

# Motor de Indução Trifásico.

Circuito elétrico do motor, Parâmetros do circuito elétrico do motor, Circuito elétrico equivalente do motor de indução

1) Dados do motor:

Alimentação: 220V , 60 Hz , velocidade de giro em plena carga ( Velocidade nominal ) = 1725 rpm

Pede-se:

a) A velocidade síncrona do motor

$$s (\%) = \frac{120f}{p} = \quad = \quad =$$

b) O escorregamento nominal ( snom) =

$$Ns = \frac{Ns - N}{Ns} = \quad = \quad =$$

c) A frequência induzida no rotor

$$fr = s f = \quad = \quad =$$

Circuito do estator:

$R_s$  = resistência do estator por fase

$X_s$  = reatância do estator por fase

$E_s$  = Voltagem induzida no enrolamento do estator

$V_f$  = Alimentação de energia do estator por fase

Circuito do rotor:

$R_r$  = resistência do rotor por fase

$X_r$  = reatância do rotor por fase

$E_r$  = Voltagem induzida no enrolamento do rotor

Núcleo magnético do estator:

$X_m$  = reatância de magnetização do estator

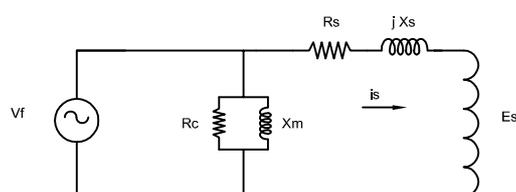
$R_c$  = resistência do núcleo magnético ( core ) do estator

A Voltagem induzida no rotor depende da velocidade desenvolvida no rotor:

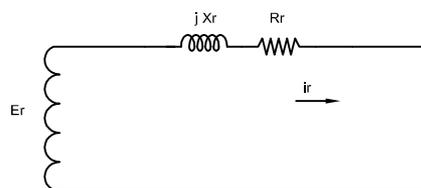
$$E_r = s E_{r0}$$

$E_{r0}$  é a máxima tensão induzida no rotor, quando este está parado , ou seja  $s = 1$

Circuito do Estator



Circuito do rotor

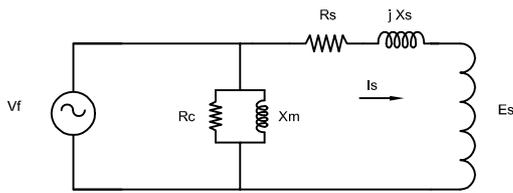


$\alpha$  - Relação entre as espiras do enrolamento do estator e do rotor

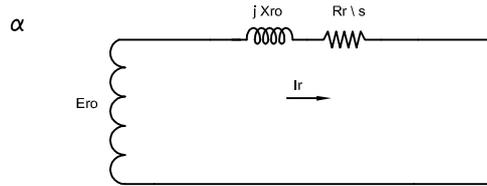
# Motor de Indução Trifásico.

Circuito elétrico do motor. Parâmetros do circuito elétrico do motor. Circuito elétrico equivalente do motor de indução

Circuito do Estator



Circuito do rotor



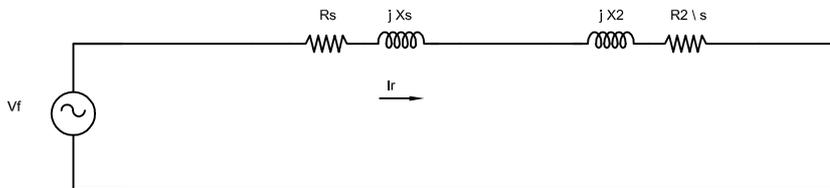
$$E_2 = \alpha * E_{r0}$$

$$I_2 = \frac{I_r}{\alpha}$$

$$\frac{R_2}{s} = \alpha^2 * R_r \quad \text{Resistência do rotor, refletida para o estator}$$

$$X_2 = \alpha^2 * X_r \quad \text{Reatância do rotor, refletida para o estator}$$

$$Z_s = ( R_s + \frac{R_2}{s} ) + j ( X_s + X_2 ) \quad \text{Impedância do motor}$$



$$I_s = \frac{V_s}{( R_s + \frac{R_2}{s} ) + j ( X_s + X_2 )}$$

Dados do motor:

460V , 60Hz, 4 pólos , s = 0.022 P = 14 HP  $R_s = 0.641 \Omega$   $R_2 = 0.332 \Omega$   $X_s = 1.106 \Omega$   $X_2 = 0.464 \Omega$

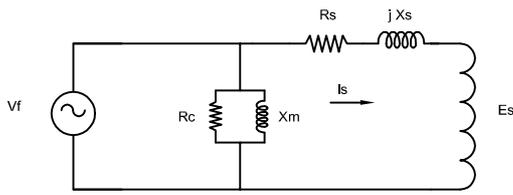
Encontrar:

- |  |   |
|--|---|
| 1 - Velocidade síncrona do motor em rpm.         | 6 - A impedancia total do motor, vista pelo estator |
| 2 - Velocidade síncrona do motor em rad/s        | 7 - A corrente do estator                           |
| 3 - Velocidade de rotação do rotor em rpm        | 8 - o fator de potencia do motor                    |
| 4 - Velocidade de rotação do rotor em rps        | 9 - A potencia desenvolvida no eixo do motor em W.  |
| 5 - A impedancia do rotor , refletida no estator | 10 - O torque desenvolvido pelo motor em [ N * m ]  |

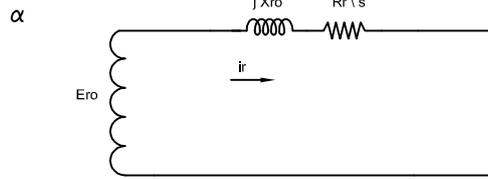
# Motor de Indução Trifásico.

Circuito elétrico do motor. Parâmetros do circuito elétrico do motor. Circuito elétrico equivalente do motor de indução

Circuito do Estator



Circuito do rotor



$\alpha$  Relação entre o número de voltas do estator e o rotor =  $N_s \setminus N_r$

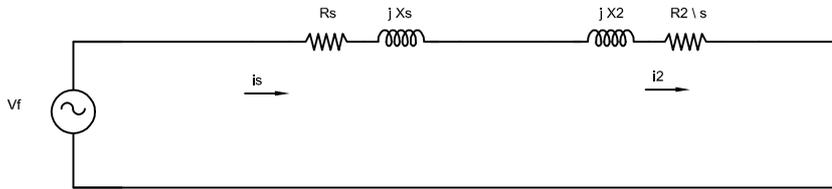
$E_2 = \alpha * E_{r0}$  Valor da Tensão do rotor, refletida no circuito do estator

$I_2 = \frac{I_r}{\alpha}$  Corrente do estator, refletida do rotor

$\frac{R_2}{s} = \alpha^2 * R_r$  Resistência do rotor, refletida para o estator

$X_2 = \alpha^2 * X_r$  Reatância do rotor, refletida para o estator

$Z_s = (R_s + \frac{R_2}{s}) + j(X_s + X_2)$  Impedância do motor



$$I_s = \frac{V_s}{(R_s + \frac{R_2}{s}) + j(X_s + X_2)}$$

Dados do motor:

760V, 60Hz, 8 pólos,  $s = 0.05$  P = 14 HP  $R_s = 0.13 \Omega$   $R_r = 0.32 \Omega$   $X_s = 0.6 \Omega$   $X_r = 1.48 \Omega$

Relação entre os número de voltas dos enrolamentos do estator e rotor : 1.6 : 1 =  $N_s \setminus N_r$

Encontrar:

- |  |   |
|--|---|
| 1 - Velocidade síncrona do motor em rpm.               | 7 - A impedancia do rotor, refletida no estator                   |
| 2 - Velocidade síncrona do motor em rad/s              | 8 - A impedancia total do motor                                   |
| 3 - Velocidade de rotação do rotor em rpm              | 9 - A corrente drenada pelo motor na rede ( corrente do estator ) |
| 4 - Velocidade de rotação do rotor em rps              | 10 - A corrente do rotor  |
| 5 - A Resitencia do rotor, refletida no estator ( R2 ) | 11 - O torque desenvolvido pelo motor                             |
| 6 - A reatancia do rotor, refletida no estator ( X2 )  |   |

