

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Escola de Engenharia**  
**Engenharia de Controle e Automação**

Eduardo Henrique Basilio de Carvalho, Renan Neves da Silva

**Trabalho 2 - Motor de Indução**

Belo Horizonte  
2025

Eduardo Henrique Basilio de Carvalho, Renan Neves da Silva

## **Trabalho 2 - Motor de Indução**

**Versão 1.0**

Orientador: Prof. Rodrigo Rodrigues Bastos

Belo Horizonte  
2025

# Resumo

O trabalho apresenta a determinação e a análise do desempenho de motores de indução trifásicos por meio do circuito equivalente de regime permanente. São obtidos parâmetros elétricos a partir de modelos pré-definidos no Simulink e, com eles, calculam-se grandezas fundamentais no ponto nominal, como escorregamento, velocidade, corrente, torque, potências e eficiência. Em seguida, são geradas curvas características em função do escorregamento e da potência mecânica, permitindo avaliar comportamento em partida, torque máximo e operação a vazio. O estudo inclui ainda a análise da operação em frequência variável, destacando como a variação proporcional tensão-frequência altera as curvas torque-velocidade.

**Palavras-chave:** conversores, motor de indução

# Abstract

This work presents the determination and analysis of the performance of three-phase induction motors using the steady-state equivalent circuit. Electrical parameters are obtained from predefined models in Simulink, and fundamental quantities at the nominal point, such as slip, speed, current, torque, power, and efficiency, are calculated using them. Subsequently, characteristic curves are generated as a function of slip and mechanical power, allowing for the evaluation of behavior during starting, maximum torque, and no-load operation. The study also includes an analysis of variable frequency operation, highlighting how the proportional voltage-frequency variation alters the torque-speed curves.

**Keywords:** converters, induction motor

# Sumário

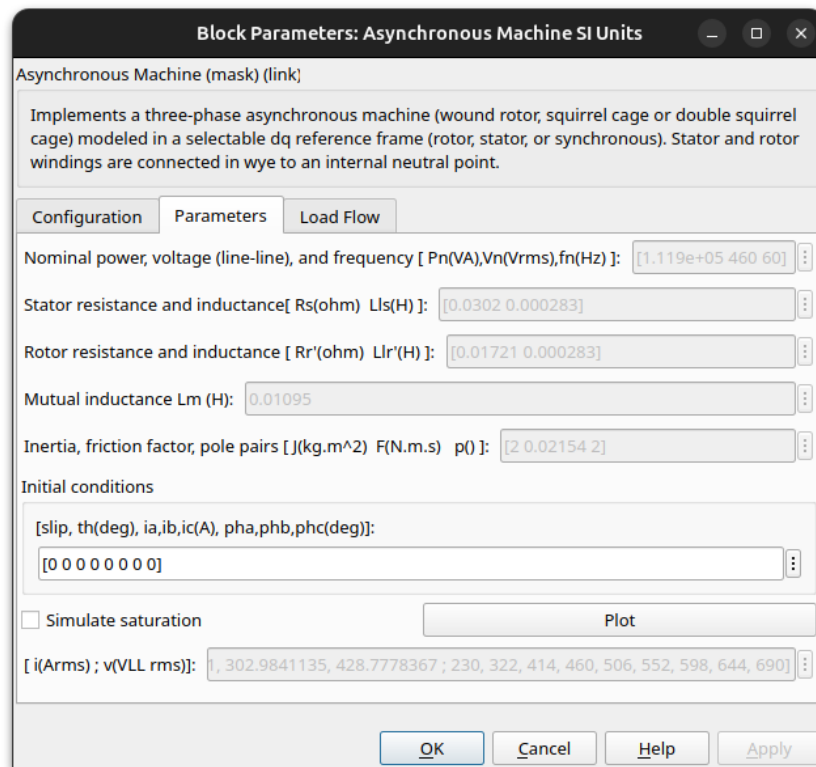
<b>1</b>	<b>Parâmetros do Circuito Equivalente</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Operação em Condições Nominais</b>	<b>7</b>
2.1	Escorregamento . . . . .	7
2.2	Velocidade Mecânica . . . . .	9
2.3	Corrente do Estator . . . . .	9
2.4	Torque . . . . .	10
2.5	Potência Ativa de Entrada . . . . .	11
2.6	Potência Reativa de Entrada . . . . .	11
2.7	Potência Aparente de Entrada . . . . .	11
2.8	Fator de Potência . . . . .	12
2.9	Eficiência . . . . .	12
2.10	Características Nominais . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Curvas</b>	<b>14</b>
3.1	$\tau \times \omega_{mec}$ . . . . .	14
3.2	$ I_s  \times \omega_{mec}$ . . . . .	14
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>16</b>
	<b>Apêndice A Código MATLAB 2024b para a Questão 3</b>	<b>17</b>

