

ESERCIZIO 1 (12 punti)

Sia dato un generatore sincrono trifase caratterizzato dai dati nominali riportati nel seguito.

Potenza nominale $A_n = 100$ kVA

Tensione nominale $V_n = 400$ V

Fattore di potenza nominale $\cos\phi_n = 0.9$

Numero di coppie polari $p = 4$ (8 poli)

Frequenza nominale $f_n = 50$ Hz

$R_s = 0$

Tensione di eccitazione nominale $V_{eccn} = 180$ V

Corrente di eccitazione nominale $I_{eccn} = 3$ A

Reattanza sincrona $\% X_s = 125$ %

Il generatore sincrono alimenta **un carico trifase** caratterizzato dai seguenti dati nominali:

Potenza attiva nominale $P_{Ln} = 30$ kW

Tensione nominale $V_{Ln} = 400$ V

Fattore di potenza nominale $\cos\phi_{Ln} = 1$ (solo resistivo)

Il carico **è alimentato a tensione $V_L = 380$ V a frequenza non nota**

Il generatore sincrono trifase è mosso da un motore asincrono trifase **alimentato a tensione nominale** i cui dati sono riportati nel seguito.

Potenza meccanica nominale $P_n = 200$ kW

Tensione nominale $V_n = 400$ V

Fattore di potenza nominale $\cos\phi_n = 0.8$

Numero di coppie polari $p = 4$ (8 poli)

Frequenza nominale $f_n = 50$ Hz

Tensione di corto circuito $v_{cc}\% = 10\%$

Potenza di corto circuito $p_{cc}\% = 10\%$

Resistenza statorica $R_s = 30$ m Ω

Corrente a vuoto $I_o = 50$ A

Potenza a vuoto percentuale $p_o\% = 3\%$

Determinare

- i parametri della macchina asincrona
- La coppia erogata dal motore asincrono e il suo scorrimento
- La frequenza di alimentazione del carico. (Si consideri la variazione della reattanza sincrona trascurabile con la frequenza)
- La potenza assorbita dall'asincrono

ESERCIZIO 2 (10 punti)

Siano date due macchine in corrente continua ad eccitazione separata una funzionante da generatore e una funzionante da motore. **Il motore in corrente continua muove un carico meccanico ed è alimentato dal generatore in corrente continua.** I dati delle due macchine sono riportati nel seguito:

Motore in corrente continua

Potenza nominale $P_n = 30$ kW

Tensione nominale $V_n = 200$ V

Resistenza di armatura percentuale $r_a\% = 3\%$

Velocità nominale $N_n = 1500$ giri/min

Tensione di eccitazione nominale $V_{eccn} = 150$ V

Corrente di eccitazione nominale $I_{eccn} = 2$ A

Generatore in corrente continua

Potenza nominale $P_n = 40$ kW

Tensione nominale $V_n = 210$ V

Resistenza di armatura percentuale $r_a\% = 2\%$

Velocità nominale $N_n = 1500$ giri/min

Tensione di eccitazione nominale $V_{eccn} = 100$ V

Corrente di eccitazione nominale $I_{eccn} = 2.5$ A

Il carico meccanico mosso dal motore ha una potenza pari a $P_L = 20 \text{ kW}$ e si muove ad una velocità pari a $\Omega_L = 130 \text{ rad/s}$.

Determinare:

- la corrente e la tensione di alimentazione di armatura del **motore in corrente continua ipotizzando che sia eccitato con una tensione pari all'90% della sua tensione nominale**,
- la coppia e la velocità di rotazione del generatore in corrente continua ipotizzando **che sia eccitato in condizioni nominali**.
- il rendimento del sistema

ESERCIZIO 3 (8 Punti)

Sia dato un trasformatore trifase con i seguenti dati di targa:

A_n = potenza apparente nominale = 50 kVA

$V_{1n}/V_{20} = 380 \text{ V} / 25 \text{ kV}$

$V_{cc} \%$ = tensione di corto circuito percentuale = 4.5%

$\cos\phi_c$ = fattore di potenza di corto circuito = 0.6

$I_0 \%$ = Corrente a vuoto percentuale = 1%

Potenza a vuoto percentuale = 0.5%

Il trasformatore alimenta un carico che assorbe, al secondario, una potenza attiva di 30 kW, $\cos\phi = 0.8$ reattivo ad una tensione concatenata pari a 20 kV.

