



Zeno Martini (admin)

QUATTRO ESERCIZI SULL'ASINCRONO

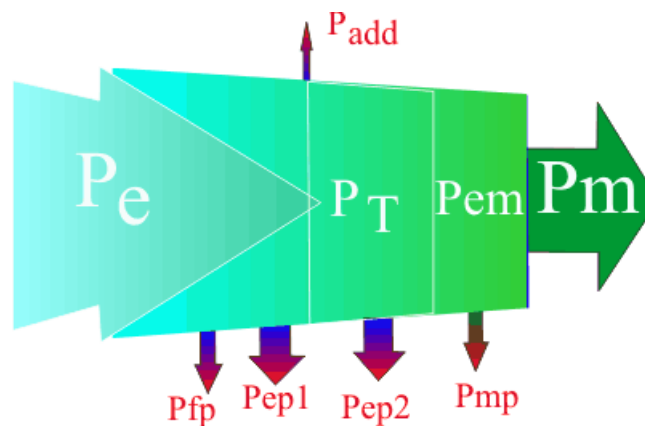
4 February 2009

Abstract

Proponiamo la soluzione di quattro esercizi sul motore asincrono, pervenuti in tempi diversi in redazione. Non siamo una struttura per lezioni private, quindi non è una risposta in tempo reale, però cogliamo l'occasione per farne articoli che aumentino i contenuti di ElectroYou.

Gli esercizi sono relativi ai flussi di potenza attiva dalla linea all'albero motore, al calcolo delle coppie, alla determinazione ed all'uso del circuito equivalente.

Es. 1: flussi di potenza dalla linea all'albero motore



Flussi di potenza in un motore asincrono

Di un motore asincrono trifase sono note:

- Tensione nominale: $U_n = 400 \text{ V}$
- frequenza: $f = 50 \text{ Hz}$
- corrente nominale: $I_n = 227 \text{ A}$
- fattore di potenza nominale: $\cos\varphi_n = 0,89$
- perdite meccaniche: $P_{mp} = 0,9 \text{ kW}$
- perdite nel ferro: $P_{fp} = 0,9 \text{ kW}$
- perdite nel rame di statore: $P_{ep1} = 3,8 \text{ kW}$
- perdite nel rame di rotore: $P_{ep2} = 2,4 \text{ kW}$

Trascurando le perdite addizionale, determinare:

1. la potenza trasferita elettromagneticamente da statore a rotore
2. la potenza convertita da elettrica in meccanica
3. la potenza meccanica resa
4. il rendimento
 - La potenza elettrica assorbita dalla rete è

$$P_e = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I \cdot \cos\phi = \sqrt{3} \times 400 \times 227 \times 0,89 = 140 \text{ kW}$$

- La potenza trasmessa elettromagneticamente al rotore è

$$P_t = P_e - P_{ep1} - P_{fp} = 140 - 3,8 - 0,9 = 135,3 \text{ kW}$$

- La potenza convertita da elettrica in meccanica è

$$P_{em} = P_t - P_{ep2} = 135,3 - 2,4 = 132,9 \text{ kW}$$

- La potenza meccanica è

$$P_m = P_{em} - P_{mp} = 132,7 - 0,9 = 132 \text{ kW}$$

- il rendimento vale

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} = \frac{131,6}{140} = 0,94$$

Es.2: Coppia e potenza

Un motore asincrono trifase alimentato a $U_n=380 \text{ V}$, $f=50 \text{ Hz}$, fornisce 5 kW di potenza meccanica utile a una velocità di 1440 g/m . Il rendimento è $\eta = 0,72$ ed il f.d.p $\cos\phi = 0,8$. Determinare:

1. perdite complessive
2. potenza assorbita

3. corrente assorbita
4. coppia resa

Potenza assorbita

$$P_{ass} = \frac{P_{mecc}}{\eta} = \frac{5}{0,72} = 6,944 \text{ kW}$$

Perdite complessive

$$P_p = P_{ass} - P_{mecc} = 6.944 - 5.000 = 1.944 \text{ W}$$

Corrente assorbita

$$I_{ass} = \frac{P_{ass}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \phi} = \frac{6944}{\sqrt{3} \times 380 \cdot 0,8} = 13,2 \text{ A}$$

Coppia resa

$$C = 60 \cdot \frac{P_{mecc}}{2\pi n} = 60 \times \frac{5.000}{2\pi \cdot 1440} = 33,2 \text{ N m}$$

Script Scilab

```
Pmecc= 5;
Un=380;
f=50;
eta=0.72;
fp=0.8
n=1440;
```

```
Pass=Pmecc/eta
Ppersa=Pass-Pmecc
Iass=1000*Pass/(Un*fp*sqrt(3))
C=1000*60*Pmecc/(2*%pi*n)
```

Es.3: Coppia, potenza, rendimento

Un motore asincrono trifase quadripolare, $f = 50$ Hz, $P_n = 7,5$ kW, funziona alla potenza nominale con uno scorrimento $s = 4,5\%$ e 250 W di perdite meccaniche.

