corrente assorbita** $\boldsymbol{I}'_1$ si muove nella zona tratteggiata del diagramma circolare, ed il vettore **corrente erogata** $\boldsymbol{I}_1$ sarà orientato in direzione opposta. Detto φ_1 lo sfasamento di $\boldsymbol{I}_1$, $\boldsymbol{I}'_1$ risulta quindi sfasato di $\varphi'_1 = 180° - \varphi_1$.



Con i dati del problema:

$$\varphi'_1 = 180° - \cos^{-1} 0.748 = 138.4°$$

(da osservare che $\cos\varphi'_1 = -0.748 < 0$, in quanto la potenza attiva **assorbita** è negativa, funzionando da generatore).
Corrente assorbita

$$\bar{\boldsymbol{I}}'_1 = \left|\bar{\boldsymbol{I}}_1\right| e^{-j\varphi'_1} = 10.92(-0.748 - j0.664) = -8.17 - j7.25 \text{ A}$$

Ramo derivato:

$$\varphi_0 = \cos^{-1}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3}V_n I_0}\right) = 83.48°, \quad Z_0 = \frac{V_n}{\sqrt{3}I_0} = 35.77\,\Omega, \quad R_0 = \frac{Z_0}{\cos\varphi_0} = 315\,\Omega, \quad X_0 = \frac{Z_0}{\sin\varphi_0} = 36\,\Omega$$

corrente a vuoto e nel ramo serie

$$\bar{\boldsymbol{I}}_0 = I_0 e^{-j\varphi_0} = 0.696 - j6.094\,\text{A} \Rightarrow \bar{\boldsymbol{I}}_{12} = \bar{\boldsymbol{I}}'_1 - \bar{\boldsymbol{I}}_0 = -8.864 - j1.157\,\text{A} = 8.94\,\text{A}\angle -172.6°$$

Note la coppia e la corrente $\boldsymbol{I}_{12}$, si ricava R_{12} come:

$$C = \frac{P_m}{\Omega} = \frac{3R_{12}I_{12}^2\dfrac{1-s}{s}}{\Omega_0(1-s)} = \frac{3R_{12}I_{12}^2}{\Omega_0 s} \Rightarrow R_{12} = \frac{C\Omega_0 s}{3I_{12}^2} = \frac{-38.17\cdot 157.08\cdot(-0.03)}{3\cdot 8.94^2} = 0.75\,\Omega$$

Si ha inoltre:

$$\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s}\right) + \boldsymbol{j}X = \frac{V_n}{\sqrt{3}\bar{\boldsymbol{I}}_{12}} = -24.34 + \boldsymbol{j}3.18 \Rightarrow R_1 + \frac{0.75}{-0.03} = -24.34 \Rightarrow R_1 = 0.67\,\Omega,\ X = 3.18\,\Omega$$

Coppia massima da generatore e velocità corrispondente:

$$Z = \sqrt{R_1^2 + X^2} = 3.25\,\Omega \Rightarrow C_{Mg} = \frac{V^2}{2\Omega_0(R_1 - Z)} = -178.2\,Nm,$$

$$s_{Mg} = -\frac{R_{12}}{Z} = -0.231 \Rightarrow n_{Mg} = n_0(1 + s_{Mg}) = 1846 \text{ giri / min}$$

MACCHINE ELETTRICHE **20 settembre 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Generatore sincrono: curve caratteristiche.

2) Motore asincrono: regolazione della velocità con variazione della frequenza.

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 **20 settembre 2007**	**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	= 160 kVA
corrente a vuoto	$i_{0\%}$	= 3.8 %
perdite a vuoto	$p_{0\%}$	= 0.9 %
tensione di cortocircuito	$v_{cc\%}$	= 4%
perdite di cortocircuito	P_{cc}	= 1540 W

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale, è chiuso su di un carico costituito da una terna di impedenze uguali collegate a triangolo, ciascuna formata da una resistenza $R_{e\Delta}$=2.3 Ω in serie a una reattanza $X_{e\Delta}$=1.6 Ω.
Si ricavino:

1) i parametri R_0, X_0, R' e X' del circuito equivalente semplificato riferiti al primario;
2) la variazione di tensione da vuoto a carico, confrontando i valori ottenuti utilizzando la procedura più accurata e l'espressione semplificata;
3) il rendimento.