# Motor de Indução Trifásico.

Circuito elétrico do motor. Parâmetros do circuito elétrico do motor. Circuito elétrico equivalente do motor de indução

Circuito do estator:

$R_s$  = resistência do estator por fase

$X_s$  = reatância do estator por fase

$E_s$  = Voltagem induzida no enrolamento do estator

$V_f$  = Alimentação de energia do estator por fase

Circuito do rotor:

$R_r$  = resistência do rotor por fase

$X_r$  = reatância do rotor por fase

$E_r$  = Voltagem induzida no enrolamento do rotor

A Voltagem induzida no rotor depende da velocidade desenvolvida no rotor:

$$E_r = s \cdot E_{r0}$$

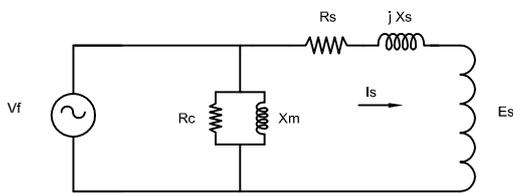
$E_{r0}$  é a máxima tensão induzida no rotor, quando este está parado, ou seja  $s = 1$

Núcleo magnético do estator:

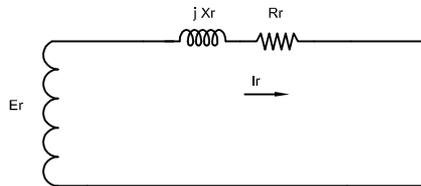
$X_m$  = reatância de magnetização do estator

$R_c$  = resistência do núcleo magnético ( core ) do estator

Circuito do Estator



Circuito do rotor



$$X_r = \omega_r \cdot L_r = 2 \cdot \pi \cdot f_r \cdot L_r$$

A reatância do motor depende da velocidade desenvolvida no rotor

$$f_r = s \cdot f_s$$

A frequência do rotor, depende da velocidade relativa entre o rotor e o estator, ou seja depende do escorregamento

$$X_r = 2 \cdot \pi \cdot s \cdot f_s \cdot L_r$$

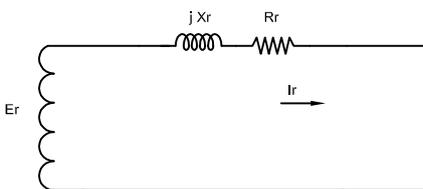
$$X_r = s \cdot X_{r0}$$

A reatância do rotor depende da velocidade do rotor em relação ao estator ( velocidade relativa)

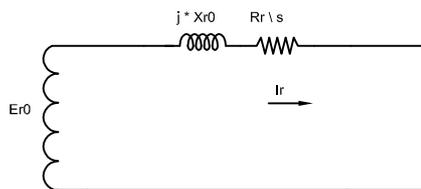
$$X_{r0} = 2 \cdot \pi \cdot f_s \cdot L_r$$

A reatância do rotor, quando está parado ou bloqueado

Circuito do rotor



Circuito Equivalente do rotor



Como:

$X_r = s \cdot X_{r0}$  a reatância do motor depende da velocidade relativa desenvolvida pelo rotor

$E_r = s \cdot E_{r0}$  a tensão induzida no rotor depende da velocidade relativa desenvolvida pelo rotor

A corrente do rotor por ser calculada como:

$$I_r = \frac{E_r}{R_r + j X_r} \quad \text{Equação ( 1 )}$$

A Equação ( 3 ) é obtida dividindo o numerador e o denominador da equação ( 2 ) por s:

Ou, calculando a corrente do rotor em função da velocidade relativa do rotor :

$$I_r = \frac{s \cdot E_{r0}}{R_r + j s \cdot X_{r0}} \quad \text{Equação ( 2 )}$$

Origem do modelo de circuito equivalente do rotor

$$I_r = \frac{E_{r0}}{\frac{R_r}{s} + j \cdot X_{r0}} \quad \text{Equação ( 3 )}$$