



Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 2103A-

ANNO: 2017

A P P U N T I

STUDENTE: Venezia Angela

**MATERIA: Macchine elettriche - Esercizi + simulazioni - Prof.
Tenconi - Cavagnino**

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

ESERCIZIO 1

Nel circuito magnetico mostrato nella Figura 1, la lunghezza media complessiva di una linea di campo magnetico è $l_{fe} = 40$ cm, il trafilero ha uno spessore di 1,5 mm, la sezione del circuito costante e pari a 8 cm^2 e si trascuri lo sfocciamento del trafilero. Inoltre, si consideri la caratteristica di magnetizzazione lineare fino alla saturazione con $\mu_{fe} = 1000$, $B_{\text{max}} = 1,5 \text{ T}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$.

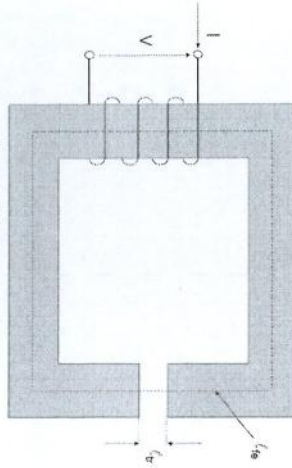


Figura 1. Circuito magnetico.

Alimentando la bobina di eccitazione con corrente continua di 1 A, calcolare il numero di spire necessario affinché si lavori a B_{max} (2268 spire).

ESERCIZIO 2

Un anello di lantterni a grano orientato ($\mu_r = 3673$), avente una sezione quadrata con lato di 10 cm ha il diametro interno di 40 cm e quello esterno di 60 cm. L'anello porta un avvolgimento magnetizzante di 500 spire (Figura 2).

Determinare:

- (a) La corrente necessaria per produrre nell'anello un flusso di $0,015 \text{ Wb}$ (1,02A)
- (b) Determinare inoltre quale valore deve assumere la corrente per mantenere ancora lo stesso flusso, dopo aver procurato nell'anello un trafilero dello spessore di 3 mm (8,18A)

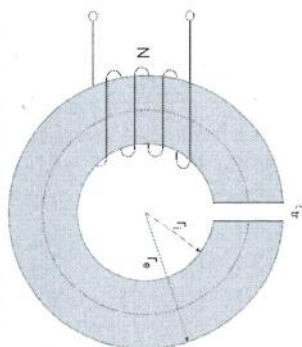


Figura 2. Circuito magnetico con il trafilero.

ESERCIZIO 5

Lo schema di principio di un relé differenziale è realizzato mediante una struttura magnetica di forma toroidale (Figura 5) con raggio medio 5 cm e sezione circolare di area 5 cm². Le due bobine principali sono di 10 spire e la permeabilità relativa del ferro si può ritenere pari a 5000.

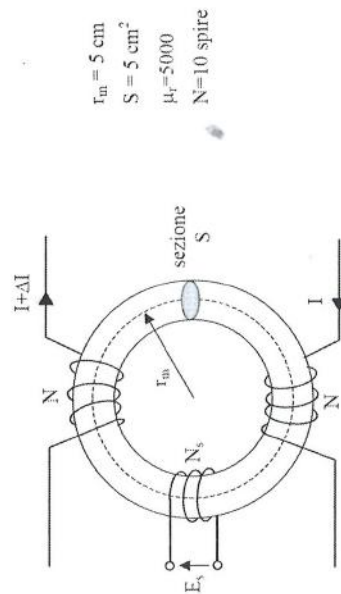


Figura 5.

Calcolare:

- Il numero di spire N_s della bobina di sgancio affinché, alla frequenza di 50 Hz, uno squilibrio di corrente di 30 mA dia luogo a una tensione E_s di 2 V (valore efficace) (2122 spire).
- Lo squilibrio necessario di corrente necessario ad ottenere, alla frequenza di 60 Hz, lo stesso valore di tensione E_s sulla bobina di sgancio (25 mA).

ESERCIZIO 6

Sia dato un circuito ferromagnetico come in Figura 6, con un tratto di magnete di sezione $S_m = 20 \text{ cm}^2$ e lunghezza $l_m = 4 \text{ mm}$. Il magnete è ottenuto da SmCo con le seguenti caratteristiche: induzione residua $B_r = 11000 \text{ Gauss}$ e campo coercitivo $H_c = 10300 \text{ Oersted}$. Tra le espansioni polari del nucleo di materiale ferromagnetico ad alta permeabilità è impostato un traferro di sezione $S_t = 10 \text{ cm}^2$ e lunghezza $l_t = 2 \text{ mm}$. Su una colonna del circuito ferromagnetico è avvolta una bobina di eccitazione avente $N = 100$ spire.

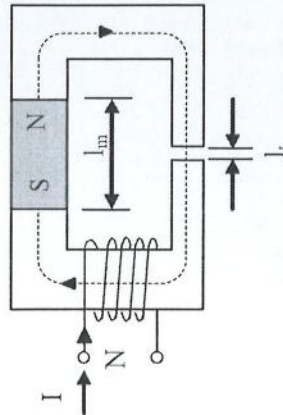


Figura 6.

Considerando la caratteristica magnetica del magnete lineare nel secondo quadrante del piano B-H e ipotizzando una permeabilità infinita del nucleo ferromagnetico, calcolare:

- Il punto di lavoro del magnete nel piano B-H in assenza di corrente nella bobina di eccitazione ($B_m = 0.532 \text{ T}$; $H_m = -423290 \text{ A/m}$).
- La corrente nella bobina che provoca la smagnetizzazione del magnete (-32.8 A).

Macchine Elettriche, A.A. 2014/2015
Politecnico di Torino

ESERCIZIO 2

Si consideri un motore elettrico targato S1 (servizio continuativo) avente la potenza nominale $P_n = 10 \text{ kW}$ ed un rendimento dell'87% (considerato costante al variare del carico); la temperatura massima in condizioni nominali è uguale a $200 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura ambiente è di $50 \text{ }^\circ\text{C}$. La costante di tempo termica della macchina è pari a $\tau = 1000 \text{ s}$.

Quesiti:

- 1) calcolare R_{th} ($0.1 \text{ }^\circ\text{C/W}$) e C_{th} ($10000 \text{ J/}^\circ\text{C}$)
- 2) determinare la nuova potenza nominale (potenza di tarso) P'_n per il servizio di tipo S2 - 20 minuti (14.36 kW)

3

Macchine Elettriche, A.A. 2014/2015
Politecnico di Torino

ESERCIZIO 3

Si consideri un motore elettrico targato S1 (servizio continuativo) avente la potenza nominale $P_n = 10 \text{ kW}$ ed un rendimento dell'87% (considerato costante al variare del carico); la temperatura massima in condizioni nominali è uguale a $200 \text{ }^\circ\text{C}$. La temperatura ambiente è di $50 \text{ }^\circ\text{C}$. La costante di tempo termica della macchina è pari a $\tau = 1000 \text{ s}$.

Determinare la potenza nominale (di tarso) P_n per il servizio S3 (intermittente) con durata del ciclo $T = 500 \text{ s}$ e rapporto di intermittenza pari a $\delta = 0.5$ (17.85 kW).

4

ESERCIZIO 3

È dato un trasformatore trifase di cui sono noti seguenti dati:

$$S_N = 1.2 \text{ MVA}, V_{1N}/V_{2N} = 15000/400 \text{ V}, R_1' = 25000 \Omega, X_1' = 5000 \Omega, R_2'' = 4.26 \text{ m}\Omega, X_2'' = 10.66 \text{ m}\Omega$$

Questi:

a) calcolare la corrente assorbita a vuoto e il fattore di potenza ($I_{10} = 1.76 \text{ A}, \cos\phi_0 = -0.196$)
b) calcolare la tensione di corto circuito ($V_{1sc} = 1291.5 \text{ V}$)

Si ipotizzi che il trasformatore sia alimentando un carico equilibrato assorbendo al primario una corrente $I_1 = 40 \text{ A}$ ed una potenza attiva $P_1 = 700 \text{ kW}$ con la tensione nominale.

Determinare:

c) i parametri del carico ($R_c = 0.106 \Omega, X_c = 0.105 \Omega$)
d) il rendimento del trasformatore (0.95)

ESERCIZIO 4

Due trasformatori trifase A e B sono collegati in parallelo tra loro e, alimentati a tensione e frequenza nominali, alimentano un carico trifase costituito da tre impedenze eguali e di valore $Z_c = (0.5 + j0.5) \Omega$ collegate a stella.

Le caratteristiche dei due trasformatori sono:

	Trasf. A	Trasf. B
Potenza nominale S_N	140	100
Tensione nominale primaria V_{1N}	20	20
Tensione secondaria a vuoto V_{20}	400	392
Frequenza nominale f_N	50	50
Gruppo	Yd11	Yd11
Perdite di corto circuito P_{cc}	3000	1600
Tensione di corto circuito V_{1sc}	40	28.8

Determinare:

(1) la corrente di circolazione a vuoto (20.34A)

(2) la corrente assorbita dal carico (302.5A)

(3) la tensione concentrata ai capi del carico (370.5A)

ESERCIZIO 1

Un locomotore diesel elettrico è equipaggiato con un motore diesel e due macchine identiche in corrente continua con eccitazione separata (Fig. 1). Il motore diesel mette in rotazione una macchina in corrente continua che viene a funzionare da dinamo. La dinamo a sua volta alimenta la seconda macchina in corrente continua funzionante da motore elettrico.

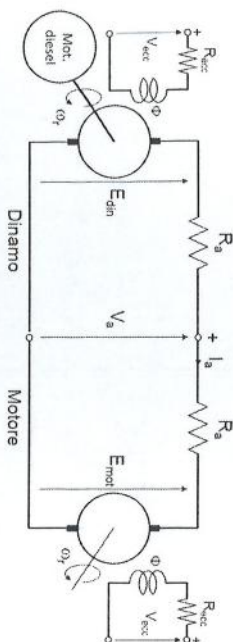


Fig. 1.

Dei dati di targa delle macchine in corrente continua si conoscono i seguenti valori:

- $R_a = 0,15 \Omega$; $R_{exc} = 10 \Omega$

Una prova a vuoto effettuata con una macchina funzionante da motore ha fornito i seguenti dati:

- $V_\theta = 1200 \text{ V}$; $I_\theta = 25 \text{ A}$; $n_\theta = 900 \text{ rpm}$.

Una prova a carico sulla macchina funzionante da motore ha fornito i seguenti dati:

- $V_{alim} = 1200 \text{ V}$; $I_{ass} = 300 \text{ A}$; $I_{exc} = 80 \text{ A}$.

Con il carico indicato le correnti di eccitazione della dinamo e del motore sono uguali e pari a 80 A; le perdite a vuoto nelle due macchine possono ritenersi uguali e costanti.

Questi:

- calcolare la velocità del motore a carico (869 rpm);
- calcolare la coppia di carico del motore (3479 Nm);
- calcolare la forza elettromotrice prodotta dalla dinamo a carico (1245 V);
- calcolare la potenza erogata dal motore diesel (403406 W);
- calcolare il rendimento del sistema complessivo (0,595).

ESERCIZIO 2

Sia dato un motore a corrente continua a magneti permanenti caratterizzato dai seguenti parametri:

costante di coppia $K_T = 0,8 \text{ Nm/A}$
resistenza di armatura $R_a = 0,75 \Omega$

Supponendo di alimentare il motore con una tensione $V_{alim} = 200 \text{ V}$, si calcolino la potenza elettrica assorbita e la potenza meccanica resa nelle seguenti condizioni di rotazione (assenza di attriti):

(a) $\omega_2 = 230 \text{ rad/s}$ ($P_{ass} = 4266 \text{ W}$ (elettrica), $P_{res} = 3923,8 \text{ W}$ (meccanica))

(b) $\omega_2 = 280 \text{ rad/s}$ ($P_{ass} = 7168 \text{ W}$ (meccanica), $P_{res} = -6400 \text{ W}$ (elettrica), convenzione di segno utilizzatori)

(c) Calcolare inoltre la velocità di rotazione del motore quando questo è chiamato a sollevare, attraverso un opportuno sistema di riduzione, un carico di massa $m = 500 \text{ kg}$ (il sistema di riduzione consente l'innalzamento del carico di 2 cm per ogni giro completo del motore) (2212,7 rpm)

ESERCIZIO 5

Una macchina operatrice presenta le seguenti caratteristiche meccaniche:

- velocità 0 + 1000 rpm con coppia pari a 120 Nm; velocità > 1000 rpm con coppia decrescente con la velocità sino ad una velocità massima di 4000 rpm con coppia pari a 30 Nm.