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	= 7.5 A
perdite a vuoto	P_0	= 450 W
coppia	C_n	= 105.0 Nm

Quando il motore, alimentato alla tensione nominale, produce la coppia massima, valgono i seguenti dati:

coppia	C_M	= 202.2 Nm
velocità	n_M	= 1249 giri/min
potenza attiva assorbita	P_M	= 36.78 kW
corrente assorbita	I_{1M}	= 77.15 A

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_1, R_{12}, X;
2) velocità di rotazione e rendimento corrispondenti al punto di lavoro nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 156.25 kΩ	X_0= 38.09 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 13.54 Ω	X' = 54.60 Ω
Variazione di tensione	$\Delta v_{\%}$ = 3.16 % (esatta)	$\Delta v_{\%}$ = 3.12 % (approssimata)
Rendimento	η = 97.71 %	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 320.9 Ω	X_0 = 29.4 Ω	
Resistenze e reattanza di corto circuito	R_1 = 0.296 Ω	R_{12} = 0.345 Ω	X = 1.953 Ω
Velocità nominale	n_n = 1432 giri/min		
Rendimento nominale	η_n = 89.5 %		

Esercizio n°1

Dati del trasformatore

$P_n := 160kV \cdot A$ $V_{1n} := 15kV$ $V_{2n} := 400V$ $k := \frac{V_{1n}}{V_{2n}} = 37.5$

$I_{1n} := \frac{P_n}{\sqrt{3} V_{1n}} = 6.158\,A$ $I_{2n} := k \cdot I_{1n} = 230.94\,A$

$i_0 := 3.8\%$ $p_0 := 0.9\%$

$I_{10} := I_{1n} \cdot i_0 = 0.234\,A$ $P_0 := P_n \cdot p_0 = 1.44 \cdot kW$ $\cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3} V_{1n} \cdot I_{10}} = 0.237$

$\varphi_0 := \operatorname{acos}(\cos\varphi_0) = 76.3 \cdot °$ $Z_{10} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{10} \cdot e^{-j \cdot \varphi_0}} = (8.765 + 35.954i) \cdot k\Omega$

$R_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\cos(\varphi_0)} = 156.25 \cdot k\Omega$ $X_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\sin(\varphi_0)} = 38.09 \cdot k\Omega$

$v_{cc} := 4\%$ $P_{cc} := 1540W$ $p_{cc} := \frac{P_{cc}}{P_n} = 0.963\%$ $\cos\varphi_{cc} := \frac{p_{cc}}{v_{cc}} = 0.241$

$\varphi_{cc} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{cc}) = 76.077 \cdot °$ $V_{1cc} := v_{cc} \cdot V_{1n} = 600V$

$Z_{1cc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3} I_{1n}} \cdot e^{j \cdot \varphi_{cc}} = (13.535 + 54.597i)\,\Omega$ $|Z_{1cc}| = 56.25\Omega$

$R_{1cc} := \operatorname{Re}(Z_{1cc}) = 13.535\,\Omega$ $X_{1cc} := \operatorname{Im}(Z_{1cc}) = 54.597\Omega$

$V_{2cc} := \frac{V_{1cc}}{k} = 16\,V$ $Z_{2cc} := \frac{Z_{1cc}}{k^2} = (9.625 + 38.825i) \cdot m\Omega$ $|Z_{2cc}| = 40 \cdot m\Omega$

$R_{2cc} := \operatorname{Re}(Z_{2cc}) = 9.625 \cdot m\Omega$ $X_{2cc} := \operatorname{Im}(Z_{2cc}) = 38.825\,m\Omega$

Dati relativi al carico $R_{e\Delta} := 2.3\Omega$ $X_{e\Delta} := 1.6\Omega$

Dato che le impedenze sono collegate a triangolo, vanno riportate al collegamento a stella

$Z_e := \frac{(R_{e\Delta} + j \cdot X_{e\Delta})}{3} = (0.767 + 0.533i)\,\Omega$ $|Z_e| = 0.934\,\Omega$ $\varphi_e := \arg(Z_e) = 34.824 \cdot °$