# Capítulo 1

## Parâmetros do Circuito Equivalente

Figura 1.1 mostra os parâmetros do modelo predefinido de número 6 do bloco *Asynchronous Machine SI Units* do Simulink, para tipo de rotor *Squirrel Cage*.

Figura 1.1: Parâmetros do modelo predefinido 6 do bloco *Asynchronous Machine SI Units*.



Fonte: captura de tela do programa Simulink na versão R2024b.

Tais parâmetros são transcritos em Tabela 1.1.

Destes, os parâmetros do circuito equivalente são calculados em Equações (1.2) – (1.7).

Tabela 1.1: Parâmetros do modelo predefinido 6 do bloco *Asynchronous Machine SI Units*.

Parâmetro	Símbolo	Valor
Potência nominal	$P_n$	111.9 kVA
Tensão nominal de linha	$V_n$	460 V <sub>rms</sub>
Frequência nominal	$f_n$	60 Hz
Resistência do estator	$R_s$	0.0302 $\Omega$
Indutância do estator	$L_s$	0.000283 H
Resistência do rotor	$R'_r$	0.01721 $\Omega$
Indutância do rotor	$L'_r$	0.000283 H
Indutância mútua	$L_m$	0.01095 H
Inércia	$J$	2 kg.m <sup>2</sup>
Fator de fricção	$F$	0.02154 Nms
Número de pares de polos	$p$	2

$$w_e = 2\pi f_n = 2\pi \cdot 60 = 376.99 \text{ rad/s} \quad (1.1)$$

$$V_{ph} = \frac{V_n}{\sqrt{3}} = \frac{460}{\sqrt{3}} = 265.58 \text{ V} \quad (1.2)$$

$$R_s = 0.0302\Omega \quad (1.3)$$

$$X_s = w_e L_s = 376.99 \cdot 0.000283 = 0.1067\Omega \quad (1.4)$$

$$X_m = w_e L_m = 376.99 \cdot 0.01095 = 4.126\Omega \quad (1.5)$$

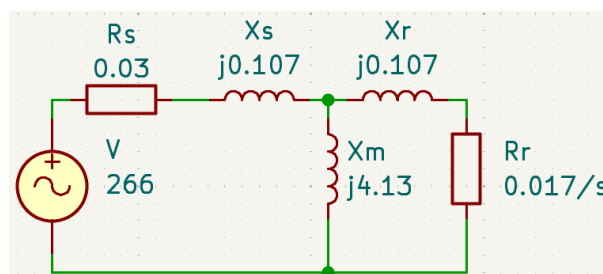
$$X'_r = w_e L'_r = 376.99 \cdot 0.000283 = 0.1067\Omega \quad (1.6)$$

$$R_r = \frac{R'_r}{s} = \frac{0.01721}{s}\Omega \quad (1.7)$$

Este trabalho considera  $P_n = P_{\text{out}}$ .

Figura 1.2 mostra o circuito equivalente do motor de indução.

Figura 1.2: Circuito equivalente do motor de indução.



Fonte: captura de tela do programa KiCad na versão 9.0.x.