Nel caso che venga utilizzato un motore ad eccitazione separata con le seguenti caratteristiche:

- $P_N = 15 \text{ kW}$; $V_N = 300 \text{ V}$; $I_N = 60 \text{ A}$; $n_N = 1100 \text{ rpm}$ a flusso nominale; $R_a = 0,8 \Omega$; $V_{ecc} = 150 \text{ V}$; $I_{ecc} = 4 \text{ A}$

calcolare:

- la coppia nominale del motore con il flusso pari al flusso nominale (130,2Nm);
- la corrente assorbita per erogare 120 Nm con flusso nominale (55,3A);
- la tensione di alimentazione per ruotare a 1000 rpm con una coppia di 120 Nm e flusso nominale (285,4V);
- la velocità di rotazione dimezzando la corrente di eccitazione con una tensione pari alla tensione calcolata al punto c) ed una coppia di 50 Nm (2167,3rpm);
- la potenza minima di un motore in corrente continua a magneti permanenti atto a motorizzare la macchina operatrice (50,26 kW);
- la potenza minima di un motore in corrente continua con eccitazione separata atto a motorizzare la macchina operatrice (12,56 kW).

ESERCIZIO 6

Un motore in corrente continua ad eccitazione serie da 20 kW e 380V ha un rendimento al carico nominale di 0,936 ed una velocità di 1185 rpm. La resistenza totale ($R_a + R_{ecc}$) è pari a 0,4 Ω. La caratteristica coppia-corrente $C=f(I)$ è definita dai seguenti punti:

I_a (A)	20	40	60	80
C (Nm)	25,6	91,5	177,5	273

Calcolare:

- La corrente nominale (56,2A)
- La coppia nominale (161,2 Nm)
- La velocità di rotazione quando il motore eroga una coppia di 100 Nm (1457,2rpm)
- La velocità di rotazione quando il motore assorbe una corrente di 30 A (1800 rpm)



POLITECNICO
DI TORINO

Macchine Elettriche, A.A. 2014/2015
Politecnico di Torino

ESERCIZIO 1

Un motore asincrono trifase a 4 coppie di poli, alimentato con la tensione $V_s=380$ V, 50 Hz, eroga potenza ad un carico meccanico costituito da una macchina in corrente continua a magneti permanenti, che a sua volta alimenta un carico elettrico. Conoscendo:

- lo scorrimento relativo del motore asincrono $s = 3\%$
 - la coppia erogata dal motore asincrono $C = 90$ Nm
 - la corrente assorbita dal motore asincrono $I_s = 16$ A
 - il fattore di potenza del motore asincrono $\cos\phi = 0,75$
 - il K_e della macchina in c.c. $k_e = 3$ V/(rad/s)
 - la resistenza di armatura della macchina in c.c. $R_a = 800$ m Ω
 - la resistenza del carico elettrico $R_c = 8$ Ω
- calcolare
- (a) la potenza erogata dal motore asincrono (6858W)
 - (b) il rendimento del motore asincrono (0,87)
 - (c) le perdite a vuoto ($P_{Fe} + P_{mecc}$) della macchina a c.c. (919,6W)

Esercizi di Macchine Elettriche (11BNMLX)

Esercitazione 5

Argomento: Macchina asincrona

Anno Accademico 2014/2015

ESERCIZIO 4

Un motore asinrono trifase a 4 poli con collegamento delle fasi a stella presenta i seguenti dati di targa:

- Potenza nominale $P_N = 15 \text{ kW}$
 - Tensione nominale $V_{AN} = 380 \text{ V}$
 - Corrente nominale $I_{AN} = 31 \text{ A}$
 - Velocità nominale $n_N = 1460 \text{ rpm}$
 - Frequenza nominale $f_N = 50 \text{ Hz}$
- La resistenza di statore è pari a $0,24 \Omega$.

Nella prova a rotore bloccato con la corrente nominale, si è rilevato:
 $V_{CC} = 74,8 \text{ V}$, $P_{CC} = 1960 \text{ W}$, $\cos\Phi_{CC} = 0,488$

Nella prova vuoto, eseguita alla tensione nominale, si è misurato:
 $P_0 = 630 \text{ W}$, $I_0 = 14,3 \text{ A}$, $\cos\Phi_0 = 0,067$, perdite meccaniche $P_{mecc} = 260 \text{ W}$.

Determinare:

- a) I parametri del circuito equivalente ($R_s = 0,24 \Omega$, $R_r' = 0,44 \Omega$, $X_{s0} = X_{r0}' = 0,608 \Omega$, $R_{fe} = 596,9 \Omega$, $X_{m0} = 14,74 \Omega$)
- b) La coppia nominale del motore (98,1 Nm)
- c) La coppia di avviamento in condizioni nominali di alimentazione e trascurando i parametri trasversali del circuito equivalente (208,4 Nm)
- d) La velocità del campo magnetico rotante alla frequenza di alimentazione di 20 Hz (600 rpm)

ESERCIZIO 5

Un motore asinrono trifase con i seguenti dati di targa:

- $P_N = 7,5 \text{ kW}$
 - $V_{AN} = 380 \text{ V}$
 - $I_{AN} = 15,8 \text{ A}$
 - 4 poli
 - $n_{sN} = 1450 \text{ rpm}$
 - $R_s = 0,73 \Omega$
 - rendimento nominale pari a 0,85.
- presenta i seguenti dati di corto circuito:
 $V_{cc} = 80 \text{ V}$, $P_{cc} = 1100 \text{ W}$, $\cos\Phi_{cc} = 0,5$.

Trascurando i parametri legati alla prova a vuoto, calcolare:

- a) La coppia di avviamento (79,8 Nm, $R_r' = 0,74 \Omega$, $X_{m0} = 2,52 \Omega$);
- b) Lo scorrimento di coppia massima (0,28);
- c) La coppia massima (137 Nm);
- d) Il fattore nominale di potenza (0,85).

ESERCIZIO 8

Un motore asinrono trifase con rotore avvolto presenta i seguenti dati di targa e parametri del circuito equivalente:

$$\begin{array}{ll} P_N = 150 \text{ kW} & V_{AN} = 400 \text{ V} \\ R_s = 0,01 \ \Omega & R_r = 0,011 \ \Omega \\ X_m = 2,5 \ \Omega & X_{st} = 0,06 \ \Omega \\ & X_{sr} = 0,068 \ \Omega \end{array}$$

Determinare:

- La coppia massima (trasecurando i parametri trasversali) (3680 Nm)
- Il fattore di potenza a vuoto (0,053)
- La resistenza di avviamento (riportata allo statore) da inserire in serie con il rotore per ottenere una coppia di avviamento pari alla coppia massima (0,118 Ω)

ESERCIZIO 9

Un motore asinrono a 6 poli alimentato a 100 Hz assorbe una corrente efficace pari a 57 A. In tale condizione di lavoro è noto che all'asse del motore si rende disponibile una coppia di 80 Nm alla velocità di 1900 giri/min, che la somma delle perdite meccaniche e delle perdite nel ferro (assunte di pari valore) è pari a 1,4 kW, che le perdite nell'avvolgimento statorico sono pari a 750 W e che ai terminali dell'avvolgimento statorico il fattore di potenza è $\cos\phi = 0,86$.

Determinare:

- la tensione di alimentazione del motore (223,1 V);
- il rendimento del motore nella condizione di carico sopra descritta (0,84).



Macchine Elettriche, A.A. 2015/2016

Politecnico di Torino

ESERCIZIO I

Un generatore sincrono a 6 poli da 480V-50Hz, collegato a stella, ha una reattanza sincrona per fase pari a 1Ω . La corrente erogata a pieno carico è 60A con un fattore di potenza induttivo pari a 0,8.

A pieno carico, il generatore ha delle perdite meccaniche (attrito e ventilazione) pari a 1,5 kW mentre delle perdite nel ferro sono 1 kW. Si trascura la resistenza di statore. La corrente di eccitazione è stata regolata in modo che la tensione ai morsetti a vuoto sia 480V.

Calcolare:

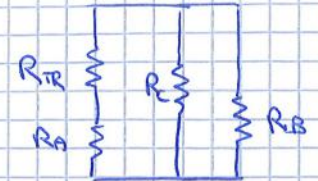
- a) La velocità di rotazione del generatore (1000 rpm);
- b) La tensione in uscita quando:
 - (1) Il generatore eroga la corrente nominale con fattore di potenza 0,8 induttivo (410,4V)
 - (2) Il generatore eroga la corrente nominale con fattore di potenza unitario (468,5V)
 - (3) Il generatore eroga la corrente nominale con fattore di potenza 0,8 capacitivo (535,1V)
- c) Il rendimento del generatore per il caso (b1) (93,1%)
- d) La coppia generata dal motore primo che trasmetta il generatore per il caso (b1) (349,7Nm)
- e) Le variazioni percentuali di tensione per i 3 casi di funzionamento (b1, b2 e b3) (16,9%, 2,4%, -11,3%)

Esercizi di Macchine Elettriche (11BNMLX)

Esercitazione 6

Argomento: Macchina sincrona

Anno Accademico 2015/2016

$$L_A = \frac{N_A^2}{R_{eqA}}$$


$$R_{eqA} = \frac{R_B \cdot R_C}{R_A + R_C} + R_C + R_A = 3,27 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$$

$$L_A = \frac{200^2}{3,27 \cdot 10^6} = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ H}$$

$$L_B = \frac{N_B^2}{R_{eqB}} \quad R_{eqB} = \frac{(R_A + R_C) \cdot R_C}{R_A + R_C + R_C} + R_B = 1,15 \cdot 10^6 \text{ H}^{-1}$$

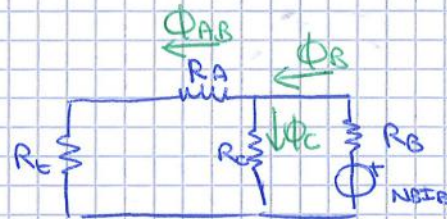
$$L_B = \frac{50^2}{1,15 \cdot 10^6} = 2,19 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

$$\begin{cases} N_A \Phi_A = L_A i_A + M_{AB} i_B \\ N_B \Phi_B = M_{BA} i_A + L_B i_B \end{cases}$$

① $M_{AB} = \frac{N_A \Phi_A}{i_B} \Big|_{i_A=0}$

② $M_{BA} = \frac{N_B \Phi_B}{i_A} \Big|_{i_B=0}$

① $M_{AB} = \frac{N_A \Phi_{AB}}{i_B} \Big|_{i_A=0}$



$$i_A = 0$$

$$i_B = 1$$

$$\Phi_{AB} = \Phi_B \frac{R_C}{R_A + R_C}$$

$$\Phi_B = \frac{N_B I_B}{R_{eqB}} = \frac{50 \cdot 1}{1,15 \cdot 10^6} = 4,35 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{AB} = 4,35 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{4 \cdot 10^5}{4 \cdot 10^5 + 2,5 \cdot 10^5 + 2,75 \cdot 10^6} = 5,11 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$M_{AB} = \frac{200 \cdot 5,11 \cdot 10^{-6}}{1} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ H}$$

② $M_{BA} = \frac{N_B \Phi_{BA}}{i_A} \Big|_{i_B=0}$

$$i_B = 0$$

$$i_A = 1$$



$$\Phi_{BA} = \Phi_A \frac{R_C}{R_C + R_B} = 6,11 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{4 \cdot 10^5}{12 \cdot 10^5} = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$$