$R_e := \operatorname{Re}(Z_e) = 0.767\,\Omega$ $X_e := \operatorname{Im}(Z_e) = 0.533\,\Omega$

$V_2 := \left| \frac{Z_e}{Z_e + Z_{2cc}} \right| \cdot V_{2n}$ $V_2 = 387.377\,V$ $\Delta v := \frac{V_{2n} - V_2}{V_{2n}} = 3.156 \cdot \%$

Formula approssimata $I_2 := \frac{V_{2n}}{\sqrt{3}(Z_e + Z_{2cc})} = (192.772 - 142.081i)\,A$ $|I_2| = 239.475\,A$

$\Delta v_{app} := \frac{\left[\sqrt{3}(R_{2cc} \cdot \cos(\varphi_e) + X_{2cc} \cdot \sin(\varphi_e)) \cdot |I_2|\right]}{V_{2n}} = 3.118 \cdot \%$

Rendimento $P_a := 3 \cdot R_e \cdot (|I_2|)^2 = 131.901 \cdot kW$ $\eta := \frac{P_a}{P_a + P_0 + 3 \cdot R_{2cc} \cdot (|I_2|)^2} = 97.707 \cdot \%$

Esercizio n°2

Dati del motore

$V_n := 380V$ $p := 2$ $f := 50Hz$ $\Omega_0 := \frac{(2\cdot\pi\cdot f)}{p} = 157.08\cdot rad\cdot s^{-1}$

$I_0 := 7.5A$ $P_0 := 450W$ $\varphi_0 := \operatorname{acos}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3}\,V_n\cdot I_0}\right) = 84.77\cdot°$ $Z_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3}\,I_0} = 29.252\,\Omega$

$\dot{I}_0 := I_0\cdot e^{-j\cdot\varphi_0} = (0.684 - 7.469i)\,A$ $R_0 := \frac{V_n^2}{P_0} = 320.889\,\Omega$ $X_0 := \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_0^2} - \frac{1}{R_0^2}}} = 29.375\,\Omega$

$C_M := 202.2N\cdot m$ $\Omega_M := 1249\cdot rpm = 130.795\cdot rad\cdot s^{-1}$

$P_{aM} := 36.78\cdot kW$ $I_{1M} := 77.15A$ $s_M := \frac{(\Omega_0 - \Omega_M)}{\Omega_0} = 16.733\cdot\%$

$\varphi_{1M} := \operatorname{acos}\left(\frac{P_{aM}}{\sqrt{3}\cdot V_n\cdot I_{1M}}\right) = 43.588\cdot°$ $\dot{I}_{1M} := I_{1M}\cdot e^{-j\cdot\varphi_{1M}} = (55.881 - 53.192i)\,A$

$\dot{I}_{12M} := \dot{I}_{1M} - \dot{I}_0 = (55.198 - 45.723i)\,A$ $|\dot{I}_{12M}| = 71.676\,A$ $\varphi_{12M} := -\arg(\dot{I}_{12M}) = 39.637\cdot°$

$\dot{Z}_M := \frac{V_n}{\sqrt{3}\cdot\dot{I}_{12M}} = (2.357 + 1.953i)\,\Omega$ $X := \operatorname{Im}(\dot{Z}_M) = 1.953\,\Omega$ $R_{eqM} := \operatorname{Re}(\dot{Z}_M) = 2.357\,\Omega$

$R_{12} := \frac{C_M\cdot\Omega_0\cdot s_M}{3\left(|\dot{I}_{12M}|\right)^2} = 0.345\cdot\Omega$ $R_1 := R_{eqM} - \frac{R_{12}}{s_M} = 0.296\,\Omega$ $C_n := 105\cdot N\cdot m$

$$C_n = \frac{\left(V_n^2\cdot R_{12}\right)}{\Omega_0\left(\frac{R_{12}^2}{s_n} + 2\cdot R_1\cdot R_{12} + s_n\cdot Z^2\right)} \qquad \frac{R_{12}^2}{s_n} + 2\cdot R_1\cdot R_{12} + s_n\cdot Z^2 = \frac{\left(V_n^2\cdot R_{12}\right)}{\Omega_0\cdot C_n}$$

