

## ESAME DI MACCHINE ELETTRICHE E AZIONAMENTI

### Esercizio 1

Sia dato il motore asincrono i cui dati principali sono i seguenti:

$P_n = 30 \text{ kW}$   
 $V_n = 380 \text{ V}$   
 $p = 3$  coppie polari  
 $f = 50 \text{ Hz}$   
 $\cos\phi_n = 0.8$   
 $R_s = 0.15 \ \Omega$   
 Prova a rotore bloccato  
 $P_{cc}\% = 10\%$   
 $V_{cc}\% = 20\%$   
 Prova a vuoto  
 $P_o\% = 5\%$   
 $I_o = 30 \text{ A}$

Il motore asincrono, alimentato a tensione nominale, muove un generatore in corrente continua a eccitazione separata caratterizzato dai seguenti dati:

$P_n = 25 \text{ kW}$   
 $V_n = 200 \text{ V}$   
 $R_a\% = 10\%$   
 $N_n = 1000$  giri/min  
 $V_{eccn} = 150 \text{ V}$   
 $I_{eccn} = 1 \text{ A}$

Il generatore in corrente continua alimenta un carico resistivo che assorbe una potenza pari a 18 kW ad una tensione pari a 180 V.

Si trascurino gli attriti sia per quello che riguarda il motore asincrono che per il generatore in corrente continua

**Calcolare i parametri di entrambe le macchine, la velocità di rotazione del gruppo, la tensione di eccitazione della macchina in corrente continua e il rendimento del gruppo. Si utilizzi la caratteristica meccanica semplificata (linearizzata) per la macchina asincrona**

### Esercizio 2

Sia dato un generatore sincrono caratterizzato dai seguenti dati:

potenza nominale  $A_n = 80 \text{ kVA}$   
 tensione nominale  $V_n = 400 \text{ V}$   
 fattore di potenza nominale  $\cos\phi_n = 0.89$   
 Tensione di eccitazione nominale  $V_{eccn} = 200 \text{ V}$   
 Corrente di eccitazione nominale  $I_{eccn} = 4 \text{ A}$   
 Reattanza sincrona percentuale  $x_s\% = 140\%$   
 Rendimento nominale  $\eta = 0.90$

Il generatore sincrono alimenta un carico di potenza nominale  $P_l = 50 \text{ kW}$  e fattore di potenza  $\cos\phi_l = 0.78$  alla tensione nominale di 400 V. **Calcolare la tensione di eccitazione, il rendimento, l'angolo di carico  $\delta$  nelle condizioni di carico indicate.** Si trascurino le perdite nel ferro nei calcoli.

### Esercizio 3

Siano dati due trasformatori monofase con i seguenti dati di targa:

#### Trasformatore 1:

$A_n$  = potenza apparente nominale = 80 kVA

$V_{1n}/V_{20}$  = 10000 V / 300 V

$V_{cc} \%$  = tensione di corto circuito percentuale = 5%

$\cos\phi_c$  = fattore di potenza di corto circuito = 0.5

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

Potenza a vuoto percentuale = 0.9%

#### Trasformatore 2:

$A_n$  = potenza apparente nominale = 70 kVA

$V_{1n}/V_{20}$  = 10000 / 300 V

$V_{cc} \%$  = tensione di corto circuito percentuale = 7%

$\cos\phi_c$  = fattore di potenza di corto circuito = 0.5

$I_o \%$  = Corrente a vuoto percentuale = 2%

Potenza a vuoto percentuale = 0.7%

I due trasformatori funzionano in parallelo, alimentano un carico che assorbe, al secondario, 80 kW ad una tensione di 250 V e  $\cos\phi = 0.8$ .