5

$$\begin{aligned} x_m &= 5 \cdot 10^{-2} \text{ m} \\ S &= 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ N &= 10 \text{ spire} \\ \mu_r &= 5000 \\ \Delta I &= 30 \text{ mA} \\ E_s &= 2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a) \quad V_s &= 4,44 \cdot N s f \cdot \hat{\Phi}_N \\ N(\hat{I} + \Delta \hat{I}) - N \hat{I} &= R_N \hat{\Phi}_N \\ N \Delta \hat{I} &= R_N \hat{\Phi}_N \end{aligned}$$

$$R_N = \frac{2\pi x_m}{\mu_0 \mu_r S} = \frac{2\pi \cdot 5 \cdot 10^{-2}}{\mu_0 \cdot 5000 \cdot 5 \cdot 10^{-4}} = 1 \cdot 10^5 \text{ H}^{-1}$$

$$\hat{\Phi}_N = \frac{N(\sqrt{2} \Delta I)}{R_N} = \frac{10 \cdot \sqrt{2} \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{100000} = 4,24 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$N_s = \frac{V_s}{4,44 \cdot f \cdot \hat{\Phi}_N} = \frac{2}{4,44 \cdot 60 \cdot 4,24 \cdot 10^{-6}} = 2122 \text{ spire}$$

$$b) \quad \hat{\Phi}'_0 = \frac{E_s}{4,44 \cdot N_s \cdot f} = \frac{2}{4,44 \cdot 2122 \cdot 60} = 3,53 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$$

$$N \Delta \hat{I}' = R_N \cdot \hat{\Phi}'_0$$

$$\Delta \hat{I}' = \frac{100000 \cdot 3,53 \cdot 10^{-6}}{10} = 35,2 \text{ mA}$$

$$\Delta \hat{I}'_{\text{max}} = \frac{\Delta \hat{I}'}{\sqrt{2}} = 25 \text{ mA}$$

6

$$\begin{aligned} S_m &= 20 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \\ l_m &= 6 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ B_z &= 11000 \text{ Gauss} \rightarrow 1,1 \text{ T} \\ H_c &= 10300 \text{ Oersted} \rightarrow 819648 \text{ A/m} \\ S_c &= 10 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \\ l_c &= 2 \cdot 10^{-3} \text{ m} \\ N &= 100 \text{ spire} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{aligned} B_m S_m &= B_c S_c \\ H_m l_m + H_c l_c &= 0 \end{aligned} \right.$$

$$H_c = -H_m \frac{l_m}{l_c}$$

$$B_m = B_c \left(\frac{S_c}{S_m} \right) = \mu_0 H_c \frac{S_c}{S_m} = \mu_0 \left(-H_m \frac{l_m}{l_c} \right) \frac{S_c}{S_m}$$

$$\left\{ \begin{aligned} B_m &= \mu_m H_m + B_z \\ B_m &= -\mu_0 \frac{l_m}{l_c} \frac{S_c}{S_m} H_m \end{aligned} \right.$$

$$B_m = -\mu_0 \frac{l_m}{l_c} \frac{S_c}{S_m} H_m$$

$$H_m = \frac{B_z}{\mu_0}$$

$$\begin{aligned} B_m &= 0,532 \text{ T} \\ H_m &= -423290 \text{ A/m} \end{aligned}$$

3

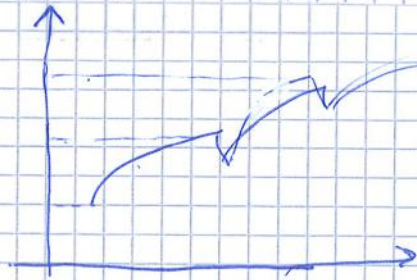
$$P_m = 10 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\eta = 87\%$$

$$\theta_{MAX} = 200^\circ\text{C}$$

$$\theta_a = 50^\circ\text{C}$$

$$\tau = 1000 \text{ s}$$



$$T = 500 \text{ A} \quad T_1 = 250 \text{ A}$$

$$S = 0,5 \quad T_2 = 250 \text{ A}$$

$$\Delta\theta = (\Delta\theta_0 - \Delta\theta_\infty) e^{-t/R_{TH}} + \Delta\theta_\infty$$

$$\Delta\theta_\infty = \theta_a + P_d' R_{TH}$$

$$R_{TH} = \frac{\Delta\theta}{P_d'} = \frac{200 - 50}{10 \cdot 10^3 \left(\frac{1}{0,87} - 1\right)} = 0,1^\circ\text{C/W}$$

$$\begin{cases} \theta_1 = (\theta_2 - \theta_a - P_d'' R_{TH}) e^{-\frac{T_1}{1000}} + \theta_a + P_d'' R_{TH} \\ \theta_2 = (\theta_1 - \theta_a) e^{-\frac{T_2}{1000}} + \theta_a \end{cases}$$

impongo $\theta_1 = \theta_{MAX}$

$$Ax + By = C$$

$$\begin{array}{ccc} \theta_2 & P_d'' & C \\ -e^{-\frac{250}{1000}} & 0,1(e^{-\frac{250}{1000}} - 1) & 50(1 - e^{-\frac{250}{1000}}) - 200 \\ \dots & \dots & \dots \\ 1 & 0 & (200 - 50)e^{-\frac{250}{1000}} + 50 \end{array}$$

$$\rightarrow \theta_2 = 166,8^\circ\text{C}$$

$$\rightarrow P_d'' = 2668,2 \text{ W}$$

$$P_m'' = \frac{P_d''}{\eta} = 17,85 \text{ kW}$$

↳ A carico $V_1 = 900\text{ V}$ $I_1 = 27\text{ A}$ $P_1 = 19,5 \cdot 10^3\text{ W}$



$$P_A = P_1 - \frac{V_1^2}{R_{re}} = 19,5 \cdot 10^3 - \frac{900^2}{2667} = 19196\text{ W}$$

$$Q_A = P_A \operatorname{tg} \left(\cos^{-1} \frac{P_1}{V_1 I_1} \right) - \frac{V_1^2}{X_m} = 19500 \operatorname{tg} \left(\cos^{-1} \frac{19,5 \cdot 10^3}{900 \cdot 27} \right) - \frac{900^2}{540} = 13041\text{ Var}$$

$$S_A = \sqrt{P_A^2 + Q_A^2} = 23190\text{ VA}$$

$$S_A = S_B = \sqrt{3} I_B \Rightarrow I_B = \frac{S_B}{\sqrt{3}} = \frac{23190}{\sqrt{3}} = 103,1\text{ A}$$

$$P_c = P_A - P_B = P_A - R_{cc} I_B^2 = 18643\text{ W}$$

$$R_c = \frac{P_c}{I_B^2} = 1,751\ \Omega$$

$$Q_c = Q_A - Q_B = Q_A - X_{cc} I_B^2 = 12081\text{ Var}$$

$$X_c = \frac{Q_c}{I_B^2} = 1,134\ \Omega$$

$$V_c = \frac{S_c}{I_B} = \frac{\sqrt{Q_c^2 + P_c^2}}{I_B} = \frac{22200}{103,1} = 215,3\text{ V}$$

$$\eta = \frac{P_c}{P_1} = \frac{18643}{19,5 \cdot 10^3} = 0,956$$

• Trascurvo I_0 assorbita da Z_0 (ordine del %.)

$$P_A = P_1 = 19,5 \cdot 10^3\text{ W} \quad I_2 = I_1 = 108\text{ A}$$

$$Q_A = Q_1 = P_1 \operatorname{tg} \left(\cos^{-1} \frac{P_1}{V_1 I_1} \right) = 14,5 \cdot 10^3\text{ Var}$$

$$P_2 = P_A - R_{cc} I_2^2 = 19,5 \cdot 10^3 - 0,09 \cdot 108^2 = 18,9 \cdot 10^3\text{ W}$$

$$Q_2 = Q_A - X_{cc} I_2^2 = 14,5 \cdot 10^3 - 0,09 \cdot 108^2 = 13,5 \cdot 10^3\text{ Var}$$

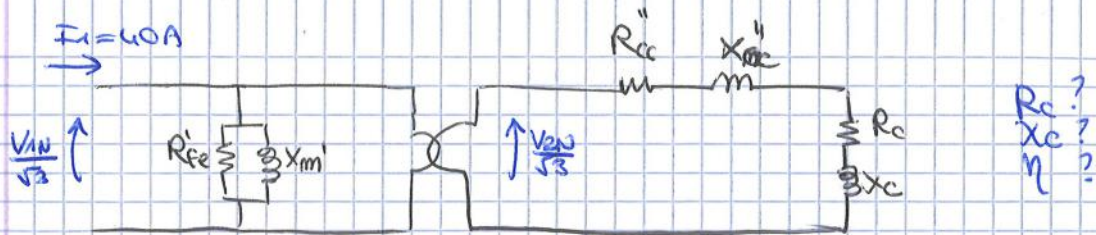
$$R_2 = \frac{P_2}{I_2^2} = \frac{18,9 \cdot 10^3}{108^2} = 1,62\ \Omega$$

$$X_2 = \frac{Q_2}{I_2^2} = \frac{13,5 \cdot 10^3}{108^2} = 1,16\ \Omega$$

$$Z_2 = 1,99 e^{35,6^\circ}$$

$$V_2 = Z_2 I_2 = 1,99 \cdot 108 = 214,9\text{ V}$$

→ **ATTENZIONE** $\eta = \frac{P_2}{P_1 + P_{re}} = \frac{18,9 \cdot 10^3}{19,5 \cdot 10^3 + \frac{V_1^2}{R_{re}}} = 0,95$



$I_1 = 40 \text{ A}$
 $P_1 = 700 \text{ kW}$
 $V_{1N} = 15000 \text{ V}$

2 metodi: $\left\{ \begin{array}{l} \text{teascuro } I_0, Z_0 \rightarrow \infty \quad P_A = P_1 \\ \text{non teascuro } I_0 \end{array} \right.$

→ caso 2

$$\begin{aligned}
 P_A &= P_1 - P_0 = 700 \cdot 10^3 - 9000 = 691000 \text{ W} \\
 Q_A &= Q_1 - Q_0 = P_1 \operatorname{tg} \left(\cos^{-1} \frac{P_A}{\sqrt{3} V_{1N} I_1} \right) - Q_0 = \\
 &= 700 \cdot 10^3 \cdot \operatorname{tg} \left(\cos^{-1} \frac{700 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 15000 \cdot 40} \right) - 45000 = \\
 &= 768115 - 45000 = 723115 \text{ Var}
 \end{aligned}$$

$V_{2N} = 400 \text{ V}$

$S_{20} = \sqrt{3} V_{2N} I_2 \rightarrow I_2 = \frac{S}{\sqrt{3} V_{2N}} = \frac{\sqrt{P_A^2 + Q_A^2}}{\sqrt{3} \cdot 400} = 1444 \text{ A}$

$P_c = P_A - 3R''_{cc} \cdot I_2^2 = 691000 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot 1444^2 = 664352 \text{ W}$

$Q_c = Q_A - 3X''_{cc} \cdot I_2^2 = 723115 - 310,66 \cdot 10^{-3} \cdot 1444^2 = 656432 \text{ Var}$

$R_c = \frac{P_c}{3I_2^2} = \frac{664352}{3 \cdot 1444^2} = 0,106 \Omega$

$X_c = \frac{Q_c}{3I_2^2} = \frac{656432}{3 \cdot 1444^2} = 0,105 \Omega$

$\eta = \frac{P_c}{P_1} = \frac{664352}{700 \cdot 10^3} = 0,95$

5.

$$S_N = 100 \cdot 10^3 \text{ VA}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\frac{V_{IN}}{\sqrt{20}} = \frac{10 \cdot 10^3}{100} \text{ V}$$

$$\eta_{cc} = 2,5\%$$

$$\eta_{cc} = 1,3\%$$

$$\eta_{fe} = 1,2\%$$

$$V_1 = V_{IN} = 10 \cdot 10^3 \text{ V}$$

$$I_1 = \frac{3}{4} I_N \rightarrow \frac{I_2}{I_{2N}} = \alpha = 0,75$$

$$\cos \varphi_2 = 0,8 \text{ (induttivo)}$$

$$\eta_{cc} = \frac{V_{zcc} \cdot 100}{V_{20}} \rightarrow V_{zcc} = \frac{\eta_{cc} \cdot V_{20}}{100} = \frac{2,5 \cdot 400}{100} = 10 \text{ V}$$

$$\eta_{cc} = \frac{P_{cc} \cdot 100}{S_N} \rightarrow P_{cc} = \frac{\eta_{cc} \cdot S_N}{100} = 1,3 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\eta_{fe} = \frac{P_o \cdot 100}{S_N} \rightarrow P_o = \frac{\eta_{fe} \cdot S_N}{100} = 1,2 \cdot 10^3 \text{ W}$$

$$\Delta V_{ind} = \sqrt{3} I_2 (R_{cc}'' \cos \varphi_2 + X_{cc}'' \sin \varphi_2)$$

$$I_2 = 0,75 I_{2N}$$

$$I_{2N} = \frac{S_N}{\sqrt{3} V_{20}} = \frac{100 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400} = 144,3 \text{ A}$$