$Z := \sqrt{R_1^2 + X^2} = 1.975\,\Omega$ $\qquad Z^2\cdot s_n^2 - \left[\frac{\left(V_n^2\cdot R_{12}\right)}{\Omega_0\cdot C_n} - 2\cdot R_1\cdot R_{12}\right]s_n + R_{12}^2 = 0$

$3.901 s_n^2 - 2.815\cdot s_n + 0.119 = 0$ solve $= \begin{pmatrix} 0.67651870499137898518 \\ 0.045091138638459517764 \end{pmatrix}$ $s_n := 4.51\cdot\%$

$\Omega_n := \Omega_0\cdot(1 - s_n) = 1.432\times 10^3\cdot rpm$

$Z_{eqn} := \left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right) + j\cdot X = (7.943 + 1.953i)\,\Omega$ $\dot{I}_{12n} := \frac{V_n}{\sqrt{3}\cdot Z_{eqn}} = (26.048 - 6.404i)\,A$

$\dot{I}_{1n} := \dot{I}_0 + \dot{I}_{12n} = (26.732 - 13.873i)\,A$

$P_n := C_n\cdot\Omega_n = 15.75\cdot kW$ $\qquad P_{an} := \operatorname{Re}\left(\sqrt{3}\cdot V_n\cdot\overline{\dot{I}_{1n}}\right) = 17.594\cdot kW$

$\eta_n := \frac{P_n}{P_{an}} = 89.515\cdot\%$

MACCHINE ELETTRICHE **12 dicembre 2007**	**Elettrotecnica** |_| **Energetica** |_|
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

DOMANDE DI TEORIA

1) Convenzioni, equazioni elettriche e meccaniche, bilanci energetici e coppia elettromagnetica in una macchina elettrica rotante a regime permanente nel funzionamento come motore e come generatore..

2) F.e.m. indotta a vuoto in una fase di statore una macchina sincrona e coefficienti di avvolgimento e di raccorciamento.

3) Macchina in corrente continua: fenomeni legati al funzionamento a carico e reazione di indotto.

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

MACCHINE ELETTRICHE **12 dicembre 2007**	**Elettrotecnica |_|** **Energetica |_|**
Cognome e Nome:_____	Matricola:_____ / ____

ESERCIZIO N.1

Di un trasformatore trifase sono note le seguenti caratteristiche:

tensione nominale primaria	V_{1n}	= 20 kV
tensione nominale secondaria	V_{2n}	= 0.4 kV
potenza nominale	P_n	= 400 kVA
corrente a vuoto relativa	$i_{0\%}$	= 2.9 %
perdite a vuoto	P_0	= 1.8 kW

Una prova del trasformatore con il secondario in corto circuito ha fornito i seguenti risultati:

tensione di alimentazione primaria	$V_{1cc,prova}$	= 650 V
corrente assorbita al primario	$I_{1cc,prova}$	= 9.5 A
potenza assorbita	$P_{cc,prova}$	= 3.7 kW

Il trasformatore, alimentato alla tensione nominale e collegato ad un carico trifase che assorbe una potenza attiva P_e=225 kW ed una potenza reattiva Q_e=120 kVAr, eroga una corrente pari al 64.7% della corrente nominale. Si ricavino:

1) la tensione di corto circuito percentuale $v_{cc\%}$;
2) i parametri R_0, X_0, R' e X' del circuito equivalente semplificato riferiti al primario;
3) la tensione sul carico;
4) il rendimento.

ESERCIZIO N.2

Un motore asincrono ha le seguenti caratteristiche:

tensione nominale	V_n	= 380 V
frequenza nominale	f	= 50 Hz
numero di poli	$2p$	= 2
scorrimento nominale	s_n	= 4.7%
corrente a vuoto	I_0	= 6.1 A
perdite a vuoto	P_0	= 450 W
resistenza di una fase statorica (coll. a stella)	R_1	= 0.344 Ω

Una prova a rotore bloccato ha fornito i seguenti risultati:

tensione di prova	V_{cc}	= 92.0 V
coppia sviluppata	C_a	= 3.22 Nm
potenza attiva assorbita	$P_{a,cc}$	= 1.75 kW

Ricavare, con riferimento al circuito equivalente semplificato:

1) i parametri R_0, X_0, R_{12}, X;
2) potenza, coppia e rendimento corrispondenti al punto di lavoro nominale.