## Capítulo 2

# Operação em Condições Nominais

### 2.1 Escorregamento

Do circuito,

$$Z'_r(s) = \frac{R'_r}{s} + jX'_r \quad (2.1)$$

$$Z_s = R_s + jX_s \quad (2.2)$$

$$Z_m = jX_m \quad (2.3)$$

$$Z_{par}(s) = \frac{Z_m Z'_r(s)}{Z_m + Z'_r(s)} \quad (2.4)$$

$$Z_{eq}(s) = Z_s + Z_{par}(s) \quad (2.5)$$

$$I_s(s) = \frac{V_{ph}}{Z_{eq}(s)} \quad (2.6)$$

$$I'_r(s) = I_s(s) \frac{Z_m}{Z_m + Z'_r(s)} \quad (2.7)$$

$$|I'_r(s)| = \frac{V_{ph} X_m}{\sqrt{\text{Re}^2 + \text{Im}^2}} \quad (2.8)$$

$$P_n = 3 |I'_r(s)|^2 R'_r \frac{1-s}{s} \quad (2.9)$$

para

$$\text{Re} = \frac{R_s R'_r}{s} - X_s(X_m + X'_r) - X_m X'_r \quad (2.10)$$

$$\text{Im} = R_s(X_m + X'_r) + \frac{R'_r}{s}(X_s + X_m) \quad (2.11)$$

$$(2.12)$$

No motor estudado,

$$\text{Re} = \frac{0.0302 \cdot 0.01721}{s} - 0.1067(4.126 + 0.1067) - 4.126 \cdot 0.1067 \quad (2.13)$$

$$= \frac{0.000519742}{s} - 0.891873 \quad (2.14)$$

$$\text{Im} = 0.0302(4.126 + 0.1067) + \frac{0.01721}{s}(0.1067 + 4.126) \quad (2.15)$$

$$= 0.127828 + \frac{0.0728448}{s} \quad (2.16)$$

$$\text{Re}^2 + \text{Im}^2 = \left( \frac{0.000519742}{s} - 0.891873 \right)^2 + \left( 0.127828 + \frac{0.0728448}{s} \right)^2 \quad (2.17)$$

$$= \frac{0.812s^2 + 0.0177s + 0.00531}{s^2} \quad (2.18)$$

$$(2.19)$$

Assim,

$$111900 = 3 \left( \frac{265.58 \cdot 4.126}{\sqrt{\frac{0.812s^2 + 0.0177s + 0.00531}{s^2}}} \right)^2 0.01721 \frac{1-s}{s} \quad (2.20)$$

$$111900 = 0.05163 \frac{1200740}{\frac{0.812s^2 + 0.0177s + 0.00531}{s^2}} \frac{1-s}{s} \quad (2.21)$$

$$111900 = 61994 \frac{s(1-s)}{0.812s^2 + 0.0177s + 0.00531} \quad (2.22)$$

$$1.805 = \frac{s - s^2}{0.812s^2 + 0.0177s + 0.00531} \quad (2.23)$$

$$s - s^2 = 1.466s^2 + 0.0319s + 0.00959 \quad (2.24)$$

$$0 = 2.466s^2 - 0.9681s + 0.00959 \quad (2.25)$$

$$(2.26)$$

Cujas soluções são

$$s_0 = 0.0102 \quad (2.27)$$

$$s_1 = 0.3824 \quad (2.28)$$

Conforme [1],

$$s_{\max} = \frac{R'_r}{\sqrt{R_s^2 \left( \frac{X_m}{X_s + X_m} \right)^4 + (X_s + X'_r)^2}} \quad (2.29)$$