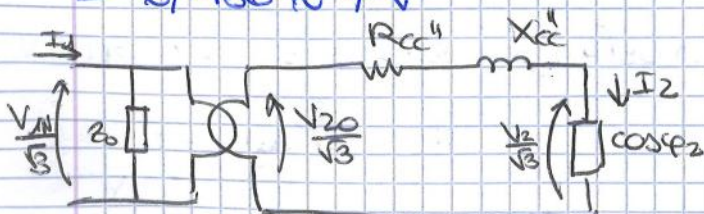
$$I_2 = 0,75 I_{2N} = 108,6 \text{ A}$$

$$R_{cc}'' = \frac{P_{cc}}{3 I_{2N}^2} = \frac{1,3 \cdot 10^3}{3 \cdot 144,3^2} = 0,02081 \Omega$$

$$Z_{cc}'' = \frac{V_{zcc}}{\sqrt{3} I_{2N}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 144,3} = 0,04 \Omega$$

$$X_{cc}'' = \sqrt{Z_{cc}''^2 - R_{cc}''^2} = 0,03416 \Omega$$

$$a) \Delta V_{ind} = \sqrt{3} \cdot 108,6 \cdot (0,02081 \cdot 0,8 + 0,03416 \cdot \sin(\cos^{-1} 0,8)) = 6,986 \approx 7 \text{ V}$$

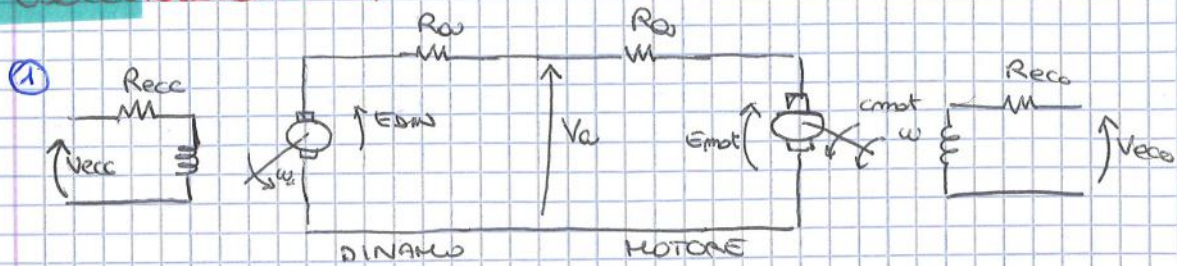


$$\eta = \frac{\sqrt{3} V_2 I_2 \cos \varphi_2}{\sqrt{3} V_2 I_2 \cos \varphi_2 + 3 R_{cc}'' I_2^2 + P_{fe}} = 0,968$$

$$[V_2 = V_{20} - \Delta V_{ind} = 393 \text{ V}]$$

$$b) \eta = \frac{\sqrt{3} \cdot 393 \cdot 108,6 \cdot 0,8}{\sqrt{3} \cdot 393 \cdot 108,6 \cdot 0,8 + 3 \cdot 0,02081 \cdot 108,6^2 + 1,2 \cdot 10^3} = 0,968$$

Esercitazione 4

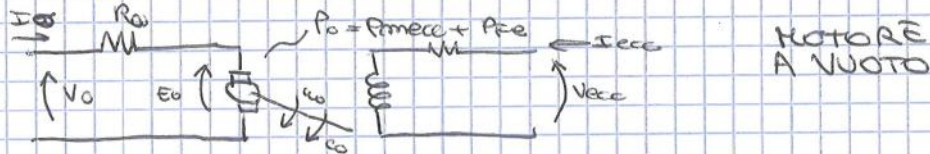


$R_a = 0,15 \Omega$
 $R_{ecc} = 10 \Omega$

$P_{odim} = P_{omot} = \text{cost}$

$V_0 = 1200 \text{ V}$
 $I_0 = 25 \text{ A}$
 $n_0 = 900 \text{ rpm}$

$V_{olim} = 1200 \text{ V}$
 $I_{om} = 300 \text{ A}$
 $I_{ecc} = 80 \text{ A}$



$E_0 = V_0 - R_a I_0 = 1200 - 0,15 \cdot 25 = 1196,3 \text{ V}$

$k_e = \frac{E_0}{\omega_0} = \frac{E_0}{\frac{2\pi}{60} \cdot n_0} = \frac{1196,3}{\frac{2\pi}{60} \cdot 900} = 12,69 \frac{\text{V}}{\text{rad/sec}}$

① $P_0 = P_{mecc} + P_{fe} = E_0 I_0 = 1196,3 \cdot 25 = 29907 \text{ W}$

a) $E_a = V_{olim} - R_a I_{om} = 1200 - 0,15 \cdot 300 = 1155 \text{ V}$

$E_{mot} = k_e \omega_c \rightarrow \omega_c = \frac{E_{mot}}{k_e} = \frac{1155}{12,69} = 91 \text{ rad/sec}$

$n_c = \omega_c \cdot \frac{60}{2\pi} = 869 \text{ rpm}$

b) $P_m = E_{mot} \cdot I_{om} - P_0 = 1155 \cdot 300 - 29907 = 316593 \text{ W}$

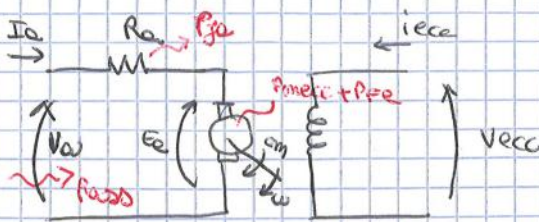
$c_m = \frac{P_m}{\omega_c} = \frac{316593}{91} = 3479 \text{ Nm}$

c) $E_{dim} = V_{olim} + R_a I_{om} = 1200 + 0,15 \cdot 300 = 1245 \text{ V}$

d) $P_{alim} = E_{dim} I_{om} + P_{odim} = 1245 \cdot 300 + 29907 = 403407 \text{ W}$

e) $\eta = \frac{P_u}{P_i} = \frac{P_{mot}}{P_{alim} + 2P_{ecc}} = \frac{316593}{403407 + 2 \cdot 10 \cdot 80} = \frac{316593}{403407 + 2 \cdot 10 \cdot 80} = 0,595$

③ $P_m = 12 \text{ kW}$
 $n = 800 \text{ rpm}$
 $V_a = 120 \text{ V}$
 $I_a = 50 \text{ A}$
 $\eta = 0,78$
 $R_a = 0,2 \Omega$



a) $P_{\text{perd}} = P_{\text{utile}} = \eta \cdot P_{\text{ass}} = 0,78 \cdot V_a I_a = 0,78 \cdot 6000 = 4680 \text{ W}$

b) $P_g = R_a I_a^2 = 0,2 \cdot 50^2 = 500 \text{ W}$

② c) $P_{\text{mecc}} + P_{\text{fe}} = P_{\text{ass}} - P_{\text{perd}} - P_g = 6000 - 4680 - 500 = 820 \text{ W}$

d) $m' = 2m \quad I_a' = 40 \text{ A}$

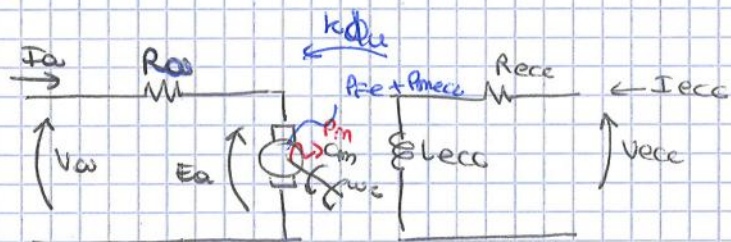
$E_a = k\Phi\omega$

$E_a = V_a - R_a I_a = 120 - 0,2 \cdot 50 = 110 \text{ V}$

$E_a' = 2E_a = 220 \text{ V}$

$V_a' = E_a' + R_a I_a' = 220 + 0,2 \cdot 40 = 228 \text{ V}$

④ $V_{AN} = 1000 \text{ V}$
 $I_{AN} = 150 \text{ A}$
 $n_N = 1500 \text{ rpm}$
 $R_a = 0,4 \Omega$
 $V_{ecc} = 200 \text{ V}$
 $R_{ecc} = 4 \Omega$



a) $C_N = \frac{P_N}{\omega_N}$

③ $P_N = V_{AN} I_{AN} = R_a I_a^2 + \frac{E_{AN} I_{AN}}{C_N \omega_N}$

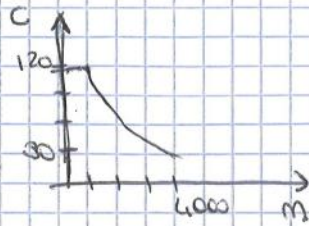
$C_N = \frac{V_a I_{AN} - R_a I_a^2}{\omega_N} = \frac{150000 - 0,4 \cdot 150^2}{1500 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 2350 \text{ Nm}$

b) $\eta_N = \frac{P_N}{P_{AN} + P_{e_{ecc}}} = \frac{C_N \omega_N}{V_{AN} I_{AN} + \frac{V_{e_{ecc}}^2}{R_{e_{ecc}}}} = \frac{2350 \cdot 157,3}{450000 + \frac{200^2}{4}} = 0,802$

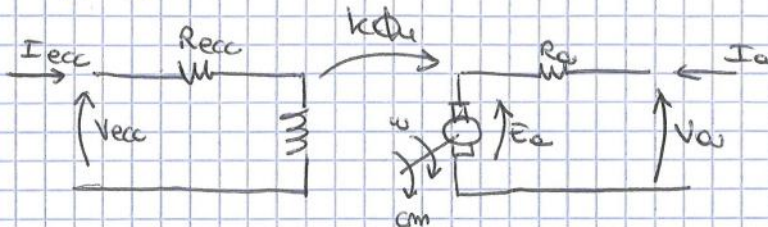
c) $k\Phi_N = \frac{E_{AN}}{\omega_N} = \frac{V_{AN} - R_a I_{AN}}{\omega_N} = \frac{1000 - 0,4 \cdot 150}{157,3} = 5,213 \frac{\text{Vs}}{\text{rad}}$

$k\Phi_i = k\Phi_N \frac{V_{e_{ecc}}}{V_{e_{eccN}}} = 5,213 \cdot \frac{160}{200} = 4,1704 \text{ A}$

⑤
 $P_N = 15 \text{ kW}$
 $V_N = 300 \text{ V}$
 $I_N = 60 \text{ A}$
 $n_N = 1100 \text{ rpm}$
 $R_a = 0,8 \Omega$
 $V_{ecc} = 150 \text{ V}$
 $I_{ecc} = 4 \text{ A}$



120 Nm 1100 rpm
 30 Nm 4000 rpm



a) $C_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{15000}{\frac{1100 \cdot 2\pi}{60}} = 130,2 \text{ Nm}$

$k\Phi_u \begin{cases} \frac{E_{AN}}{\omega_N} = \frac{V_{AN} - R_a I_{AN}}{\omega_N} = 2,188 \frac{\text{Vs}}{\text{rad}} \\ \frac{C_N}{I_N} = 2,171 \frac{\text{Nm}}{\text{A}} \end{cases}$

Ci sono P_{fe} e P_{mecc} ma sono $\approx 120 \text{ W}$ su 15000 W e posso trascurarle

b) $I_a' = \frac{C'}{k\Phi_u} = \frac{120}{2,171} = 55,3 \text{ A}$

c) $V_a = R_a I_a'' + E_a''$

$E_a'' = k\Phi_u \omega'' = 2,188 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 1000 = 229,1 \text{ V}$