Valutazione esercizi	1)_____ 2)_____ Totale_____

RISULTATI

ESERCIZIO N.1

Tensione di corto circuito	v_{cc} = 3.95 %	
Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 222.2 kΩ	X_0 = 34.906 kΩ
Resistenza e reattanza di corto circuito	R' = 13.67 Ω	X' = 37.06 Ω
Tensione sul carico	V_2 = 394.1 V	
Rendimento	η = 98.22 %	

ESERCIZIO N.2

Resistenza e reattanza a vuoto	R_0 = 320.9 Ω	X_0 = 36.2 Ω
Resistenza e reattanza di corto circuito	R_{12} = 0.489 Ω	X = 1.843 Ω
Potenza nominale	P_n = 12 kW	
Coppia nominale	C_n = 40.23 Nm	
Rendimento nominale	η_n = 89.2 %	

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

$i_0 := 2.9\%$ $P_0 := 1.8kW$ $I_{10} := I_{1n} \cdot i_0 = 0.335\,A$ $\cos\varphi_0 := \frac{P_0}{\sqrt{3}\, V_{1n} \cdot I_{10}} = 0.155$

$\varphi_0 := \operatorname{acos}(\cos\varphi_0) = 81.073 \cdot °$ $Z_{10} := \frac{V_{1n}}{\sqrt{3} \cdot I_{10} \cdot e^{-j \cdot \varphi_0}} = (5.351 + 34.065i) \cdot k\Omega$

$R_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\cos(\varphi_0)} = 222.222 \cdot k\Omega$ $X_{10} := \frac{|Z_{10}|}{\sin(\varphi_0)} = 34.906 \cdot k\Omega$

Dati relativi alla prova in corto circuito (NB: la corrente di prova NON è quella nominale)

$V_{1cc_prova} := 650 \cdot V$ $I_{1cc_prova} := 9.5 \cdot A$ $P_{cc_prova} := 3.7 \cdot kW$

Riportando la corrente di prova alla corrente nominale si ottengono la tensione e le perdite di corto circuito (ricordare che le perdite dipendono dalla I^2)

$V_{1cc} := V_{1cc_prova} \cdot \frac{I_{1n}}{I_{1cc_prova}} = 790.058\,V$ $v_{cc} := \frac{V_{1cc}}{V_{1n}} = 3.95 \cdot \%$

$P_{cc} := P_{cc_prova} \cdot \left(\frac{I_{1n}}{I_{1cc_prova}}\right)^2 = 5.466 \cdot kW$ $p_{cc} := \frac{P_{cc}}{P_n} = 1.367 \cdot \%$ $\cos\varphi_{cc} := \frac{p_{cc}}{v_{cc}} = 0.346$

$\varphi_{cc} := \operatorname{acos}(\cos\varphi_{cc}) = 69.761 \cdot °$ $Z_{1cc} := \frac{V_{1cc}}{\sqrt{3}\, I_{1n}} \cdot e^{j \cdot \varphi_{cc}} = (13.666 + 37.064i)\,\Omega$ $|Z_{1cc}| = 39.503\,\Omega$

Va osservato che i valori di Z_{1cc} e φ_{1cc} si potevano ricavare anche utilizzando i valori di tensione, corrente e potenza relativi alla prova senza riportarli alla corrente nominale

$R_{1cc} := \operatorname{Re}(Z_{1cc}) = 13.666\,\Omega$ $X_{1cc} := \operatorname{Im}(Z_{1cc}) = 37.064\,\Omega$

Dati relativi al carico

$P_e := 225 \cdot kW$ $Q_e := 120 \cdot kVAr$ $\alpha := 0.647$

$S_e := \sqrt{P_e^2 + Q_e^2} = 255 \cdot kV \cdot A$ $\varphi_e := \operatorname{atan}\left(\frac{Q_e}{P_e}\right) = 28.072 \cdot °$