Para os valores considerados,

$$s_{\max} = \frac{0.01721}{\sqrt{0.0302^2 \left( \frac{4.126}{0.1067+4.126} \right)^4 + (0.1067 + 0.1067)^2}} \quad (2.30)$$

$$\approx 0.08 \quad (2.31)$$

Por operar em condições nominais,  $s < s_{\max}$ . Portanto,

$$s = s_0 = 0.0102 = 1.02\% \quad (2.32)$$

## 2.2 Velocidade Mecânica

$$n_{\text{sync}} = \frac{60 \cdot f_n}{p} \quad (2.33)$$

$$n_{\text{sync}} = \frac{60 \cdot 60}{2} \quad (2.34)$$

$$= 1800 \text{ rpm} \quad (2.35)$$

$$n = n_{\text{sync}}(1 - s) \quad (2.36)$$

$$= 1800(1 - 0.0102) \quad (2.37)$$

$$= 1781.64 \text{ rpm} \quad (2.38)$$

## 2.3 Corrente do Estator

Sob escorregamento nominal,

$$Z'_r = \frac{0.01721}{0.0102} + j0.1067 \quad (2.39)$$

$$= 1.687 + j0.1067 \, \Omega \quad (2.40)$$

$$Z_{par} = \frac{j4.126(1.687 + j0.1067)}{j4.126 + 1.687 + j0.1067} \quad (2.41)$$

$$= 1.384 + j0.655 \, \Omega \quad (2.42)$$

$$Z_{eq} = (0.0302 + j0.1067) + (1.384 + j0.655) \quad (2.43)$$

$$= 1.414 + j0.762 \, \Omega \quad (2.44)$$

$$= 1.606 \angle 28.3^\circ \, \Omega \quad (2.45)$$

$$(2.46)$$

Então,

$$I_s = \frac{265.58}{1.606 \angle 28.3^\circ} \quad (2.47)$$

$$= 165.4 \angle -28.3^\circ \, \text{A} \quad (2.48)$$

## 2.4 Torque

Na velocidade mecânica nominal,

$$w_m = \frac{2\pi n}{60} \quad (2.49)$$

$$= \frac{2\pi \cdot 1781.64}{60} \quad (2.50)$$

$$= 186.7 \, \text{rad/s} \quad (2.51)$$

$$T_n = \frac{P_n}{w_m} \quad (2.52)$$

$$= \frac{111900}{186.7} \quad (2.53)$$

$$= 599.5 \, \text{Nm} \quad (2.54)$$

## 2.5 Potência Ativa de Entrada

Pelas grandezas de linha,

$$P_{\text{in}} = \sqrt{3}V_n I_s \cos \phi \quad (2.55)$$

$$= \sqrt{3} \cdot 460 \cdot 165.4 \cdot \cos 28.3^\circ \quad (2.56)$$

$$= 116030 \text{ W} \quad (2.57)$$

## 2.6 Potência Reativa de Entrada

Pelas grandezas de linha,

$$Q_{\text{in}} = \sqrt{3}V_n I_s \sin \phi \quad (2.58)$$

$$= \sqrt{3} \cdot 460 \cdot 165.4 \cdot \sin 28.3^\circ \quad (2.59)$$

$$= 62476 \text{ var} \quad (2.60)$$

## 2.7 Potência Aparente de Entrada

Por definição,

$$S_{\text{in}} = P_{\text{in}} + jQ_{\text{in}} \quad (2.61)$$

$$= 116030 + j62476 \text{ VA} \quad (2.62)$$

$$|S_{\text{in}}| = \sqrt{P_{\text{in}}^2 + Q_{\text{in}}^2} \quad (2.63)$$

$$= \sqrt{116030^2 + 62476^2} \quad (2.64)$$

$$= 131.8 \text{ kVA} \quad (2.65)$$

## 2.8 Fator de Potência

Por definição,

$$\text{fp} = \cos \phi \text{ característica} \quad (2.66)$$

$$= \cos 28.3^\circ \text{ atrasado} \quad (2.67)$$

$$= 0.880 \text{ atrasado} \quad (2.68)$$

## 2.9 Eficiência

Pelas potências,

$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \quad (2.69)$$

$$= \frac{111900}{116030} \quad (2.70)$$

$$= 0.9645 \quad (2.71)$$

$$= 96.45\% \quad (2.72)$$

## 2.10 Características Nominais

Tabela 2.1 apresenta as características nominais calculadas.