$I_a'' = \frac{C''}{k\Phi_u''} = I_a' = 55,3 \text{ A}$

$V_a = 229,1 + 0,8 \cdot 55,3 = 273,3 \text{ V}$

d) $k\Phi_u''' = \frac{k\Phi_u''}{2} = \frac{2,171}{2} = 1,0855 \frac{\text{Vs}}{\text{rad}}$

$I''' = \frac{C'''}{k\Phi_u'''} = \frac{50}{1,0855} = 46,06 \text{ A}$

$E_a''' = V_a''' - R_a I_a''' = 273,3 - 0,8 \cdot 46,06 = 236,45 \text{ V}$

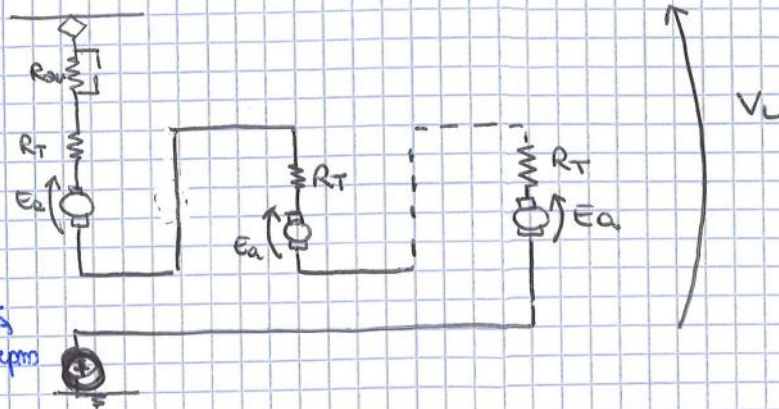
$\omega''' = \frac{E_a'''}{k\Phi_u'''} = \frac{236,45}{1,0855} = 216,1 \text{ rad/s} \rightarrow n''' = 2064 \text{ rpm}$

e) $P = C \omega$
 $P = 120 \cdot 4000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 50,26 \text{ kW}$

f) $P' = C \omega = 120 \cdot 1000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 30 \cdot 4000 \cdot \frac{2\pi}{60} = 12,56 \text{ kW}$

7

$V_L = 3000V$
 12 mt c.c.
 ecc. serie
 $P_N = 300 kW$
 $R_a = 0,15 \Omega$
 $V_N = 1000V$
 $R_{ecc} = 0,25 \Omega$
 $I_N = 350A$
 $n_N = 1000 rpm$



a) $I_{avv} = 500A$
 $R_T = R_a + R_{ecc} = 0,15 + 0,25 = 0,4 \Omega$ (all'avviamento $E_a = k\Phi\omega = 0$)
 $V_L = R_{avv} I_{avv} + 12 R_T I_{avv}$

$R_{avv} = \frac{V_L}{I_{avv}} - 12 R_T = \frac{3000}{500} - 12 \cdot 0,4 = 1,2 \Omega$



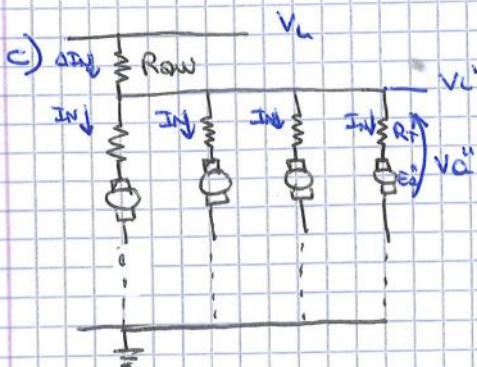
$V_a' = \frac{V_L}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 V$

$E_a' = V_a' - R_T I_N = 1500 - 0,4 \cdot 350 = 1100 V$

$\omega' = \frac{E_a'}{k_T I_a}$

$k_T = \frac{C_N}{I_N^2} = \frac{P_N}{\omega_N I_N^2} = \frac{300000}{\frac{2\pi \cdot 1000}{60} \cdot (350)^2} = 0,02339 \text{ Nm/A}^2$

$\omega' = \frac{E_a'}{k_T I_a} = \frac{1100}{0,02339 \cdot 350} = 13,44 \text{ rad/sec} \rightarrow n' = 128,9 \text{ rpm}$



$V_L' = V_L - 4 I_N R_{avv}$

$V_a'' = \frac{V_L'}{3} = \frac{V_L - 4 I_N R_{avv}}{3} = \frac{3000 - 4 \cdot 350 \cdot 1,2}{3} = 440 V$

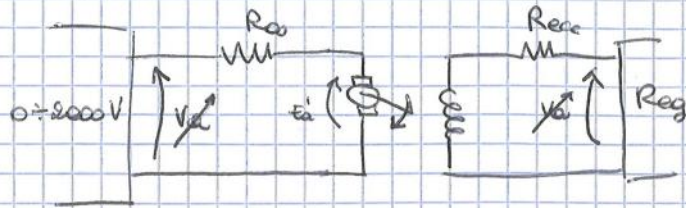
$E_a'' = V_a'' - R_T I_N = 440 - 0,4 \cdot 350 = 300 V$

$\omega'' = \frac{E_a''}{k_T I_a} = \frac{300}{0,02339 \cdot 350} = 36,65 \text{ rad/sec} \rightarrow n'' = 349,9 \text{ rpm}$

d) $R_{ecc} = \frac{P_{ecc}}{I^2} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \Omega$

$k_T' = \frac{k_T}{2} = \frac{0,02339}{2} = 0,01170 \text{ V/rad/sec}$

⊙ ecc. separata
 $P_N = 1600 \text{ kW}$
 $V_N = 2000 \text{ V}$
 $I_N = 850 \text{ A}$
 $I_{aw} = 1100 \text{ A}$
 $R_a = 0,138 \Omega$
 $n_N = 990 \text{ rpm}$
 $n_{max} = 1650 \text{ rpm}$



$0 < \omega < \omega_N$ $I_{ecc} = 0,235 I_a \rightarrow$ eccitazione serie in questo range

a) $C_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{1600000}{990 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 15433 \text{ Nm}$

b) $n = 500 \text{ rpm}$
 C_N

$P_{mecc} + P_{fe} = 0$
 $E_N I_N = (V_a - R_a I_N) I_N = (2000 - 0,138 \cdot 850) 850 = 1600300 \text{ W}$ trascurabile

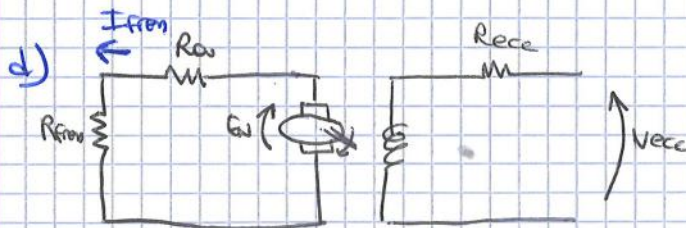
$k_T = \frac{C_N}{I_N^2} = \frac{15433}{850^2} = 0,02136 \text{ Nm/A}^2$

@ 500 rpm $C' = C_N$ $I_a' = I_N$

$E_a' = k_T I_a' \omega' = 0,02136 \cdot 850 \cdot \frac{2\pi}{60} \cdot 500 = 950,6 \text{ V}$

$V_a' = E_a' + R_a I_a' = 950,6 + 0,138 \cdot 850 = 1068 \text{ V}$

c) $C'' = k_T I_a'^2 = 0,02136 (850)^2 = 5340 \text{ Nm}$



$I_{fren \text{ max}} = I_{aw} = 1100 \text{ A}$

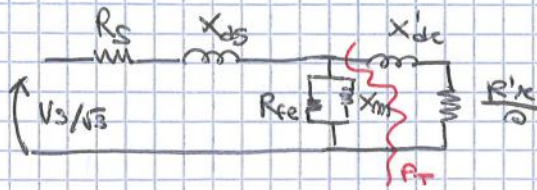
$E_N = (R_a + R_{fren}) I_{fren} \rightarrow R_{fren} \geq \frac{E_N}{I_{aw}} - R_a$

$E_N = V_{AN} - R_a I_{AN} = 2000 - 0,138 \cdot 850 = 1882,7 \text{ V}$

$R_{fren} \geq \frac{1882,7}{1100} - 0,138 = 1,573 \Omega$

7)

$p = 3$
 $f = 100 \text{ Hz}$
 $I_S = 57 \text{ A}$
 $C_m = 80 \text{ Nm}$
 $n_r = 1900 \text{ rpm}$
 $P_{mecc} + P_{fe} = 14 \text{ kW}$
 $P_{gs} = 750 \text{ W}$
 $\cos \phi = 0,86$



$P_{mecc} = P_e = 700 \text{ W}$

a) $n_s = \frac{60 f}{p} = \frac{60 \cdot 100}{3} = 2000 \text{ rpm} \rightarrow \omega_s = \frac{2\pi}{60} \cdot n_s = 209,4 \text{ rad/s}$

$P_{passe} = C_m \omega_s = 80 \cdot 1900 \cdot \frac{2\pi}{60} = 15917 \text{ W}$

$P_{convitta} = P_{passe} + P_{mecc} = 15917 + 700 = 16617 \text{ W}$

$P_T = \frac{P_{convitta}}{1-s} = \frac{16617}{1 - \left(\frac{2000-1900}{2000}\right)} = 17491 \text{ W}$

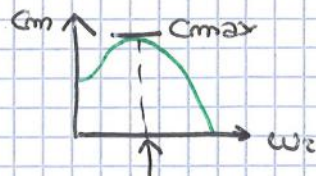
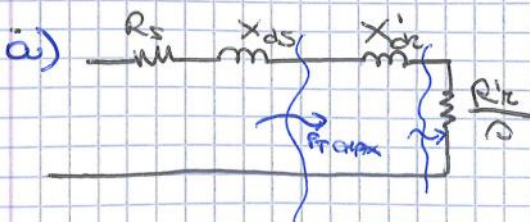
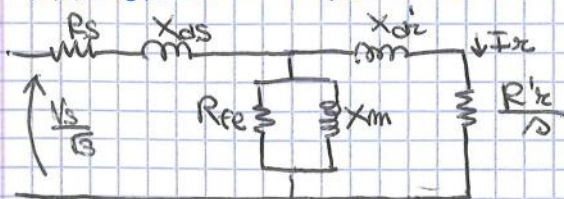
$P_{el. \text{ statore}} = P_T + P_{fe} + P_{gs} = 17491 + 700 + 750 = 18941 \text{ W}$

$V_s = \frac{P_{el. \text{ statore}}}{\sqrt{3} I_S \cos \phi} = \frac{18941}{\sqrt{3} \cdot 57 \cdot 0,86} = 223,1 \text{ V}$

b) $\eta = \frac{P_{passe}}{P_{el. \text{ stat}}} = \frac{15917}{18941} = 0,84$

8)

$P_N = 150 \text{ kW}$ $V_N = 400 \text{ V}$ $p = 2$ $f = 50 \text{ Hz}$
 $R_s = 0,01 \Omega$ $R'_e = 0,011 \Omega$
 $X_m = 2,5 \Omega$ $R_{fe} = 49,5 \Omega$ $X_{ds} = 0,06 \Omega$ $X_{dc} = 0,068 \Omega$



$\frac{R'_k}{\omega_{cmax}} = \sqrt{R_s^2 + (X_{ds} + X'_{dc})^2}$

$\omega_{cmax} = \frac{R'_k}{\sqrt{R_s^2 + (X_{ds} + X'_{dc})^2}} = \frac{0,011}{\sqrt{0,01^2 + (0,06 + 0,068)^2}} = 0,0857$

②

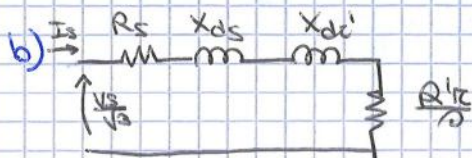
$P_N = 7,8 \text{ kW}$
 $V_{SN} = 380 \text{ V}$
 $I_{SN} = 16 \text{ A}$
 $f = 50 \text{ Hz}$
 $p = 2$
 $\Delta m = 4\%$
 $V_{CC} = 75 \text{ V}$
 $P_{CC} = 1120 \text{ W}$
 $V_{DC} = 14 \text{ V}$
 $I_{DC} = 10 \text{ A}$

a) $C_N = \frac{P_N}{\omega_N}$

$\omega_s = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 157,08 \text{ rad/s}$