$I_{12} := \alpha \cdot I_{1n} = 7.471\,A$ $V_{12} := \frac{S_e}{\sqrt{3} \cdot I_{12}} = 19.706 \cdot kV$

$V_2 := \frac{V_{12}}{k} = 394.127\,V$ $I_2 := I_{12} \cdot k = 373.546\,A$

$\eta := \frac{\sqrt{3} \cdot V_{12} \cdot I_{12} \cdot \cos(\varphi_e)}{\sqrt{3} \cdot V_{12} \cdot I_{12} \cdot \cos(\varphi_e) + 3 \cdot R_{1cc} \cdot I_{12}^2 + P_0} = 98.215 \cdot \%$

Esercizio n°2

Dati del motore

$V_n := 380V$ $p := 1$ $f := 50Hz$ $\Omega_0 := \frac{(2 \cdot \pi \cdot f)}{p} = 314.159 \cdot rad \cdot s^{-1}$

Dati relativi alla prova a vuoto

$I_0 := 6.1A$ $P_0 := 450W$ $\varphi_0 := \operatorname{acos}\left(\frac{P_0}{\sqrt{3} V_n \cdot I_0}\right) = 83.565 \cdot$ $Z_0 := \frac{V_n}{\sqrt{3} I_0} = 35.966\,\Omega$

$I_0 := I_0 \cdot e^{-j \cdot \varphi_0} = (0.684 - 6.062i)\,A$ $R_0 := \frac{V_n^2}{P_0} = 320.889\,\Omega$ $X_0 := \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{Z_0^2} - \frac{1}{R_0^2}}} = 36.194\,\Omega$

Dati relativi alla prova a rotore bloccato; resistenza di statore

$V_{cc} := 92 \cdot V$ $P_{acc} := 1.75 \cdot kW$ $R_1 := 0.344 \cdot \Omega$ $C_a := 3.22 \cdot N \cdot m$

$P_{rcc} := C_a \cdot \Omega_0 = 1.012 \cdot kW$ $P_{0cc} := \left(\frac{V_{cc}}{V_n}\right)^2 \cdot P_0 = 26.377\,W$ NB: le perdite a vuoto vanno riferite alla Vcc

$P_{scc} := P_{acc} - P_{0cc} - P_{rcc} = 0.712 \cdot kW$ $\frac{R_{12}}{R_1} = \frac{P_{rcc}}{P_{scc}}$ $R_{12} := \frac{P_{rcc}}{P_{scc}} \cdot R_1 = 0.489\,\Omega$

$I_{12cc} := \sqrt{\frac{P_{rcc}}{3 \cdot R_{12}}} = 26.267\,A$ $Z_{12cc} := \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} \cdot I_{12cc}} = 2.022\,\Omega$ $X := \sqrt{Z_{12cc}^2 - (R_1 + R_{12})^2} = 1.843\,\Omega$

Funzionamento in condizioni nominali

$s_n := 4.7\%$ $\Omega_n := \Omega_0 \cdot (1 - s_n) = 2859 \cdot \frac{giri}{min}$

$I_{12n} := \frac{V_n}{\sqrt{3} \cdot \left[\left(R_1 + \frac{R_{12}}{s_n}\right) + j \cdot X\right]} = (19.839 - 3.403i)\,A$ $|I_{12n}| = 20.129\,A$ $\arg(I_{12n}) = -9.734 \cdot °$

$P_n := 3 \cdot R_{12} \cdot (|I_{12n}|)^2 \cdot \frac{1 - s_n}{s_n} = 12.046 \cdot kW$ $C_n := \frac{P_n}{\Omega_n} = 40.233 \cdot N \cdot m$

$I_{1n} := I_{12n} + I_0 = (20.523 - 9.465i)\,A$ $|I_{1n}| = 22.6\,A$ $\varphi_n := \arg(I_{1n}) = -24.758 \cdot °$

$P_{an} := \sqrt{3} \cdot V_n \cdot |I_{1n}| \cdot \cos(\varphi_n) = 13.508 \cdot kW$ $\eta_n := \frac{P_n}{P_{an}} = 89.175 \cdot \%$