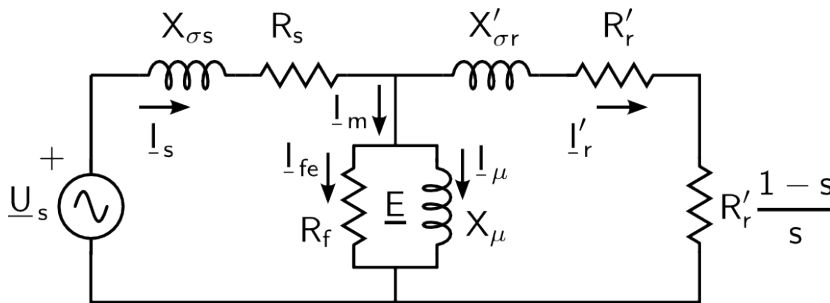


Problema 1 IyME-GIE Diciembre 2014

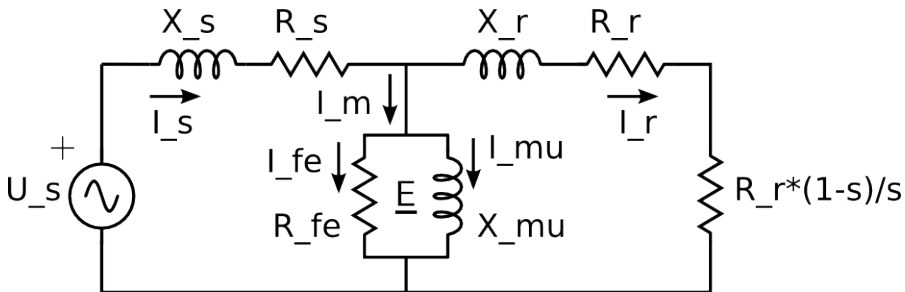
18 de diciembre de 2014

1. Solución

1.1. Circuito equivalente



1.2. Circuito equivalente (variables python)



1.2.1. Deslizamiento porcentual

Con la frecuencia:

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

Y los pares de polo se puede calcular la velocidad síncrona:

$$\Omega_1 = \frac{2\pi f}{N_{pp}} [=] \frac{r}{s}$$

La velocidad de giro del eje se puede obtener a partir de la velocidad dada en revoluciones por minuto:

$$\Omega = \frac{n \cdot 2\pi}{60} [=] \frac{r}{s}$$

Deslizamiento:

$$s = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1}$$

Deslizamiento porcentual:

$$s_{\%} = s \cdot 100$$

```
In [12]: import numpy as np
         N_pp = 2
         f = 50.0
         n = 1470.0

         Omega_1 = 2.0*np.pi*50.0/N_pp
         Omega = 2.0*np.pi*n/60.0
         s = (Omega_1 - Omega)/(Omega_1)
         s_porcentual = s*100.0

In [13]: print('Deslizamiento porcentual: {:.2f} %'.format(s_porcentual))
Deslizamiento porcentual: 2.00%
```

1.2.2. Par útil a 1470 rpm

Con los parametros y el deslizamiento calculado se obtienen las impedancias del estator y el rotor:

$$\underline{Z}_s = R_s + jX_s$$

$$\underline{Z}_r = \frac{R_r}{s} + jX_r$$

La impedancia equivalente de la rama de magnetización:

$$\underline{Z}_m = \frac{R_f \cdot jX_\mu}{R_f + jX_\mu}$$

Con la impedancia rotorica y la de la rama de magnetización se puede obtener una impedancia equivalente magnetización-rotor:

$$\underline{Z}_{mr} = \frac{\underline{Z}_m \underline{Z}_r}{\underline{Z}_m + \underline{Z}_r}$$

La impedancia equivalente de todo el circuito se obtiene sumando la impedancia estatorica y la impedancia equivalente rotor-estator:

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_s + \underline{Z}_{mr}$$

```
In [14]: R_s, X_s = 0.17, 0.35 # Ω
         R_f, X_mu = 347.0, 17.3 # Ω
         R_r, X_r = 0.12, 1.06 # Ω

         Z_s = R_s + 1j*X_s
         Z_m = (R_f * 1j*X_mu) / (R_f + 1j*X_mu)
         Z_r = R_r/s + 1j*X_r

         Z_mr = Z_m*Z_r/(Z_m + Z_r)
         Z_eq = Z_s + Z_mr
```

$$\underline{U}_s = \frac{400}{\sqrt{3}} \angle 0^\circ \text{V}$$

$$I_s = \frac{\underline{U}_s}{\underline{Z}_{eq}}$$

1.2.3. Corriente estatorica a 1470 rpm

```
In [15]: U_s = 400.0/np.sqrt(3.0)
         I_s = U_s/Z_eq

In [16]: print('La corriente = {:.2f} A'.format(np.abs(I_s)))

La corriente = 40.51 A
```

$$\underline{E} = \underline{U}_s - \underline{Z}_s \underline{I}_s$$

$$\underline{I}_r = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}_r}$$

```
In [17]: E = U_s - Z_s*I_s
         I_r = E/Z_r
```

```
In [18]: ### Par útil a 1470 rpm
```

$$P_{mi} = 3R_r \frac{(1-s)}{s} |\underline{I}_r|^2$$
$$P_u = P_{mi}$$

$$T_u = \frac{P_u}{\Omega}$$

```
In [19]: P_mi = 3.0*R_r*(1.0-s)/s*(np.abs(I_r)**2)
         P_u = P_mi # en el caso en el que las pérdidas fueron incluidas en R_f

         T_u = P_u/Omega
```

```
In [20]: print('El par T_u = {:.2f} N.m'.format(T_u))
```

El par $T_u = 146.78 \text{ N.m}$

1.2.4. Corriente de arranque (s=1)

En el arranque el deslizamiento es:

$$s = 1$$

Con lo que se obtiene la siguiente impedancia rotórica:

$$\underline{Z}_r = R_r + jX_r$$

La impedancia equivalente de la rama de magnetización:

$$\underline{Z}_m = \frac{R_f \cdot jX_\mu}{R_f + jX_\mu}$$

Con la impedancia rotorica y la de la rama de magnetización se puede obtener una impedancia equivalente magnetización-rotor:

$$\underline{Z}_{mr} = \frac{\underline{Z}_m \underline{Z}_r}{\underline{Z}_m + \underline{Z}_r}$$

La impedancia equivalente de todo el circuito se obtiene sumando la impedancia estatorica y la impedancia equivalente rotor-estator:

$$\underline{Z}_{eq} = \underline{Z}_s + \underline{Z}_{mr}$$

```

In [21]: Z_s = R_s + 1j*X_s
        Z_m = (R_f * 1j*X_mu) / (R_f + 1j*X_mu)
        Z_r = R_r + 1j*X_r

        Z_mr = Z_m*Z_r/(Z_m + Z_r)
        Z_eq = Z_s + Z_mr

        U_s = 400.0/np.sqrt(3.0)
        I_s = U_s/Z_eq

In [22]: print('La corriente en el arranque = {:.2f} A'.format(np.abs(I_s)))

La corriente en el arranque = 167.65 A

```