$\Delta = \frac{\omega_s - \omega_N}{\omega_s} \rightarrow \omega_N = \omega_s(1 - \Delta) = 157,08(1 - 0,04) = 150,8 \text{ rad/s}$

$C_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{7800}{150,8} = 51,7 \text{ Nm}$



$\rho_{Cmax} = \pm \frac{R'z}{\sqrt{R_s^2 + (X_{ds} + X_{dc})^2}}$

$R_s = \frac{1}{2} \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{1}{2} \frac{14}{10} = 0,7 \Omega$

$P_{CC} = 3 R_{CC} I_{SN}^2 \rightarrow R_{CC} = \frac{P_{CC}}{3 I_{SN}^2} = \frac{1120}{3(16)^2} = 1,458 \Omega$

$R'z = R_{CC} - R_s = 1,458 - 0,7 = 0,758 \Omega$

$Z_{CC} = \frac{V_{CC}}{\sqrt{3} I_N} = \frac{75}{\sqrt{3} \cdot 16} = 2,7 \Omega$

$X_{dc} = \sqrt{Z_{CC}^2 - R_{CC}^2} = \sqrt{2,7^2 - 1,458^2} = 2,272 \Omega$

$\rho_{Cmax} = \pm \frac{0,758}{\sqrt{0,7^2 + 2,272^2}} = \pm 0,32$

c) $f = 35 \text{ Hz}$

$\frac{V}{f} = \text{cost}$

$\frac{V'}{f'} = \frac{V}{f} \rightarrow V' = V \frac{f'}{f} = 380 \cdot \frac{35}{50} = 266 \text{ V}$

② TRIANGOLO Δ

$P_N = 8 \cdot 10^3 \text{ W}$
 $V_{SN} = 380 \text{ V}$
 $p = 3$
 $f = 50 \text{ Hz}$
 $\cos \varphi_N = 0,85$
 $\eta = 0,82$
 $\lambda_N = 4,5\%$

$H_p: C_g(V^2) \rightarrow I_g(V)$

$C_{OW} = 1,2 \text{ CN}$
 $C_{MAX} = 1,8 \text{ CN}$
 $I_{OW} = 5 \text{ IN}$

a) $P_{SN} = \sqrt{3} V_{SN} I_{SN} \cos \varphi_N$

$\eta = \frac{P_e}{P_N} \rightarrow P_{SN} = \frac{P_N}{\eta} = \frac{8 \cdot 10^3}{0,82} = 9756 \text{ W}$

$I_{SN} = \frac{9756}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 17,4 \text{ A}$

b) $C_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{8 \cdot 10^3}{(1-\lambda)\omega_s} = \frac{8 \cdot 10^3}{(1-0,045) \cdot \frac{2\pi \cdot 50}{2}} = 53,3 \text{ Nm}$

c) Δ

$$\left. \begin{array}{l} V_{gase\Delta} = \sqrt{3} V \\ I_{\Delta} = \sqrt{3} I_{SN} \Delta = \sqrt{3} I_{SN} \end{array} \right\} \frac{I_{\Delta}}{I_Y} = 3$$

Y

$$\left. \begin{array}{l} V_{gaseY} = \frac{V}{\sqrt{3}} \\ I_Y = I_{SY} = \frac{I}{\sqrt{3}} \end{array} \right\} \frac{V_{gase\Delta}}{V_{gaseY}} = \sqrt{3}$$

$C_{OW\Delta} = 1,2 \cdot 53,3 = 63,9 \text{ Nm}$

$\frac{C_{OW\Delta}}{C_{OWY}} = \left(\frac{V_{gase\Delta}}{V_{gaseY}} \right)^2 = (\sqrt{3})^2 = 3$

$\rightarrow C_{OWY} = \frac{C_{OW\Delta}}{3} = \frac{63,9}{3} = 21,3 \text{ Nm}$

d) $C_{MAX\Delta} = 1,8 \text{ CN} = 95,94 \text{ Nm}$

$C_{MAXY} = \frac{C_{MAX\Delta}}{3} = 32 \text{ Nm}$

e) $I_{OW} = 5 \text{ IN} = 87 \text{ A}$

$I_{OWY} = \frac{I_{OW}}{3} = 29 \text{ A}$

$$X_m = \frac{V_{AB}^2}{Q_{AB}} = \frac{364,17^2}{9107} = 14,72 \Omega$$

$$b) C_N = \frac{P_N}{\omega N} = \frac{15 \cdot 10^3}{1460 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 98,1 \text{ Nm}$$



$$P_T = 3 \frac{R'_e I_T^2}{2} = 3 \frac{R'_e}{2} \frac{(V_s N)^2}{(\sqrt{3})^2 (\sqrt{(R_s + \frac{R'_e}{2})^2 + X_{dt}^2})^2}$$

$$C_m = \frac{P_T}{\omega_s} = p \frac{P_T}{\omega}$$

$$\begin{aligned} \rho = 1 \quad C_{au} &= \frac{p}{2\pi g} \cdot 3 \frac{R'_e}{2} \cdot \frac{V_s^3}{3 (R_s + \frac{R'_e}{2})^2 + X_{dt}^2} = \\ &= \frac{2}{2\pi \cdot 50} \cdot 3 \cdot 0,44 \cdot \frac{380^3}{3((9,68)^2 + (1,22)^2)} = \\ &= 207,34 \text{ Nm} \end{aligned}$$

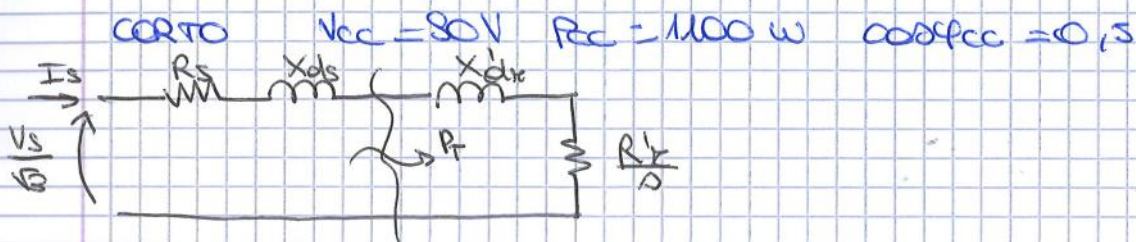
$$d) m_s^i = \frac{60 p}{p} = \frac{60 \cdot 90}{2} = 600 \text{ rpm}$$

$$c) C_N = \frac{P_N}{\omega_N} = \frac{20100}{960 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 200 \text{ Nm}$$

$$d) \eta = \frac{P_N}{P_{\text{ass},N}} = \frac{20100}{23200} = 0,866$$

$$e) C_0 = \frac{P_{\text{mecc}}}{\omega_{s,N}} = \frac{\frac{1}{3} P_{\text{ass},0} = 1100}{2000 \cdot \frac{2\pi}{60}} = 3,5 \text{ Nm}$$

⑤ $P_N = 7,5 \text{ kW}$
 $V_{SN} = 380 \text{ V}$
 $I_{SN} = 15,8 \text{ A}$
 $p = 2$
 $n_{r,N} = 1450 \text{ rpm}$
 $R_S = 0,73 \Omega$
 $\eta = 0,85$



Prato CORTO \rightarrow motore bloccato, $s=1$, I_N

$$P_{cc} = 3 R_{cc} \cdot I_{SN}^2 \rightarrow R_{cc} = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_{SN}^2} = \frac{1100}{3 \cdot 15,8^2} = 1,47 \Omega$$

$$R_{cc} = R_S + R'_{cc} \rightarrow R'_{cc} = R_{cc} - R_S = 1,47 - 0,73 = 0,74 \Omega$$

$$X_{dt} = X_{ds} + X'_{dt} = R_{cc} \tan(\phi_{cc}) = 1,47 \tan(\cos^{-1} 0,5) = 2,54 \Omega$$

$$a) C_{\text{cort}} = \frac{P_c}{\omega_s} = \frac{P_c}{\frac{\omega}{p}} = \frac{P}{2\pi f} \cdot \frac{3 R'_{cc}}{\omega} \left(\frac{V_s}{\sqrt{3} \sqrt{R_S^2 + R'_{cc}^2 + X_{dt}^2}} \right)^2 =$$

$$= \frac{2}{2\pi \cdot 50} \cdot \frac{3 \cdot 0,74}{1} \cdot \left(\frac{380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,73+0,74)^2 + 2,54^2}} \right)^2 = 79 \text{ Nm}$$

$$b) \frac{R'_{cc}}{\rho_{\text{MAX}}} = \sqrt{R_S^2 + X_{dt}^2}$$

$$\rho_{\text{MAX}} = \frac{R'_{cc}}{\sqrt{R_S^2 + X_{dt}^2}} = \frac{0,74}{\sqrt{0,73^2 + 2,54^2}} = 0,28$$

Esercitazione 6

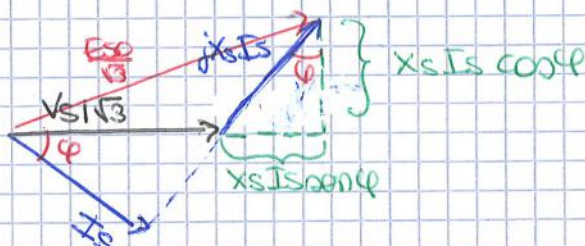
①

$$\begin{aligned}
 p &= 3 \\
 V &= 480 \text{ V} \\
 \omega &= 50 \text{ Hz} \\
 X_s &= 1 \Omega \\
 I_s &= 60 \text{ A} \\
 \cos\varphi &= 0,8 \text{ (}\Omega\text{-L)} \\
 P_{\text{dev}} &= 1,5 \text{ kW} \\
 P_{\text{fe}} &= 1 \text{ kW} \\
 R_{\text{sa}} &= 0 \Omega \\
 E_0 &= 480 \text{ V}
 \end{aligned}$$

a) $n_s = 60 \cdot \frac{p}{2} = \frac{60 \cdot 3}{2} = 900 \text{ rpm}$

$\omega_s = \frac{2\pi n_s}{60} = 104,72 \text{ rad/s}$

b) (1) $I_s = 60 \text{ A}$ $\cos\varphi = 0,8 \text{ (}\Omega\text{-L)}$



$$\frac{E_0}{\sqrt{3}} = \sqrt{\left(\frac{V_s}{\sqrt{3}} + X_s I_s \sin\varphi\right)^2 + \left(X_s I_s \cos\varphi\right)^2}$$

$$\frac{E_0^2}{3} = \frac{V_s^2}{3} + \frac{2}{\sqrt{3}} V_s X_s I_s \sin\varphi + X_s^2 I_s^2 \sin^2\varphi + X_s^2 I_s^2 \cos^2\varphi$$

$$V_s^2 = E_0^2 - 2\sqrt{3} X_s I_s \sin\varphi V_s - 3 X_s^2 I_s^2$$

$$V_s^2 + 2\sqrt{3} X_s I_s \sin\varphi V_s + 3 X_s^2 I_s^2 - E_0^2 = 0$$

$$V_s^2 + 2\sqrt{3} \cdot 1 \cdot 60 \cdot \sin(\cos^{-1}0,8) V_s + 3 \cdot 1^2 \cdot 60^2 - 480^2 = 0$$

$$\begin{aligned}
 V_{s1} &= 410,4 \text{ V} && \text{Si!} \\
 V_{s2} &= -535,1 \text{ V} && \text{No!}
 \end{aligned}$$