Tabela 2.1: Características nominais calculadas.

<b>Grandeza</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>
Escorregamento	$s$	1.02%
Velocidade mecânica	$n$	1781.64 rpm
Corrente de linha do estator	$I_s$	165.4 A
Torque nominal	$T_n$	599.5 Nm
Potência ativa de entrada	$P_{\text{in}}$	116030 W
Potência reativa de entrada	$Q_{\text{in}}$	62476 var
Potência aparente de entrada	$ S_{\text{in}} $	131.8 kVA
Fator de potência	fp	0.880 atrasado
Eficiência	$\eta$	96.45%

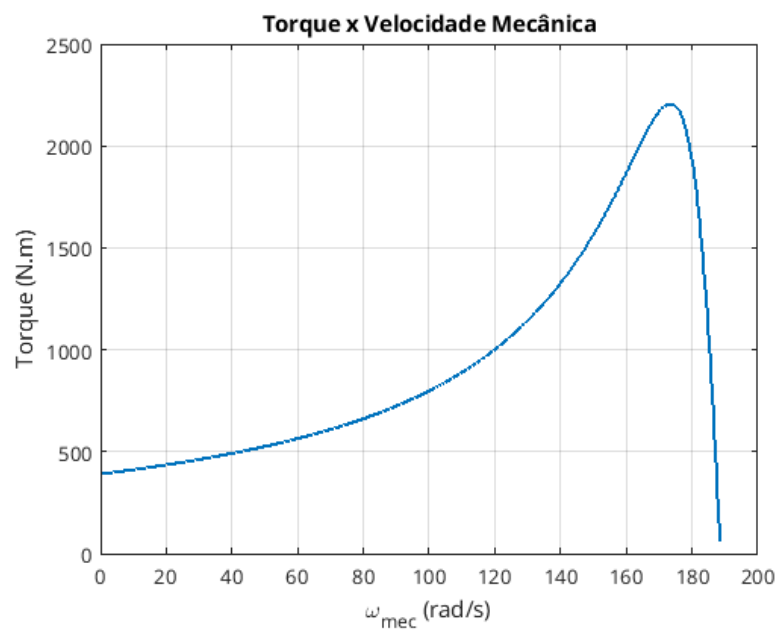
# Capítulo 3

## Curvas

As curvas e valores nesta questão são obtidos por Apêndice A

### 3.1 $\tau \times \omega_{mec}$

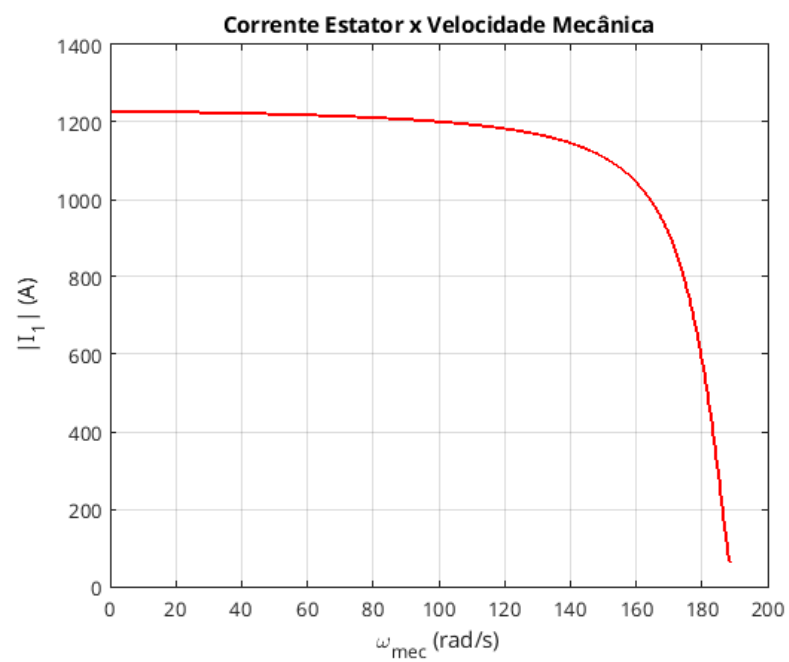
Figura 3.1: Curva de torque versus velocidade mecânica.



