

**ESERCIZIO 1 (12 Punti)**

Sia data un motore asincrono trifase con i seguenti dati:

Potenza nominale  $P_n = 120$  kW

Tensione nominale  $V_n = 600$  V

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

Numero di coppie polari  $p = 2$  (4 poli)

Frequenza nominale  $f_n = 50$  Hz

Tensione di corto circuito percentuale  $v_{cc}\% = 15\%$

Potenza di corto circuito percentuale  $p_{cc}\% = 6\%$

Resistenza statorica  $R_s = 35$  m $\Omega$

Corrente a vuoto  $i_o = 35$  A

Potenza a vuoto percentuale  $p_o\% = 4\%$

Il motore asincrono, alimentato a tensione nominale, muove un generatore in corrente continua a eccitazione separata i cui dati sono i seguenti:

$P_n = 150$  kW

$V_n = 400$  V

$R_a\% = 2\%$

Velocità nominale  $N_n = 1800$  giri/min

$V_{eccn} = 300$  V

$I_{eccn} = 2$  A

Il generatore alimenta ai morsetti di armatura un carico che assorbe, alimentato alla tensione di 300 V, una potenza pari a 90 kW Determinare:

- i parametri della macchina asincrona
- I parametri del generatore in corrente continua
- La tensione di eccitazione del generatore in corrente continua
- Il rendimento totale del sistema

Si trascurino gli attriti e si utilizzi la caratteristica meccanica linearizzata per il motore asincrono.

**ESERCIZIO 2 (10 Punti)**

Siano dati due trasformatori monofase posti in parallelo. I dati dei due trasformatori sono riportati nel seguito:

**Trasformatore A**

Potenza nominale  $A_n = 100$  kVA

Tensioni nominali  $V_{1n} = 15$  kV,  $V_{2n} = 400$  V

**Dati della prova a vuoto**

Corrente percentuale  $I_o = 2.5\%$

Potenza percentuale  $P_o = 0.8\%$

**Dati della prova in corto circuito**

tensione percentuale  $V_{cc} = 4\%$

Potenza percentuale  $P_{cc} = 3\%$

**Trasformatore B**

Potenza nominale  $A_n = 80$  kVA

Tensioni nominali  $V_{1n} = 15$  kV,  $V_{2n} = 400$  V

**Dati della prova a vuoto**

Corrente percentuale  $I_o = 3\%$

Potenza percentuale  $P_o = 0.9\%$

**Dati della prova in corto circuito**

tensione percentuale  $V_{cc} = 5\%$

Potenza percentuale  $P_{cc} = 3.5\%$

I trasformatori sono collegati in parallelo e alimentano un carico che assorbe una potenza attiva pari a 120 kW ad una tensione pari a 300V con fattore di potenza 0.8. Calcolare i parametri dei due trasformatori, il modulo delle correnti erogate dai due trasformatori e il loro rapporto con la rispettiva corrente nominale di ciascun trasformatore e il rendimento del sistema.

**ESERCIZIO 3 (8 Punti)**

Sia dato un generatore sincrono caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale  $A_n = 150$  kW

tensione nominale  $V_n = 380$  V

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

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

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

Reattanza sincrona percentuale  $x_{s\%}=120\%$

Resistenza di statore  $R_s=0 \Omega$  (Trascurabile)

Il generatore sincrono è usato come compensatore (eroga solo potenza reattiva) ed è utilizzato per rifasare un carico che assorbe una potenza  $P_L=100 kW$  con  $\cos\phi_L=0.75$  alimentato dalla rete a tensione  $V = 380 V$ . Si determini il valore della tensione di eccitazione del generatore in modo che il carico sia rifasato a  $\cos\phi_{rif}=0.9$ .