(2) $I_s = 60 \text{ A}$ $\cos\varphi = 1$

$$V_s^2 + 2\sqrt{3} \cdot 1 \cdot 60 \cdot \sin(\cos^{-1}1) V_s + 3 \cdot 1^2 \cdot 60^2 - 480^2 = 0$$

$$V_s = 468,6 \text{ V}$$

(3) $I_s = 60 \text{ A}$ $\cos\varphi = 0,8 \text{ (}\Omega\text{-C)}$

②

+ TABELLA

$p = 2$
 $V = 480$

$f = 50 \text{ Hz}$

$R_s = 350 \cdot 10^{-6} \text{ H}$ } riferiti al Δ

$R_s = 0,015 \Omega$

$X_s = 2\pi f L = 0,11 \Omega$

$I_L = 1200 \text{ A}$

$\cos \varphi = 0,8$ (L-L)
 $P_{\text{ov}} = 40 \text{ kW}$
 $P_{\text{fe}} = 30 \text{ kW}$
 $P_e = 0$

a) $n_s = \frac{60 \cdot f}{p} = 1500 \text{ rpm}$

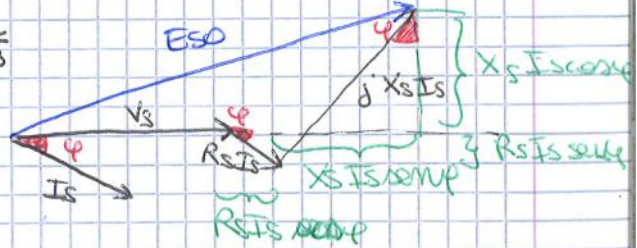
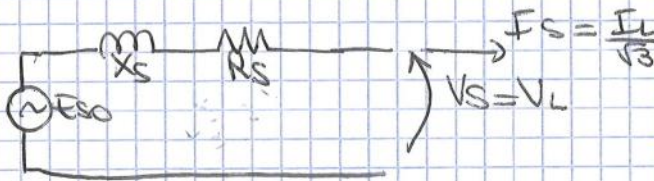
b) $E_{50(V)} = 480 \text{ V}$

$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$

$y = \frac{480 - 455}{510 - 455} \cdot (5 - 4) + 4 = 4,45$

$I_{\text{ecc}} = 4,45 \text{ A}$

c) R_s non trascurabile



$I_s = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{1200}{\sqrt{3}} = 692,82 \text{ A}$

$E_{50} = \sqrt{(V_s + R_s I_s \cos \varphi + X_s I_s \sin \varphi)^2 + (X_s I_s \cos \varphi - R_s I_s \sin \varphi)^2}$

$E_{50} = 536,8 \text{ V}$

$y = \frac{536,8 - 510}{540 - 510} \cdot (6 - 5) + 5 = 5,9$

$I_{\text{ecc}} = 5,9 \text{ A}$

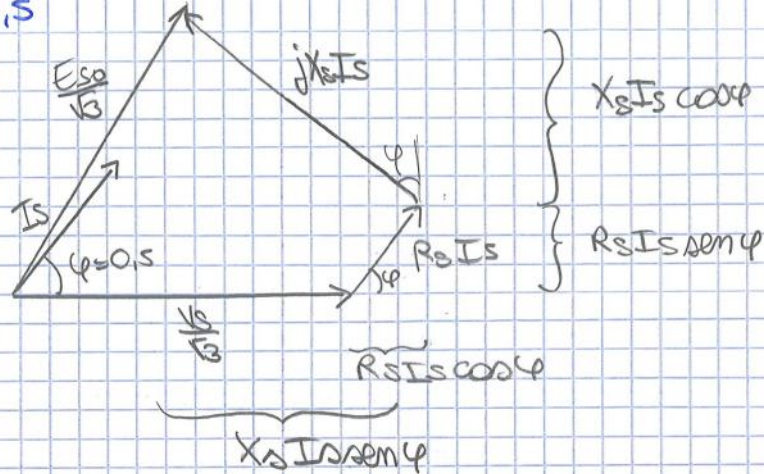
d) $P_s = \sqrt{3} V_s I_s \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 480 \cdot 1200 \cdot 0,8 = 799829 \text{ W}$

$P_m = P_s + P_{js} + P_{fe} + P_{ov} + P_{add} = 799829 + 3 \cdot 0,015 \cdot 692,82^2 + 30 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3 = 889729 \text{ W}$

$\eta = \frac{P_s}{P_m} = 0,899$

$\cos\varphi = 0,5$

b)



$$E_{s0}^2 = 3 \left[\left(\frac{V_s}{\sqrt{3}} + R_s I_s \cos\varphi - X_s I_s \sin\varphi \right)^2 + \left(R_s I_s \sin\varphi + X_s I_s \cos\varphi \right)^2 \right]$$

$$= 3 \left[\left(\frac{380}{\sqrt{3}} + 0,2 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot 0,5 - 1,5 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \right)^2 + \left(0,2 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} + 1,5 \cdot \frac{10 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} \cdot 0,5 \right)^2 \right] = 122005 \text{ V}^2$$

$E_{s0} = 349,3 \text{ V}$

$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$

$y = \frac{349,3 - 320,4}{367,2 - 320,4} (1,5 - 1) + 1 \rightarrow y = 1,31$

$I_{ecc} = 1,31 \text{ A}$

$\Delta V\% = \frac{E_{s0} - V_m}{V_m} \cdot 100 = \frac{349,3 - 380}{380} \cdot 100 = -8,1\%$

c) $V = E_0 - V_s = 0$

I_s in anticipo da a) e b)

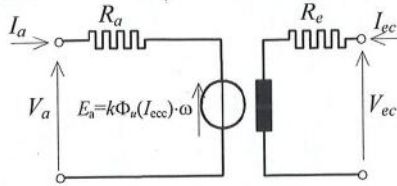
Motore CC

$P_N = C_N \cdot \omega_N$ (se motore) $P_N = V_{aN} \cdot I_{aN}$ (se dinamo)

Motore CC

Eccitazione separata

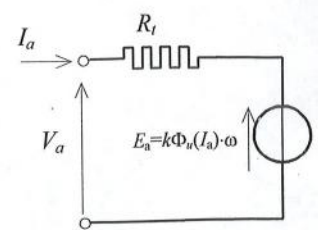
$V_{ecc} = R_{ecc} \cdot I_{ecc}$
 $\Phi_u = M \cdot I_{ecc}$
 $E_a = k \Phi_u \cdot \omega$
 $V_a = R_a \cdot I_a + E_a = R_a \cdot I_a + k \Phi_u \cdot \omega$
 $C = k \Phi_u \cdot I_a$



Motore eccitazione serie

Caso lineare:

$\Phi_u(I_a) = M \cdot I_a$
 $E_a = k \cdot M \cdot I_a \cdot \omega$
 $V_a = R_t \cdot I_a + k \cdot M \cdot I_a \cdot \omega$
 $C = k \cdot M \cdot I_a^2$
 $R_t = R_a + R_{ecc}$



Se la macchina non è lineare dal punto di vista magnetico si DEVE usare la tabella coppia-corrente

Se motore: $\eta = \frac{P_u}{P_i}$ $P_i = P_{ja} + P_{je} + P_{fe} + P_{mecc} + P_u = \sum Perdite + P_u$ $P_u = C_u \cdot \omega$ $P_0 = P_{mecc} + P_{Fe} = C_0 \cdot \omega_0$

Se $P_0 = 0 \Rightarrow I_0 = 0, C_0 = 0$

Se $P_0 > 0 \Rightarrow P_0 = E_0 \cdot I_{a0} = k \Phi_u \cdot \omega_0 \cdot I_{a0}$ $C_0 = k \Phi_u \cdot I_{a0} = \frac{P_0}{\omega_0}$ $C_u = C_m - C_0 = k \Phi_u \cdot (I_a - I_{a0})$

Nel funzionamento da dinamo il flusso di potenza sull'armatura si inverte di segno (coppia e corrente di armatura cambiano di segno). Prestare attenzione al calcolo dei bilanci di potenza e dei rendimenti.

Trasformatore trifase

$S_N = \sqrt{3} \cdot V_{1N} \cdot I_{1N} = \sqrt{3} \cdot V_{20} \cdot I_{2N}$

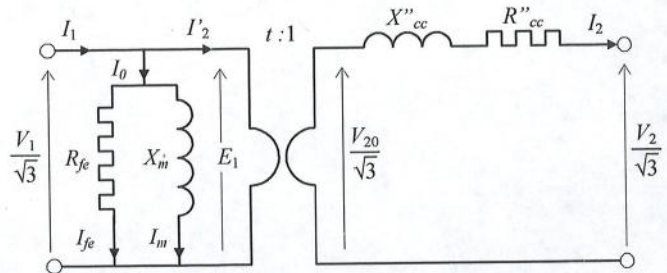
$n = N_1 / N_2$ (rapporto spire)

$t = V_{1N} / V_{20}$ (rapporto di trasformazione)

$\Delta V_{industriale} = V_{20} - V_2 \cong \sqrt{3} \cdot I_2 (R_{cc}'' \cdot \cos(\varphi_2) + X_{cc}'' \cdot \sin(\varphi_2))$

$I_{2cc} = \frac{V_{20}}{\sqrt{3} \cdot Z_{cc}''}$ (corrente di guasto di cortocircuito al secondario)

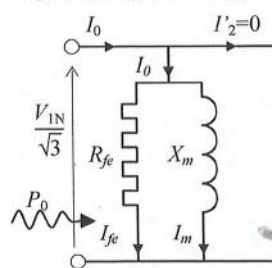
$\eta = \frac{P_{erogata}}{P_{erogata} + \sum Perdite} = \frac{\sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos(\varphi_2)}{\sqrt{3} \cdot V_2 \cdot I_2 \cdot \cos(\varphi_2) + 3 \cdot R_{cc}'' \cdot I_2^2 + P_{Fe}}$ $\eta_{convenzionale} = \frac{\alpha \cdot S_N \cdot \cos(\varphi_2)}{\alpha \cdot S_N \cdot \cos(\varphi_2) + \alpha^2 \cdot P_{cc} + P_0}$ ($\alpha = I_2 / I_{2N}$)



Condizioni di parallelo perfetto $\Rightarrow V_{INA} = V_{INB}, t_A = t_B, Gruppo_A = Gruppo_B, v_{cc\%A} = v_{cc\%B}, \varphi_{ccA} = \varphi_{ccB}$

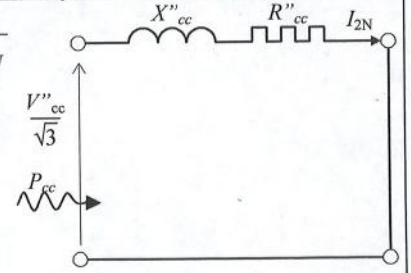
Prova a vuoto (parametri riferiti al primario)

$R_{Fe} = \frac{V_{1N}^2}{P_0}$
 $X_m = \frac{V_{1N}^2}{Q_0}$
 $I_0\% = \frac{I_0 \text{ lato prova}}{I_N \text{ lato prova}} \cdot 100$
 $P_0\% = \frac{P_0}{S_N} \cdot 100$



Prova in cortocircuito (parametri riferiti al secondario)

$V_{2cc} = \sqrt{3} \cdot Z_{cc}'' \cdot I_{2N}$ $R_{cc}'' = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_{2N}^2}$
 $X_{cc}'' = R_{cc}'' \cdot \tan(\varphi_{cc}) = \frac{Q_{cc}}{3 \cdot I_{2N}^2}$
 $v_{cc\%} = \frac{V_{cc} \text{ lato prova}}{V_N \text{ lato prova}} \cdot 100$
 $P_{cc\%} = \frac{P_{cc}}{S_N} \cdot 100$



Motore asincrono ($P_N = C_N \cdot \omega_N$)

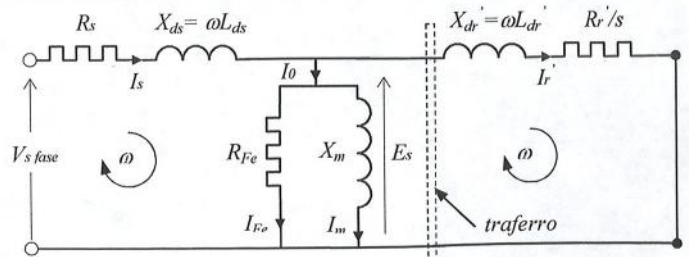
$P_s = 3 \cdot V_s \cdot I_s \cdot \cos(\varphi_s) = \sqrt{3} \cdot V_s \cdot I_s \cdot \cos(\varphi_s)$

$P_{js} = 3 \cdot R_s \cdot I_s^2$ $P_{Fe} = 3 \cdot \frac{E_s^2}{R_{Fe}}$

$P_t = P_s - P_{js} - P_{Fe}$

$P_t = 3 \cdot \frac{R_r'}{s} \cdot I_r'^2$ $P_{jr} = 3 \cdot R_r' \cdot I_r'^2$

$\omega_s = \frac{\omega_e}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_s}{60}$
 $n_s = \frac{60 \cdot f}{p}$
 $n_r = (1 - s) \cdot n_s$



$P_{convertita} = P_t - P_{jr} = 3 \cdot \frac{1-s}{s} \cdot R_r' \cdot I_r'^2$ $- P_{convertita} = (1-s) \cdot P_t = P_{utile} + Perdite_{meccaniche}$ $P_{jr} = s \cdot P_t$

$P_t = C_m \cdot \omega_s$

$Perdite_{meccaniche} = C_0 \cdot \omega_s$ Fissato lo scorrimento ed i parametri, i valori di coppia sono proporzionali al quadrato della tensione.