Fonte: elaboração própria.

### 3.2 $|I_s| \times \omega_{mec}$

Figura 3.2: Curva de corrente de linha do estator versus velocidade mecânica.



Fonte: elaboração própria.

# Referências Bibliográficas

- [1] Stephen J. Chapman. *Fundamentos de Máquinas Elétricas*. AMGH Editora, Porto Alegre, 5 edition, 2013.

# Apêndice A

## Código MATLAB 2024b para a Questão 3

```

1  %% Dados do Motor (Modelo 6)
2  Pn_watt = 111900; % Potncia mecânica nominal (W)
3  Vn_line = 460; % Tensão nominal de linha (V)
4  fn = 60; % Frequência nominal (Hz)
5  p = 2; % Pares de polos
6
7  % Parmetros do Circuito Equivalente
8  Rs = 0.0302; % Resistência do estator (Ohms)
9  Lls = 0.000283; % Indutância de disperso do estator (H)
10 Rr_linha = 0.01721; % Resistência do rotor referida (Ohms)
11 Llr_linha = 0.000283; % Indutância de disperso do rotor (H)
12 Lm = 0.01095; % Indutância mútua (H)
13
14 %% 1. Cálculos Preliminares
15 omega_e = 2 * pi * fn; % Frequência angular elétrica (rad/s)
16 Xs = omega_e * Lls; % Reatância do estator
17 Xr_linha = omega_e * Llr_linha; % Reatância do rotor
18 Xm = omega_e * Lm; % Reatância de magnetização
19 Vph = Vn_line / sqrt(3); % Tensão de fase (V)
20 n_sinc = (60 * fn) / p; % Velocidade síncrona (rpm)
21 omega_sinc = (2 * pi * n_sinc) / 60; % Vel. síncrona (rad/s)
22
23 %% 2. Definição do Ponto Nominal
24 % Vamos usar o escorregamento nominal calculado no Cap 2 do relatório: 1.02%
25 s_nom = 0.0102;
26
27 % Função auxiliar para calcular circuito
28 calc_motor = @(s, Vph, Rs, Xs, Rr_linha, Xr_linha, Xm, omega_sinc) ...
29     deal( ...

```

```

30     Vph ./ ((Rs + 1j*Xs) + (1j*Xm .* (Rr_linha./s + 1j*Xr_linha)) ./ (1j*Xm
        + (Rr_linha./s + 1j*Xr_linha))), ... % I1 (Fasor)
31     (3 * abs(Vph ./ ((Rs + 1j*Xs) + (1j*Xm .* (Rr_linha./s + 1j*Xr_linha))
        ./ (1j*Xm + (Rr_linha./s + 1j*Xr_linha))))).^2 .* (abs(1j*Xm ./ (1j*
        Xm + (Rr_linha./s + 1j*Xr_linha))))).^2 .* (Rr_linha./s)) ./
        omega_sinc ... % Torque
32 );
33
34 % Calcular valores nominais de referencia
35 [I1_nom_phasor, T_nom] = calc_motor(s_nom, Vph, Rs, Xs, Rr_linha, Xr_linha, Xm,
        omega_sinc);
36 I1_nom = abs(I1_nom_phasor);
37
38 %% 3. Questo 3 - Parte A e B (Curvas Completas)
39 % Vetor de escorregamento completo
40 s_full = 0.001:0.001:1;
41
42 % Inicializar vetores
43 I1_full_abs = zeros(size(s_full));
44 Torque_full = zeros(size(s_full));
45 nmec_full = n_sinc * (1 - s_full); % Velocidade em RPM
46 wmec_full = omega_sinc * (1 - s_full); % Velocidade em rad/s
47
48 % Loop de clculo para curva completa
49 for k = 1:length(s_full)
50     % Impedncia do Rotor
51     Zr = (Rr_linha / s_full(k)) + 1j*Xr_linha;
52     % Impedncia de Magnetizao
53     Zm = 1j*Xm;
54     % Impedncia Paralela (Rotor // Magnetizao)
55     Zpar = (Zm * Zr) / (Zm + Zr);
56     % Impedncia Equivalente Total
57     Zeq = (Rs + 1j*Xs) + Zpar;
58
59     % Corrente do Estator (Fasor)
60     I1 = Vph / Zeq;
61     I1_full_abs(k) = abs(I1);
62
63     % Divisor de corrente para achar I2 (Corrente do rotor)
64     I2 = I1 * (Zm / (Zm + Zr));
65