Assorbe una corrente $I=16$ A ed ha un rendimento dell'83%. La tensione nominale è 400 V.

Calcolare:

1. coppia nominale
2. coppia trasmessa
3. fattore di potenza

La coppia nominale è il rapporto tra la potenza nominale e la velocità angolare nominale. Quest'ultima è data da

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - s)$$

con

$$\omega_0 = 2\pi \frac{f}{p} = 2\pi \times \frac{50}{2} = 157 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

quindi

$$\omega_n = 157 \cdot (1 - 0,045) = 150 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$C_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{7500}{150} = 50 \text{ N m}$$

La coppia nominale resa differisce da quella trasmessa per la coppia di attrito legata alle perdite meccaniche. Si ha perciò

$$C_T = C_n + C_a = C_n + \frac{\text{perdite}}{\omega_n} = 50 + \frac{250}{150} = 51,7 \text{ N m}$$

Il fattore di potenza è dato dalla potenza assorbita diviso la potenza apparente del motore, cioè il prodotto della tensione per la corrente e per la radice quadrata di tre, essendo trifase.

$$\cos \phi = \frac{P_{ass}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I}$$

$$P_{ass} = \frac{P_n}{\eta} = \frac{7500}{0,83} = 9.036 \text{ W}$$

$$\cos \phi = \frac{9036}{\sqrt{3} \times 400 \times 16} = 0,83$$

Es.4: determinazione e uso del circuito equivalente

Di un motore asincrono quadripolare si conoscono:

- $U_n=400$ V
- $f= 50$ Hz
- $P_n=22$ kW
- $n_n=1470$ rpm
- $I_n=41$ A

Prova a vuoto

- $I_0 = 14$ A
- $P_0 = 600$ W

Prova a rotore bloccato

- $U_{cc} = 102$ V
- $P_{cc} = 1500$ W

Determinare

- Coppia nominale
- il circuito equivalente semplificato
- la coppia massima
- la coppia di avviamento
- rendimento e fattore di potenza nominali
- potenza e coppia erogata alla velocità di 1485 rpm

NB: si trascurino le perdite addizionali

Osservazioni sulle domande

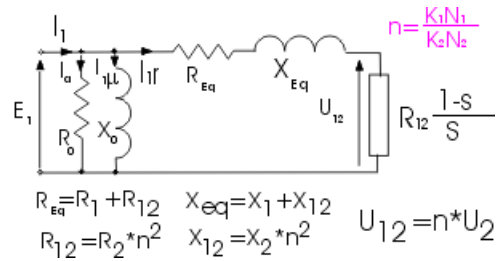
Per la determinazione del circuito equivalente semplificato non ci sono particolari problemi, bastando le misure delle prove a vuoto ed in cortocircuito. Occorre però osservare che non tutti i motori asincroni possono essere rappresentati con questo semplice schema. Ne sono un esempio i motori a doppia gabbia od a gabbia semplice con sbarre profonde.

Per calcolare le coppie richieste però occorre almeno un'ipotesi supplementare che permetta di stabilire il valore della resistenza di un avvolgimento di statore R_1 , che dovrebbe essere fornito con i dati.

Coppia nominale

$$C_n = \frac{P_n}{2\pi n_n} 60 = \frac{22.000}{0,105 \times 1470} = 142 \text{ N m}$$

Circuito equivalente semplificato



Parametri trasversali

$$R_0 = \frac{U_n^2}{P_0} = \frac{400^2}{600} = 267 \Omega$$

$$Q_0 = \sqrt{(\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_0)^2 - P_0^2} = \sqrt{(\sqrt{3} \times 400 \times 14)^2 - 600^2} = 9681 \text{ var}$$

$$X_0 = \frac{U_n^2}{Q_0} = \frac{400^2}{9681} = 16,5 \Omega$$

Parametri longitudinali

$$R_{eq} = \frac{P_{cc}}{3 \cdot I_n^2} = \frac{1500}{3 \times 41^2} = 0,297 \Omega$$

$$Q_{cc} = \sqrt{(\sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot I_n)^2 - P_{cc}^2} = \sqrt{(\sqrt{3} \times 102 \times 41)^2 - 1500^2} = 7086 \text{ var}$$

$$X_{eq} = \frac{Q_{cc}}{3 \cdot I_n^2} = \frac{7086}{3 \times 41^2} = 1,4 \Omega$$