$C_m = 3 \cdot \frac{p}{\omega} \cdot \frac{R_r'}{s} \cdot V_{eq}^2 \sqrt{\left[\left(R_{eq} + \frac{R_r'}{s} \right)^2 + \left(X_{eq} + X_{dr}' \right)^2 \right]}$
 $C_{Fe} = \frac{P_{Fe}}{\omega_s}$
 NB: Equazione valida solo per il circuito indicato, facendo Thevenin del circuito a monte della sezione di traferro.

ATTENZIONE: Se non diversamente specificato nel testo dell'esercizio, nell'elaborazione della prova a rotore bloccato si possono trascurare i parametri trasversali (R_{Fe} ed X_m), mentre nell'elaborazione della prova a vuoto **NON** si possono trascurare i parametri di statore (R_s ed X_{ds}) e le perdite meccaniche dal bilancio di potenza a vuoto.

MODELLO TERMICO SEMPLIFICATO: $\Delta\theta_{regime} = R_{termica} \cdot P_{dissipata}$

ELETTROTECNICA/MACCHINE ELETTRICHE
 (Dip. Ingegneria Elettrica, prof. C. Ragusa - A. Tenconi)
 Nome: _____ Cognome: _____
 Matricola: _____

Appello del 29/01/2007.

IV Problema (Macchine Elettriche)

Un motore asincrono trifase, avente gli avvolgimenti di statore collegati a stella, presenta i seguenti dati nominali:

- rendimento $\eta_n = 88\%$
- tensione $V_n = 400\text{ V}$
- frequenza $f_n = 50\text{ Hz}$
- velocità $v_n = 1450\text{ r.p.m}$
- fattore di potenza $\cos\phi_n = 0.82$
- perdite complessive $P_{\text{loss}} = 1200\text{ W}$

Relativamente a questi valori, calcolare:

- la potenza resa
- la corrente assorbita
- lo scorrimento relativo

o Tensione e corrente nominali se il motore venisse collegato a Δ

(2) $P_n = \underline{\hspace{2cm}}$ kW

(3) $I_n = \underline{\hspace{2cm}}$ A

(2) $s_n = \underline{\hspace{2cm}}\%$

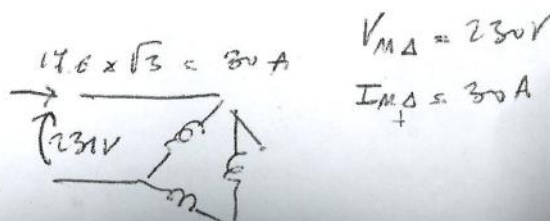
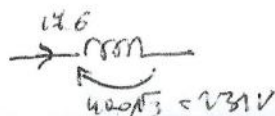
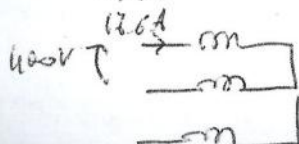
$P_{\text{loss}} = (1 - \eta) P_{S,n} \quad P_n = \eta P_{S,n}$

$P_M = P_{\text{loss}} \frac{\eta}{1 - \eta} = 1200 \frac{0.88}{0.12} = 8800\text{ W} \rightarrow P_{S,n} = \frac{8800}{\eta} = 10\text{ kW}$

SVOLGIMENTO

$I_{S,n} = \frac{P_{S,n}}{\sqrt{3} V_s \cos\phi_n} = \frac{10\text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0.82} = 17.6\text{ A}$

$s = \frac{50}{1500} = 0.0333$



PROBLEMA N°2: MOTORE ASINCRONO TRIFASE E MACCHINA IN C.C.

Un motore asincrono trifase a 3 paia poli, alimentato con la tensione $V=380\text{ V} - 50\text{ Hz}$, eroga potenza ad un carico meccanico costituito da una macchina in corrente continua magneti permanenti, che a sua volta alimenta un carico elettrico. Conoscendo:

- la potenza erogata dal motore asincrono $P_{ma} = 15\text{ kW}$
- la coppia erogata dal motore asincrono $C = 150\text{ Nm}$
- la corrente assorbita dal motore asincrono $I = 32\text{ A}$
- il fattore di potenza del motore asincrono $\cos\phi = 0.8$
- le perdite a vuoto ($P_{Fe} + P_{mecc}$) della macchina a c.c. $P_0 = 800\text{ W}$
- la resistenza di armatura della macchina in c.c. $R_a = 200\text{ m}\Omega$
- la resistenza del carico elettrico $R_u = 1.35\ \Omega$

calcolare

[Punti 2] lo scorrimento relativo del motore asincrono $s = \underline{\hspace{2cm}}\%$

[Punti 2] il rendimento del motore asincrono $\eta_{ma} = \underline{\hspace{2cm}}\%$

[Punti 3] il K_E della macchina in c.c. $K_E = \underline{\hspace{2cm}}\text{ V}/(\text{rad/s})$

SVOLGIMENTO

PROBLEMA N°2 MOTORE ASINCRONO TRIFASE

Di un motore asincrono trifase a 6 poli, alimentato con la tensione di frequenza $f_n=60$ Hz e ampiezza $V_n=380$ V, alla coppia nominale $C_n=247$ Nm sono noti:

- lo scorrimento nominale $s_n = 3 \%$
- la corrente nominale $I_n = 87$ A
- il fattore di potenza $\cos\phi_n = 0.73$

(Punti 2) la potenza nominale $P_n = \underline{\hspace{2cm}}$ kW

(Punti 2) il rendimento a carico nominale $\eta_n = \underline{\hspace{2cm}}$ %

Assumendo costante il rendimento, note la costante di tempo termica $\tau_{th} = 720$ s e la resistenza termica $R_{th} = 0.045$ °C/W, calcolare:

(Punti 3) la sovratemperatura raggiunta dalla macchina dopo 5 minuti di funzionamento in sovraccarico al doppio della potenza resa (si assuma nulla la sovratemperatura iniziale)

$\Delta\theta = \underline{\hspace{2cm}}$ °C

SVOLGIMENTO

PROBLEMA N°2 MACCHINA A CORRENTE CONTINUA

Un motore a corrente continua a magneti permanenti alimentato a 110 V eroga 12 kW a 500 rpm con un rendimento pari all'85%. La resistenza di armatura vale 100 mΩ.

Calcolare:

- a) la corrente assorbita;
- b) le perdite joule di armatura;
- c) la somma delle perdite meccaniche e nel ferro;
- d) la tensione di alimentazione necessaria per duplicare la velocità del motore quando la corrente assorbita è di 50 A.

Risposte:

(Punti 2) $I_a =$ _____ A

(Punti 2) $P_0 =$ _____ W

(Punti 1) $P_{ja} =$ _____ W

(Punti 3) $V_{1000} =$ _____ V

SVOLGIMENTO

PROBLEMA N°2: TRASFORMATORE TRIFASE

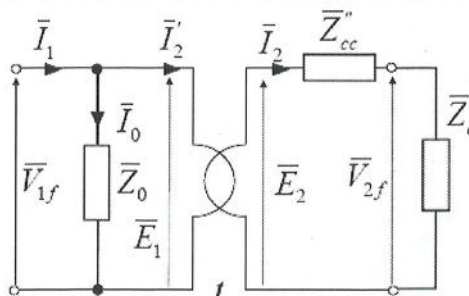
Un trasformatore trifase con avvolgimenti (primari e secondari) collegati a stella alimenta a secondario un carico trifase ad impedenza costante collegato a stella. I dati di targa del trasformatore e del carico sono i seguenti:

Dati del trasformatore

Potenza nominale	A_n	170	kVA
Tensione primaria nominale	V_{1n}	22	kV
Tensione secondaria nominale (a vuoto)	V_{2n}	400	V
Frequenza di funzionamento	f	50	Hz
Tensione % prova in corto circuito	$V_{cc\%}$	5	%
Potenza % prova in corto circuito	$P_{cc\%}$	4	%
Potenza % prova a vuoto	$P_{fe\%}$	7	%

Dati del carico

Potenza nominale	P_{cn}	150	kW
Tensione nominale	V_{cn}	400	V
Fattore di potenza	$\cos\varphi_c$	0,85	-



Supponendo che il trasformatore venga alimentato al primario con una tensione pari a quella nominale, calcolare:

- [Punti 1] resistenza di corto circuito R_{cc} : (Ω)
- [Punti 1] reattanza di cortocircuito X_{cc} : (Ω)
- [Punti 3] tensione di alimentazione del carico : (V)
- [Punti 2] rendimento del trasformatore : (%)
- [Punti 2] corrente di corto circuito : (A)

SVOLGIMENTO

PROBLEMA SUL TRASFORMATORE TRIFASE

Un trasformatore trifase alimenta un carico trifase ad impedenza costante ed equilibrato. I dati di targa del trasformatore e del carico sono i seguenti:

Dati di targa

S_n	100 kVA
V_{1n} / V_{2n}	12kV / 400V, 50 Hz
$V_{cc\%}$	6 %
$P_{cc\%}$	3.0 %
$I_{0\%}$	1.8 %
$P_{0\%}$	0.5 %
Gruppo	Yd11

Il trasformatore è alimentato a primario alla tensione nominale. Calcolare:

[Punti 3] I parametri del circuito equivalente $R_{cc}'' \dots\dots 48. \text{ m}\Omega$; $X_{cc}'' \dots\dots 83.1 \text{ m}\Omega$
 $X_m' \dots\dots 83 \text{ k}\Omega$; $R_{fe}' \dots\dots 288 \text{ k}\Omega$

[Punti 1] La tensione di alimentazione di un carico R-L, equilibrato, composto da tre impedenze $Z_c = (1.3 + j0.9) \Omega$, collegate a stella

$$V_2 \quad 379V$$

[Punti 1] Il rendimento del trasformatore, nelle condizioni di carico descritte

$$\eta_T \dots\dots\dots 0.958$$

[Punti 2] Il trasformatore viene affiancato da un trasformatore uguale, collegato in parallelo. Calcolare il rendimento complessivo dei due trasformatori quando alimentano lo stesso carico.

$$\eta_{TA/TB} \dots \quad 0.970$$

SVOLGIMENTO

PROBLEMA N°2 MOTORE ASINCRONO TRIFASE

Di un motore asincrono trifase a 6 poli, alimentato con la tensione di frequenza $f_n=50$ Hz e ampiezza $V_n=220$ V, alla coppia nominale $C_n=200$ Nm sono noti:

- lo scorrimento nominale $s_n = 4 \%$
- la corrente nominale $I_n = 85$ A
- il fattore di potenza $\cos\varphi_n = 0.73$

(Punti 2) la potenza nominale $P_n = \underline{20,1}$ kW

(Punti 2) il rendimento a carico nominale $\eta_n = \underline{85}$ %

Assumendo costante il rendimento, note la costante di tempo termica $\tau_{th} = 360$ s e la resistenza termica $R_{th} = 0.075$ °C/W, calcolare:

(Punti 3) la sovratemperatura raggiunta dalla macchina dopo 2 minuti di funzionamento in sovraccarico al doppio della potenza resa (si assuma nulla la sovratemperatura iniziale)

$\Delta\theta = \underline{75}$ °C

SVOLGIMENTO