**Determinare i parametri dei due trasformatori, la corrente erogata da ciascun trasformatore, il carico percentuale di ciascun trasformatore (rapporto tra la corrente erogata e la propria corrente nominale), il rendimento totale.**

```

clear all

clc

%Dati motore asincrono

Pn=30e3;
Vn=380;
cosfin=0.8;
p=3;
f=50;
Rs=0.15
pcc=10/100
vcc=20/100
Io=30;
po=5/100

%calcolo parametri
Po=po*Pn
Pcc=pcc*Pn
Vcc=vcc*Vn
Pfe=Po-3*Rs*Io^2
In=(Pn+Pcc+Pfe)/(sqrt(3)*Vn*cosfin)
Ro=Vn^2/Pfe
cosfio=Pfe/(sqrt(3)*Vn*Io)
Qfe=Pfe*tan(acos(cosfio))
Xo=Vn^2/Qfe
Rr=(Pcc-3*Rs*In^2)/(3*In^2)
cosfic=Pcc/(sqrt(3)*Vcc*In)
Qcc=Pcc*tan(acos(cosfic))
Xcc=Qcc/(3*In^2)

%dati generatore cc
Pndc=25e3;
Vndc=200;
ra=10/100;
Nn=1000;
Veccn=150;
Ieccn= 1;
omegandc=Nn*2*pi/60
% calcolo dei parametri
Indc=Pndc/Vndc
Ra=ra*Vndc/Indc
omndc=Nn*2*pi/(60)
%dati del carico
VL=180;
PL=18e3;

%calcolo della corrente IL e della potenza meccanica necessaria al
%generatore dc per alimentare il carico resistivo
IL=PL/VL
EL=VL+Ra*IL

```

```
Pmecc=EL*IL
```

```
%calcolo della coppia della macchina asincrona imponendo che la
potenza
```

```
%meccanica erogata dalla macchina asincrona sia pari a quella
necessaria al
```

```
%generatore DC.  $T(x) \cdot (\omega/n_{poli}) \cdot (1-x) = P_{mecc}$ , con  $T(x) = k \cdot x$ 
```

```
 $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$ 
```

```
 $k = V_n^2 \cdot p / (R_r \cdot \omega)$ 
```

```
 $A = k \cdot \omega / p$ 
```

```
 $B = -A$ 
```

```
 $C = P_{mecc}$ 
```

```
 $s_1 = (-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}) / (2 \cdot A)$ 
```

```
 $s_2 = (-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}) / (2 \cdot A)$ 
```

```
 $\omega_{gam} = (\omega / p) \cdot (1 - s_2)$ 
```

```
%calcolo della Vecc del generatore dc
```

```
 $kn = (V_{ndc} + R_a \cdot I_{ndc}) / (V_{eccn} \cdot \omega_{gandc})$ 
```

```
 $V_{ecc} = (V_L + R_a \cdot I_L) / (kn \cdot \omega_{gam})$ 
```

```
%calcolo corrente rotorica della macchina asincrona, della potenza
```

```
%assorbita e del rendimento del sistema
```

```
 $I_{r\_m1} = (V_n / (\sqrt{3})) / (\sqrt{(R_s + R_r / s_2)^2 + (X_{cc})^2})$ 
```

```
 $P_{tot} = P_{mecc} + 3 \cdot (R_s + R_r) \cdot I_{r\_m1}^2$ 
```

```
 $P_{tot\_bis} = 3 \cdot (R_s + R_r / s_2) \cdot I_{r\_m1}^2 + P_{fe}$ 
```

```
 $Q_{tot} = 3 \cdot X_{cc} \cdot I_{r\_m1}^2$ 
```

```
 $Q_{tot\_bis} = 3 \cdot X_{cc} \cdot I_{r\_m1}^2 + Q_{fe}$ 
```

```
 $P_{m1} = P_{tot} + P_{fe}$ 
```

```
 $Q_{m1} = Q_{tot} + Q_{fe}$ 
```

```
 $I_{m1} = (\sqrt{P_{m1}^2 + Q_{m1}^2}) / (\sqrt{3} \cdot V_n)$ 
```

```
 $Recc = V_{eccn} / I_{eccn}$ 
```

```
 $rend_{m1} = PL / (P_{m1} + V_{ecc}^2 / Recc)$ 
```

```
 $R_s =$ 
```

```
0.1500
```

```
 $p_{cc} =$ 
```

```
0.1000
```

```
 $v_{cc} =$ 
```

```
0.2000
```

```
 $p_o =$ 
```