```

```

66     % Potncia convertida e Torque
67     P_conv = 3 * abs(I2)^2 * Rr_linha * (1 - s_full(k)) / s_full(k);
68     if s_full(k) == 0 % Evitar diviso por zero se s=0
69         Torque_full(k) = 0;
70     else
71         Torque_full(k) = P_conv / wmec_full(k);
72     end
73 end
74
75 % Plotagem Curvas (a) e (b)
76 figure('Name', 'Torque x Velocidade Mecnica');
77 plot(wmec_full, Torque_full, 'LineWidth', 1.5);
78 grid on;
79 xlabel('\omega_{mec} (rad/s)'); ylabel('Torque (N.m)');
80 title('Torque x Velocidade Mecnica');
81
82 figure('Name', 'Corrente Estator x Velocidade Mecnica');
83 plot(wmec_full, I1_full_abs, 'r', 'LineWidth', 1.5);
84 grid on;
85 xlabel('\omega_{mec} (rad/s)'); ylabel('|I_1| (A)');
86 title('Corrente Estator x Velocidade Mecnica');
87
88 %% 4. Questo 3 - Parte C a F (Regio de Operao)
89 % Encontrar Torque Mximo e Escorregamento Correspondente
90 [T_max, idx_max] = max(Torque_full);
91 s_Tmax = s_full(idx_max);
92
93 % Novo vetor de escorregamento
94 s_op = 0.001:0.001:s_Tmax;
95
96 % Inicializar vetores de operao
97 eta_op = zeros(size(s_op)); % Eficincia
98 fp_op = zeros(size(s_op)); % Fator de potncia
99 Pmec_op = zeros(size(s_op)); % Potncia Mecnica de Sada
100 I1_op_abs = zeros(size(s_op));
101
102 for k = 1:length(s_op)
103     s = s_op(k);
104     nmec = n_sinc * (1 - s);
105     wmec = omega_sinc * (1 - s);
106

```

```

107     % Reclculo das impedncias
108     Zr = (Rr_linha / s) + 1j*Xr_linha;
109     Zm = 1j*Xm;
110     Zpar = (Zm * Zr) / (Zm + Zr);
111     Zeq = (Rs + 1j*Xs) + Zpar;
112
113     % Correntes
114     I1 = Vph / Zeq;
115     I1_op_abs(k) = abs(I1);
116     I2 = I1 * (Zm / (Zm + Zr));
117
118     % Potncias
119     Pin = 3 * real(Vph * conj(I1)); % Potncia ativa de entrada
120     P_conv = 3 * abs(I2)^2 * Rr_linha * (1 - s) / s;
121
122     % Considerando P_mec = P_conv (desprezando perdas rotacionais)
123     Pmec_op(k) = P_conv;
124
125     % Eficiência e Fator de Potência
126     eta_op(k) = (Pmec_op(k) / Pin) * 100; % Em %
127     fp_op(k) = cos(angle(Vph) - angle(I1));
128 end
129
130 % Plotagem Curvas (c) a (f)
131 figure('Name', 'Curvas na Regio de Operao');
132 subplot(2,2,1);
133 plot(Pmec_op, eta_op, 'LineWidth', 1.5); grid on;
134 xlabel('P_{mec} (W)'); ylabel('Eficiência \eta (%)'); title('(c) Eficiência x P_{mec}');
135
136 subplot(2,2,2);
137 plot(Pmec_op, fp_op, 'LineWidth', 1.5); grid on;
138 xlabel('P_{mec} (W)'); ylabel('Fator de Potência'); title('(d) FP x P_{mec}');
139
140 subplot(2,2,3);
141 plot(Pmec_op, s_op, 'LineWidth', 1.5); grid on;
142 xlabel('P_{mec} (W)'); ylabel('Escorregamento s'); title('(e) s x P_{mec}');
143
144 subplot(2,2,4);
145 plot(Pmec_op, I1_op_abs, 'LineWidth', 1.5); grid on;
146 xlabel('P_{mec} (W)'); ylabel('|I_1| (A)'); title('(f) Corrente x P_{mec}');