Determinare i parametri del circuito equivalente del trasformatore, la tensione, la corrente e il fattore di potenza primari **nelle condizioni di carico specificate**

SOLUZIONI**ESERCIZIO 1**

```
% Dati Generatore Sincrono
```

```
An = 100e3 VA
Vn = 400 V
cosfin = 0.9
p = 4
fn = 50 Hz
Veccn = 180 V
Ieccn = 3 A
xs = 1.25
```

```
% Dati Carico
```

```
PLn = 30e3 kW
VLn = 400 V
cosfiLn = 1
```

```
% Tensione di alimentazione del carico
```

```
VL = 380 V
```

```
% Dati Asincrono
```

```
Pna = 200e3 kW
Vna = 400 V
cosfina = 0.8
pa = 4
vcc = 10/100
pcc = 10/100
Rs = 30e-3 W
Io = 50 A
po = 3/100
```

```
% Caratterizzazione Resistenza del carico
```

```
ILn = PLn / (sqrt(3) * VLn * cosfiLn)
```

```
RL = PLn / (3 * ILn^2) = 5.333 Ω
```

```
% Calcolo Parametri asincrono
```

```
Po = po * Pna = 6000 W
Pcc = pcc * Pna = 20000 W
Vcc = vcc * Vna = 40 V
```

```
Pfe = Po - 3 * Rs * Io^2 = 5775
```

```
% Parametri del circuito equivalente
```

```
% Calcolo Corrente nominale asincrono
```

```
Ina = (Pfe + Pcc + Pna) / (sqrt(3) * Vna * cosfina) = 407.348 A
```

```
% Parametri
```

```
Rfe = Vn^2 / Pfe = 27.7056 Ω
cosfife = Pfe / (sqrt(3) * Vna * Io) = 0.1667
Xfe = Vn^2 / (Pfe * tan(acos(cosfife))) = 4.6844 Ω
Rr = (Pcc - 3 * Rs * Ina^2) / (3 * Ina^2) = 0.0102 Ω
cosficc = Pcc / (sqrt(3) * Vcc * Ina) = 0.7087
Xcc = Pcc * tan(acos(cosficc)) / (3 * Ina^2) = 0.04 Ω
```

```
% Calcolo punto di funzionamento del Sincrono
```

```
% Calcolo della corrente assorbita nelle condizioni di carico.
```

$$ZL = RL$$

$$Is = VL / (\sqrt{3} * ZL) = 41.1362 \text{ A}$$

$$In = An / (\sqrt{3} * Vn) = 144.33 \text{ A}$$

$$Xs = xs * Vn / (\sqrt{3} * In) = 2 \text{ } \Omega$$

$$Eren = Vn / (\sqrt{3}) + Xs * In * \sin(\text{acos}(\text{cosfin})) = 356.77 \text{ V}$$

$$Eimn = Xs * In * \text{cosfin} = 259.81 \text{ V}$$

$$En = \sqrt{Eren^2 + Eimn^2} = 441.34 \text{ V}$$

$$k = En / (Veccn) = 2.4519$$

$$Ere = VL / (\sqrt{3}) + Xs * Is * \sin(\text{acos}(\text{cosfiLn})) = 219.39 \text{ V}$$

$$Eim = Xs * Is * \text{cosfiLn} = 82.27 \text{ V}$$

$$E = \sqrt{Ere^2 + Eim^2} = 234.31 \text{ V}$$

$$fi = \text{atan}(Eim / Ere) = 0.3588$$

$$Pmecc = 3 * E * Is * \text{cos}(fi) = 27075 \text{ W}$$

```
% Calcolo lo scorrimento
```

$$\omega_m = 2 * \pi * fn$$

$$kas = p * Vna^2 / (Rr * \omega_m) = 2.00174e+05$$

$$A = kas * \omega_m / pa$$

$$B = -A$$

$$C = Pmecc$$

$$x1 = (-B - \sqrt{B^2 - 4 * A * C}) / (2 * A) = 0.0017$$

$$x2 = (-B + \sqrt{B^2 - 4 * A * C}) / (2 * A) = 0.9983$$

$$TL = kas * x1$$

```
% verifica dell'approssimazione
```

$$A1 = Pmecc * Rs^2 + Pmecc * Xcc^2 + Rr * Vna^2$$

$$B1 = 2 * Pmecc * Rs * Rr - Rr * Vna^2$$

$$C1 = Pmecc * Rr^2$$

$$s1 = (-B1 + \sqrt{B1^2 - 4 * A1 * C1}) / (2 * A1) = 0.9486$$

$$s2 = (-B1 - \sqrt{B1^2 - 4 * A1 * C1}) / (2 * A1) = 0.0017$$

```
% Calcolo scorrimento nominale
```

$$A2 = Pna * Rs^2 + Pna * Xcc^2 + Rr * Vna^2$$

$$B2 = 2 * Pna * Rs * Rr - Rr * Vna^2$$

$$C2 = Pna * Rr^2$$

$$s1n = (-B2 + \sqrt{B2^2 - 4 * A2 * C2}) / (2 * A2) = 0.6937$$

$$s2n = (-B2 - \sqrt{B2^2 - 4 * A2 * C2}) / (2 * A2) = 0.014$$

```
% Coppia della macchina
```