$0.0500$   
 $P_o =$   
 $1500$   
 $P_{cc} =$   
 $3000$   
 $V_{cc} =$   
 $76$   
 $P_{fe} =$   
 $1095$   
 $I_n =$   
 $64.7525$   
 $R_o =$   
 $131.8721$   
 $\cos\phi_{io} =$   
 $0.0555$   
 $Q_{fe} =$   
 $1.9715e+04$   
 $X_o =$   
 $7.3244$   
 $R_r =$   
 $0.0885$   
 $\cos\phi_{ic} =$

0.3520

$Q_{cc} =$

$7.9784e+03$

$X_{cc} =$

0.6343

$\omega_{gandc} =$

104.7198

$Indc =$

125

$Ra =$

0.1600

$\omega_{mndc} =$

104.7198

$IL =$

100

$EL =$

196

$P_{mecc} =$

19600

$\omega_{\text{omega}} =$

314.1593

$k =$

$1.5581e+04$

$A =$

$1.6317e+06$

$B =$

$-1.6317e+06$

$C =$

$19600$

$s1 =$

$0.9878$

$s2 =$

$0.0122$

$\omega_{gam} =$

$103.4463$

$kn =$

$0.0140$

$Vecc =$

$135.2814$

$Ir_{m1} =$

$29.4298$

$P_{tot} =$

$2.0220e+04$

$P_{tot\_bis} =$   
 $2.0395e+04$

$Q_{tot} =$   
 $1.6481e+03$

$Q_{tot\_bis} =$   
 $2.1363e+04$

$P_{m1} =$   
 $2.1315e+04$

$Q_{m1} =$   
 $2.1363e+04$

$I_{m1} =$   
 $45.8504$

$Recc =$   
 $150$

$rend_{m1} =$   
 $0.8397$

*Published with MATLAB® R2017a*

```

clc
clear all
%esercizio 2
%dati generatore sincrono
An=80e3
Vn=400
cosfin=0.89
Veccn=200
Ieccn=4
xs=140/100
rendn=0.9
Pl=50e3
cosfil=0.78
Vl=400

%calcolo parametri
In=An/(sqrt(3)*Vn)
Xs=xs*Vn/(sqrt(3)*In)
Pccns=(An*cosfin-rendn*(An*cosfin+Veccn*Ieccn))/rendn
Rs=Pccns/(3*In^2)

%calcolo della fem nella condizione di carico
Il=Pl/(sqrt(3)*Vl*cosfil)
Vfase=Vn/sqrt(3)
Er=Vfase+Rs*Il*cosfil+Xs*Il*sin(acos(cosfil))
Ei=-Rs*Il*sin(acos(cosfil))+Xs*Il*cosfil
E=sqrt(Ei^2+Er^2)
%calcolo della fem nelle condizioni nominali
Ern=Vfase+Rs*In*cosfin+Xs*In*sin(acos(cosfin))
Ein=-Rs*In*sin(acos(cosfin))+Xs*In*cosfin
En=sqrt(Ern^2+Ein^2)
%calcolo della Vecc e del rendimento
Vecc=E/En*Veccn
delta=atan(Ei/Er)
Recc=Veccn/Ieccn
rend=Pl/(Pl+3*Rs*Il^2+Vecc^2/Recc)