```

```

147
148 %% 5. Questo 3 - Dados Tabulados (G a D)
149 % Partida (s = 1)
150 [I_start_phasor, T_start] = calc_motor(1, Vph, Rs, Xs, Rr_linha, Xr_linha, Xm,
    omega_sinc);
151 I_start_abs = abs(I_start_phasor);
152
153 % Torque Mximo (j calculado anteriormente como T_max e s_Tmax)
154 % Corrente no Torque Mximo
155 [I_Tmax_phasor, ~] = calc_motor(s_Tmax, Vph, Rs, Xs, Rr_linha, Xr_linha, Xm,
    omega_sinc);
156 I_Tmax_abs = abs(I_Tmax_phasor);
157
158 % Exibir Tabela no Command Window
159 fprintf('\n--- Tabela de Resultados (g a o) ---\n');
160 fprintf('(g) Corrente de partida (|I1,p|): %.2f A\n', I_start_abs);
161 fprintf('(h) Razo Ip/Inom: %.2f\n', I_start_abs / I1_nom);
162 fprintf('(i) Torque de partida (Tp): %.2f N.m\n', T_start);
163 fprintf('(j) Razo Tp/Tnom: %.2f\n', T_start / T_nom);
164 fprintf('(k) Corrente no Torque Mximo: %.2f A\n', I_Tmax_abs);
165 fprintf('(l) Razo I_Tmax/Inom: %.2f\n', I_Tmax_abs / I1_nom);
166 fprintf('(m) Torque Mximo (Tmax): %.2f N.m\n', T_max);
167 fprintf('(n) Escorregamento de Tmax: %.4f\n', s_Tmax);
168 fprintf('(o) Razo Tmax/Tnom: %.2f\n', T_max / T_nom);
169
170 %% 6. Questo 3 - A Vazio (P a Q)
171 s_vazio = 0.001;
172
173 % Recalcular circuito para s_vazio
174 Zr_vazio = (Rr_linha / s_vazio) + 1j*Xr_linha;
175 Zm_vazio = 1j*Xm;
176 Zpar_vazio = (Zm_vazio * Zr_vazio) / (Zm_vazio + Zr_vazio);
177 Zeq_vazio = (Rs + 1j*Xs) + Zpar_vazio;
178
179 I1_vazio_phasor = Vph / Zeq_vazio;
180 I1_vazio_abs = abs(I1_vazio_phasor);
181 I1_vazio_angle_deg = angle(I1_vazio_phasor) * (180/pi);
182 fp_vazio = cos(angle(Vph) - angle(I1_vazio_phasor));
183
184 fprintf('\n--- Operao a Vazio (p a q) ---\n');

```

---

```
185 fprintf('(p) Fasor Corrente a Vazio: %.2f /_ %.2f A\n', I1_vazio_abs,  
    I1_vazio_angle_deg);  
186 fprintf('(q) Fator de Potncia a Vazio: %.4f\n', fp_vazio);
```