$$T = kas * x1 = 345.35 \text{ Nm}$$

```
% Velocità meccanica
```

$$\omega_{gam} = (\omega_m / pa) * (1 - x1) = 78.404 \text{ rad/s}$$

```
% Frequenza di alimentazione del carico
```

$$f = \omega_{gam} * pa / (2 * \pi) = 49.91 \text{ Hz}$$

```
% Calcolo Pass asincrono
```

$$Ir = (Vna / \sqrt{3}) / (\sqrt{(Rs + Rr / x1)^2 + Xcc^2}) = 38.9384 \text{ A}$$

$$Pass = Pfe + 3 * (Rs + Rr / x1) * Ir^2 = 32745 \text{ W}$$

$$Q_{\text{ass}} = P_{\text{fe}} \cdot \tan(\arccos(\cos\phi_{\text{fe}})) + 3 \cdot X_{\text{cc}} \cdot I_{\text{r}}^2 = 34338 \text{ VA}$$

ESERCIZIO 2

% Dati Generatore

Png = 40e3 W
 Vng = 210 V
 rag = 2/100
 nng = 1500 giri/min
 Veccng = 100 V
 Ieccng = 2.5 A

% Dati motore

Pnm = 30e3 W
 Vnm = 200 V
 Ram = 3/100
 Nnm = 1500 giri/min
 Veccnm = 150 V
 Ieccnm = 2 A

% Dati carico

PL = 20e3 W
 Omega = 130 rad/s

% Calcolo parametri generatore

Ing = Png/Vng = 190.48 A
 Rag = rag*Vng/Ing = 0.0221 Ω

wn = nnm*2*pi/60 = 157.079 rad/s

% Calcolo parametri motore

Inm = Pnm/(Vnm-ram*Vnm) = 154.64 A
 Ram = ram*Vnm/Inm = 0.0388 Ω
 km = (Vnm-Ram*Inm)/(wn*Veccnm) = 0.0082
 C = PL/omega = 153.84 Nm
 Iam = (C)/(km*0.9*Veccnm) = 138.41 A
 Vam = km*omega*0.9*Veccnm+Ram*Iam = 149.87 V

IaL=Iam
 wn = nng*2*pi/60 = 157.079 rad/s
 k= (Vng+Rag*Ing)/(wn) = 1.3636
 Cg = k*IaL = 188.74 Nm
 wg = (Vam+Rag*IaL)/(k) = 112.14 rad/s

Reccm=Veccnm/Ieccnm = 75 Ω

rend=(PL)/(Cg*wg+(Veccnm*0.9)^2/Reccm+Veccng*Ieccng) = 0.9234

ESERCIZIO 3

% *Dati* Passo al monofase equivalente

```
Ana=50e3/3;
V2n=25e3/sqrt(3);
V1n=380/sqrt(3);
```

```
K = V1n/V2n;
```

```
ioa=1/100
poa=0.5/100;
vcca=4.5/100;
cosficca=0.6;
```

```
% Dati Carico
```

```
P1=30e3/3;
V1=20000/sqrt(3);
cosfil=0.8;
```

```
% calcolo parametri trasformatore
```

```
I1na=Ana/V1n = 75.96714 A
I2na=Ana/V2n = 1.15470 A
```

```
Ioa=ioa*I1na = 0.7597 A
Poa=poa*Ana = 58 W
Roa=V1n^2/Poa = 577.6 Ω
cosfioa=Poa/(V1n*Ioa) = 0.5
Xoa=V1n^2/(Poa*tan(acos(cosfioa))) = 333.47 Ω
```

```
Vcca=vcca*V2n = 649.51 V
Pcca=Vcca*I2na*cosficca = 450 W
Rcca=Pcca/(I2na^2) = 337.5 Ω
Xcca=(Pcca*tan(acos(cosficca)))/(I2na^2) = 450 Ω
```

```
% Corrente e reattanza del carico
```

```
I1 = P1/(V1*cosfil) = 1.0825 A
Q1 = P1*tan(acos(cosfil)) = 7500 VAR
```

```
% Potenze secondarie
```

```
Pa = P1 + Rcca*I1^2 = 10396 W
Qa = Q1 + Xcca*I1^2 = 8027 VAR
Va = sqrt(Pa^2+Qa^2)/I1 = 12133 V
V1 = Va*K = 184.418V
Po = V1^2/Roa = 58.88
Qo = V1^2/Xoa = 101.98
P1 = Pa+Po = 10454
Q1 = Qa+Qo = 8129
A1 = sqrt(P1^2+Q1^2) = 13243
I1 = A1/V1 = 71.81 A
```