Coppia massima

La formula della coppia massima è

$$C_M = \frac{U_n^2}{2 \cdot \Omega_0 \cdot Z \cdot \left(1 + \frac{R_1}{Z}\right)}$$

$$\Omega_0 = 2\pi \cdot \frac{n_0}{60} = 0,105 \times 1500 = 157,5 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$Z = \sqrt{R_1^2 + X_{eq}^2}$$

R_1 è la resistenza di statore che ipotizzeremo i due terzi della R_{eq}

$$R_1 = 2 \cdot \frac{R_{eq}}{3} = 2 \cdot \frac{0,297}{3} = 0,198 \Omega$$

$$Z = \sqrt{0,198^2 + 1,4^2} = 1,42 \Omega$$

$$C_M = \frac{400^2}{2 \cdot 157,5 \times 1,42 \times \left(1 + \frac{0,198}{1,42}\right)} = 315 \text{ N m}$$

Coppia di avviamento

$$C_a \cong \frac{U_n^2}{\Omega_0 \cdot Z} \cdot R_{12} = \frac{400^2}{157,5 \times 1,42} \times \left(\frac{0,297}{3}\right) = 71 \text{ N m}$$

Rendimento e fattore di potenza nominali

$$P_{ass} = P_n + P_0 + P_{cc} = 22.000 + 600 + 1500 = 24.100 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{P_n}{P_{ass}} = \frac{22}{24,1} = 0,91$$

$$\cos \phi = \frac{P_{ass}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_n} = \frac{24.100}{\sqrt{3} \times 400 \times 41} = 0,85$$

Potenza e coppia a $n=1485$ rpm

$$s = \frac{n_0 - n}{n_0} = \frac{15}{1500} = 0,01$$

$$R_{12} = R_{eq} - R_1 = 0,297 - 0,198 = 0,099 \Omega$$

$$R_{12} \cdot \frac{1-s}{s} = 0,099 \cdot 99 = 9,81 \Omega$$

$$Z_s = \sqrt{\left(R_{eq} + R_{12} \cdot \frac{1-s}{s}\right)^2 + (X_{eq})^2} = \sqrt{(9,9)^2 + 1,4^2} = 10,2 \Omega$$

$$I_{12,s} = \frac{U_n}{\sqrt{3} Z_s} = \frac{230}{10,2} = 22,6 \text{ A}$$

$$P_m = 3 \cdot R_{12} \cdot \frac{1-s}{s} \cdot I_{12}^2(s) = 3 \times 9,81 \cdot 22,6^2 = 15.065 \text{ W}$$

$$C = \frac{P_m}{2\pi n} 60 = \frac{15065}{0,105 \times 1485} = 97 \text{ N m}$$

Script Scilab per i calcoli

```
//dati del circuito
```

```
txt=['Tensione nominale (V) : Un=';'frequenza (Hz): f=';'Potenza nominale (kW) Pn=';'ve  
dati=evstr(x_mdialog('Dati esercizio',txt,['400';'50';'22';'1470';'41';'1485';'14';'600
```

```
Un=dati(1); // V  
f= dati(2); //Hz  
Pn=dati(3);// kW  
nn=dati(4); // rpm  
In=dati(5); // A
```

```
n=dati(6);
```

```
//Prova a vuoto
```

```
I0=dati(7); //A  
P0=dati(8); //W
```

```
//Prova a rotore bloccato
```

```
Ucc=dati(9); // V  
Pcc=dati(10);//W
```

```
R0=Un^2/P0;  
S0=sqrt(3)*Un*I0;  
Q0=sqrt(S0^2-P0^2);  
X0=Un^2/Q0;  
Req=Pcc/(3*In^2);  
Scc=sqrt(3)*Ucc*In;  
Qcc=sqrt(Scc^2-Pcc^2);  
Xeq=Qcc/(3*In^2);  
R1=2*Req/3;  
R12=Req-R1;  
Z=sqrt(R1^2+Xeq^2);  
p=int(60*f/nn);
```



```

n0=60*f/p;
w0=2*pi*n0/60;
Cm=Un^2/(2*w0*Z*(1+R1/Z));

wn=2*pi*nn/60;
Cn=1000*Pn/wn;

Ca=R12*Un^2/(w0*Z);

Pass=Pcc+P0+1000*Pn;
eta=1000*Pn/Pass;
fpn=Pass/(sqrt(3)*Un*In);
w=2*pi*n/60;
s=(n0-n)/n0;
R12s=R12*(1-s)/s;
Zs=sqrt((Req+R12s)^2+Xeq^2);
I12s=(Un/sqrt(3))/Zs;
P=3*R12s*I12s^2;
C=P/w;

print(%io(2),C,P,fpn,eta,Ca,Cm,Z,R12,R1,Xeq,Req,X0,R0,Cn);

```

Links

- [Motore asincrono - Assante](#)
- [Circuito equivalente semplificato](#)
- [Formule per il motore](#)

Estratto da <http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:esasin>

"<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Admin:esasin>"