## SOLUZIONI

### ESERCIZIO 1

```
%% Dati della macchina asincrona
```

```
Pn = 120e3 W
```

```
Vn = 600 V
```

```
fn = 50 Hz
```

```
p = 2
```

```
cosfin = 0.8;
```

```
Rs = 35e-3  $\Omega$ 
```

```
vcc = 15/100
```

```
pcc = 6/100
```

```
Io = 35 A
```

```
po = 4/100
```

```
% Calcolo parametri dell'asincrono
```

```
Vcc = vcc*Vn = 90 V
```

```
Pcc = pcc*Pn = 7200 W
```

```
Po = po*Pn = 4800 W
```

```
Pfe = Po - 3*Rs*Io^2 = 4.6714e+03 W
```

```
Ro = Vn^2/Pfe = 77.0651  $\Omega$ 
```

```
cosfio = Pfe/(sqrt(3)*Vn*Io) = 0.1284
```

```
Xm = Vn^2/(Pfe*tan(acos(cosfio))) = 9.9801  $\Omega$ 
```

```
Pass = Pn + Pcc + Pfe = 1.3187e+05 W
```

```
In = Pass/(sqrt(3)*Vn*cosfin) = 158.6166 A
```

```
Rr = (Pcc - 3*Rs*In^2)/(3*In^2) = 0.0604  $\Omega$ 
```

```
cosficc = Pcc/(sqrt(3)*Vcc*In) = 0.2912
```

```
Xd = Pcc*tan(acos(cosficc))/(3*In^2) = 0.3134  $\Omega$ 
```

```
%% Dati generatore in cc
```

```
Png = 150e3 W
```

```
Vng = 400 V
```

```
rag = 2/100
```

```
nng = 1800 rpm
```

```
Veccng = 300 V
```

```
Ieccng = 2 A
```

```
PL = 90e3 W
```

```
VL = 300 V
```

```
Recc = Veccng/Ieccng = 150  $\Omega$ 
```

```
% Calcolo parametri del generatore
```

```

Ing = Png/Vng = 375 A
Rag = rag*Vng/Ing = 0.0213 Ω
Wn = nng*2*pi/60 = 188.4956 rad/s

```

```
% Calcolo potenza richiesta alla macchina asincrona
```

```

IL = PL/VL = 300 A
Pmecc = PL+Rag*IL^2 = 91920 W

```

```
% Calcolo lo scorrimento
```

```

om = 2*pi*fn = 314.16 rad/s
kas = p*Vn^2/(Rr*om) = 3.7949e+04
A = kas*om/p = 5.9610e+06
B = -A
C = Pmecc
x1 = (-B-sqrt(B^2-4*A*C))/(2*A) = 0.0157
x2 = (-B+sqrt(B^2-4*A*C))/(2*A) = 0.9843
TL = kas*x1 = 594.4940 Nm

```

```
% verifico l'approssimazione
```

```

A1 = Pmecc*Rs^2+Pmecc*Xd^2+Rr*Vn^2
B1 = 2*Pmecc*Rs*Rr-Rr*Vn^2
C1 = Pmecc*Rr^2

```

```

s1 = (-B1+sqrt(B1^2-4*A1*C1))/(2*A1) = 0.6754
s2 = (-B1-sqrt(B1^2-4*A1*C1))/(2*A1) = 0.0161

```

```
omegam = (om/p)*(1-x1) = 154.6189 rad/s
```

```
% Calcolo Vecc
```

```

En = Vng+Rag*Ing = 408 V
kg = En/(Veccng*wn) = 0.0072
Vecc = (VL+Rag*IL)/(kg*omegam) = 274.6556 V

```

```
% Calcolo il rendimento
```

```

% Corrente di rotore
Ir = Vn/sqrt(3)/sqrt((Rs+Rr/x1)^2+Xd^2) = 88.7617 A
% Potenza assorbita dall'asincrono
Pa = 3*(Rs+Rr/x1)*Ir^2+Vn^2/Ro = 9.6617e+04 W

```

```
% Rendimento
```

```
eta = PL/(Pa+Vecc^2/Recc) = 0.9267
```

## ESERCIZIO 2

```
% Dati del carico
```

```

Pload = 120e+03 W
Cosfiload = 0.8
senfiload = sin(acos(0.8));
Vload = 300 V

```

```
% Dati Trasformatore a
```

```
Vln = 15e+3 V
```

```
Ana = 100e+03 VA
ko = 15e3/400
vcca = 4/100
pcca = 3/100
poa = 0.8/100
ioa = 2.5/100
```

```
% Dati Trasformatore b
```

```
Anb = 80e+03 VA
vccb = 5/100
pccb = 3.5/100
pob = 0.9/100
iob = 3/100
```

```
% Calcolo parametri
```

```
V2na = V1n/ko = 400 V
V2nb = V1n/ko
```

```
I2na = Ana/V2na = 250 A
I2nb = Anb/V2nb = 200 A
```

```
I1na = Ana/V1n = 6.6667 A
I1nb = Anb/V1n = 5.3333 A
```

```
Vc2a = vcca*V2na = 16 V
Vc2b = vccb*V2nb = 20 V
```

```
Pcca = pcca*Ana = 3000 W
Pccb = pccb*Anb = 2800 W
```

```
Ra=Pcca/(I2na^2) = 0.048 Ω
Rb=Pccb/(I2nb^2) = 0.07 Ω
```

```
cosfica=Pcca/(Vc2a*I2na) = 0.75
cosficc=Pccb/(Vc2b*I2nb) = 0.7
```

```
Xa=Ra*tan(acos(cosfica)) = 0.0423 Ω
Xb=Rb*tan(acos(cosficc)) = 0.0714 Ω
```

```
Pona = Ana*poa = 800 W
Ponb = Anb*pob = 720 W
```

```
Iona = ioa*I1na = 0.1667 A
Ionb = iob*I1nb = 0.1600 A
```

```
Roa = V1n^2/Pona = 281250 Ω
Rob = V1n^2/Ponb = 312500 Ω
```

```
cosfioa = Pona/(Iona*V1n) = 0.32
cosfiob = Ponb/(Ionb*V1n) = 0.30
```

```
Qona = Pona*tan(acos(cosfioa)) = 2.3685e+03
Qonb = Ponb*tan(acos(cosfiob)) = 2.2894e+03
```

```
Xoa = V1n^2/Qona = 9.4995e+04 Ω
Xob = V1n^2/Qonb = 9.8277e+04 Ω
```

```
% Calcolo delle correnti erogate
```