```

An =

80000

Vn =

400

cosfin =

0.8900

**Veccn =**

200

**Ieccn =**

4

**xs =**

1.4000

**rendn =**

0.9000

**Pl =**

50000

**cosfil =**

0.7800

**Vl =**

400

**In =**

115.4701

**Xs =**

2.8000

**Pccns =**

7.1111e+03

**Rs =**

0.1778

$I_l =$

92.5241

$V_{fase} =$

230.9401

$E_r =$

405.8892

$E_i =$

191.7793

$E =$

448.9158

$E_{rn} =$

396.6294

$E_{in} =$

278.3914

$E_n =$

484.5789

$V_{ecc} =$

185.2808

$\delta =$

0.4414

$Re_{cc} =$



```

clc
clear all
%esercizio 3
%dati dei due trasformatori
V1n=10e3
V2n=300
Ana=80e3
k=V1n/V2n
ioa=1/100
poa=0.9/100
vcca=5/100
cosfica=0.5
Anb=70e3
iob=2/100
pob=0.7/100
vccb=7/100
cosfich=0.5

%calcolo dei parametri
PoA=poa*Ana
PoB=pob*Anb
Vcca=vcca*V2n
Vccb=vccb*V2n
I2na=Ana/V2n
I2nb=Anb/V2n
I1na=Ana/V1n
I1nb=Anb/V1n
Ioa=ioa*I1na
Iob=iob*I1nb
cosfioa=(PoA)/(V1n*Ioa)
cosfiob=(PoB)/(V1n*Iob)
RoA= V1n^2/(PoA)
Rob= V1n^2/(PoB)
Xoa= V1n^2/(PoA*tan(acos(cosfioa)))
Xob= V1n^2/(PoB*tan(acos(cosfiob)))
Pcca=Vcca*I2na*cosfica
Rcca=Pcca/(I2na^2)
Xcca=Pcca*tan(acos(cosfica))/(I2na^2)
Pccb=Vccb*I2nb*cosfich
Rccb=Pccb/(I2nb^2)
Xccb=Pccb*tan(acos(cosfich))/(I2nb^2)
%calcolo della Zpar
Za=Rcca+j*Xcca
Zb=Rccb+j*Xccb
Zpar=Za*Zb/(Za+Zb)

%dati carico
Vl=250;
Pl=80e3;
cosfil=0.8

%calcolo del carico percentuale

```

```

I1=Pl/(V1*cosfil)
Ia=I1*Zb/(Za+Zb)
Ib=I1*Za/(Za+Zb)

Iaa=abs(I1*Zb/(Za+Zb))
Ibb=abs(I1*Za/(Za+Zb))
ia=Iaa/I2na
ib=Ibb/I2nb
%calcolo tensione primaria utilizzando la formula della cdt
  approssimata
Rpar=real(Zpar)
Xpar=imag(Zpar)
deltaV=Rpar*I1*cosfil+Xpar*I1*sin(acos(cosfil))
V2o=deltaV+V1
V1=k*V2o
%calcolo del rendimento
Presa=Pl
Pass=Pl+real(Zpar)*I1^2+V1^2/Roa+V1^2/Rob
rend=Presa/Pass

```

V1n =

10000

V2n =

300

Ana =

80000

k =

33.3333

ioa =

0.0100

poa =

0.0090

vcca =

0.0500

*cosfica* =

0.5000

*Anb* =

70000

*iob* =

0.0200

*pob* =

0.0070

*vccb* =

0.0700

*cosficb* =

0.5000

*PoA* =

720.0000

*PoB* =

490.0000

*Vcca* =

15

*Vccb* =

21.0000

*I2na* =

266.6667

$I2nb =$

233.3333

$I1na =$

8

$I1nb =$

7

$Ioa =$

0.0800

$Iob =$

0.1400

$cosfioa =$

0.9000

$cosfiob =$

0.3500

$Roa =$

$1.3889e+05$

$Rob =$

$2.0408e+05$

$Xoa =$

$2.8677e+05$

$Xob =$

---

$$7.6252e+04$$

$$Pcca =$$

$$2.0000e+03$$

$$Rcca =$$

$$0.0281$$

$$Xcca =$$

$$0.0487$$

$$Pccb =$$

$$2.4500e+03$$

$$Rccb =$$

$$0.0450$$

$$Xccb =$$

$$0.0779$$

$$za =$$

$$0.0281 + 0.0487i$$

$$zb =$$

$$0.0450 + 0.0779i$$

$$zpar =$$

$$0.0173 + 0.0300i$$

$$cosfil =$$

$$0.8000$$

$$I_l =$$

400

$$I_a =$$

246.1538

$$I_b =$$

153.8462

$$I_{aa} =$$

246.1538

$$I_{bb} =$$

153.8462

$$i_a =$$

0.9231

$$i_b =$$

0.6593

$$R_{par} =$$

0.0173

$$X_{par} =$$

0.0300

$$\Delta V =$$

12.7331

$$V_{2o} =$$

262.7331

**V1 =**

**8.7578e+03**

**Presi =**

**80000**

**Pass =**

**8.3697e+04**

**rend =**

**0.9558**

*Published with MATLAB® R2017a*