$$Z_a = R_a + j \cdot X_a = 0.048 + 0.0423i \quad \Omega$$

$$Z_b = R_b + j \cdot X_b = 0.070 + 0.0714i \quad \Omega$$

$$Z_{par} = Z_a \cdot Z_b / (Z_a + Z_b) = 0.02854 + 0.02665i \quad \Omega$$

$$R_{par} = \text{real}(Z_{par})$$

$$X_{par} = \text{imag}(Z_{par})$$

$$I_{load} = P_{load} / (V_{load} \cdot \cos\phi_{load}) = 500 \text{ A}$$

$$I_{2a} = I_{load} \cdot (Z_b / (Z_a + Z_b)) = 3.049e+02 + 8.6487i \text{ A}$$

$$I_{2b} = I_{load} \cdot (Z_a / (Z_a + Z_b)) = 1.951e+02 - 8.64878i \text{ A}$$

$$i_a = \text{abs}(I_{2a}) / I_{2na} = 1.2203$$

$$i_b = \text{abs}(I_{2b}) / I_{2nb} = 0.9762$$

```
% Calcolo delle condizioni primarie
```

$$DV = R_{par} \cdot I_{load} \cdot \cos\phi_{load} + X_{par} \cdot I_{load} \cdot \sin\phi_{load} = 19.4116$$

$$V_2 = V_{load} + DV = 319.4116 \text{ V}$$

$$V_1 = V_2 \cdot k_o = 1.1979e+04 \text{ V}$$

```
% Calcolo del rendimento
```

$$\eta = P_{load} / (P_{load} + R_a \cdot \text{abs}(I_{2a})^2 + R_b \cdot \text{abs}(I_{2b})^2 + V_1^2 / R_{oa} + V_1^2 / R_{ob}) = 0.9367$$

### ESERCIZIO 3

```
%% DATI
```

$$A_n = 150e3 \text{ VA}$$

$$V_n = 380 \text{ V}$$

$$\cos\phi_{in} = 0.8$$

$$\sin\phi_{in} = \sin(\arccos(\cos\phi_{in}))$$

$$V_{eccn} = 150 \text{ V}$$

$$I_{eccn} = 3 \text{ A}$$

$$x_{sp} = 120/100$$

$$P_L = 100e3 \text{ W}$$

$$\cos\phi_{iL} = 0.75$$

$$V_L = 380 \text{ V}$$

$$\cos\phi_{irif} = 0.9$$

```
% Calcolo i parametri nominali
```

$$I_n = A_n / (\sqrt{3} \cdot V_n) = 2227.9014 \text{ A}$$

$$X_s = x_{sp} \cdot V_n / (\sqrt{3} \cdot I_n) = 1.1552 \quad \Omega$$

$$E_{nRe} = V_n / \sqrt{3} + X_s \cdot I_n \cdot \sin\phi_{in} = 377.3561 \text{ V}$$

$$E_{nIm} = X_s \cdot I_n \cdot \cos\phi_{in} = 210.6174 \text{ V}$$

$$E_n = \sqrt{E_{nRe}^2 + E_{nIm}^2} = 432.1543 \text{ V}$$

```
% Calcolo la potenza reattiva del sincrono
```

$$Q_s = P_L \cdot (\tan(\arccos(\cos\phi_{iL})) - \tan(\arccos(\cos\phi_{irif}))) = 39759 \text{ VAR}$$

$$I_s = Q_s / (\sqrt{3} \cdot V_L) = 60.4083 \text{ A}$$

$$E = V_L / \sqrt{3} + X_s \cdot I_s = 289.1768 \text{ V}$$

```
% Calcolo l'eccitazione
```

$$V_e = E / E_n \cdot V_{eccn} = 100.3728 \text{ V}$$