



# **SISTEMAS E CONTROLE**

**Roteiro 05a - Sistemas Eletromecânicos**

**Professor:** Dr. Éder Alves de Moura

# SUMÁRIO

<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>Atividade 01</b>	<b>3</b>
<b>Atividade 02</b>	<b>4</b>
Resolução	4
<b>Atividade 03</b>	<b>5</b>
Resolução	5

## Introdução

Esta semana utilizamos a Transformada de Laplace para modelar sistemas eletrodinâmicos, como motores CC. Esse método facilita a modelagem no domínio complexo e permite obter funções de transferência diretamente na variável  $s$ .

## Atividade 01

Veja os seguintes vídeos:

1. Sistemas de Controle – Aniel (vídeo 4)  
[https://www.youtube.com/watch?v=H6kpPqpTClo&list=PLjhzxDly7tNQp2CkUHvAKPciOsnuYk\\_f\\_&index=4](https://www.youtube.com/watch?v=H6kpPqpTClo&list=PLjhzxDly7tNQp2CkUHvAKPciOsnuYk_f_&index=4)
2. Modelagem do Motor DC em Laplace  
<https://www.youtube.com/watch?v=45zy7ynXykg>
3. Modelagem de um Motor DC com Matlab/Simulink  
<https://www.youtube.com/watch?v=d1xfirFBd4Q>

## Atividade 02

Faça a leitura do Capítulo 2 do Nise, sobre a modelagem de sistemas eletromecânicos, e explique o que é o significado físico da curva Torque-velocidade e como ela deve ser usada para o projeto de sistemas que usem motor CC.

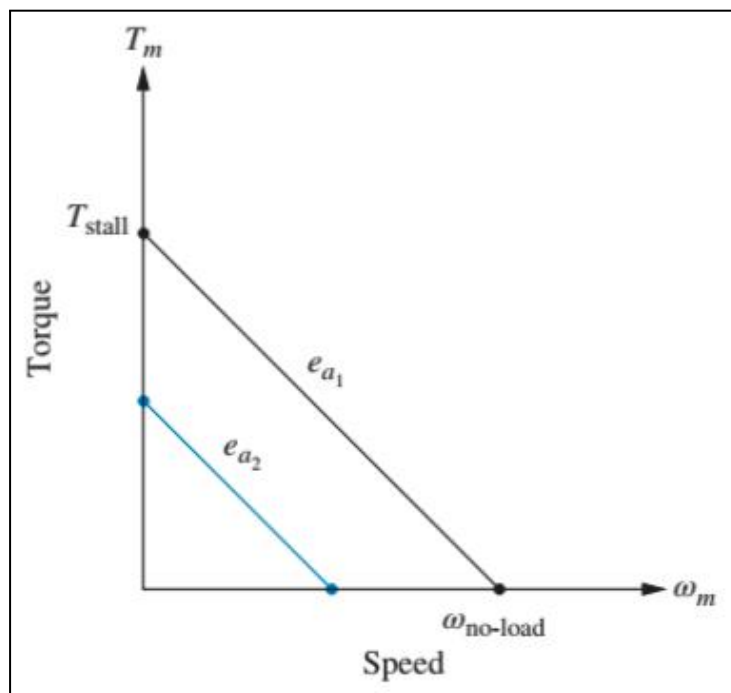


Figura 2.38 - Torque-speed curves with an armature voltage,  $e_a$ , as a parameter.

### Resolução

São 3 fatores primordiais, Velocidade, Torque e Tensão

A **Tensão V** aplicado ao motor faz o eixo rodar a uma velocidade **w** e possui esta relação **w = j\*v**, onde **j** é uma constante de proporcionalidade. A rotação do eixo gera um **Torque T**, que é proporcional à corrente da armadura e tem a relação **T = K\*I**, onde **K** é a constante de torque. Um valor alto de **K** limita a **corrente** a um valor baixo. Como o **torque** é proporcional à **velocidade**, podemos traçar um gráfico de **torque x velocidade**, conforme o gráfico apresentado. Dessa forma utilizamos o gráfico para saber das propriedades do motor e conseguir controlar sua velocidade de rotação e/ou seu torque.

## Atividade 03

Da lista de problemas do livro, disponibilizado no arquivo 'Nise - cap2 - Lista de Exercícios', resolva as seguintes sequências:

- Faça os exercícios de 36 até o 41, modelando os sistemas com engrenagens.
- Faça os exercícios de 42 e 44, com sistemas mistos.
- Faça os exercícios de 45 até o 49, modelando os sistemas mecânicos eletromecânicos.

## Resolução

$$36 - \left\{ \left[ J_1 + J_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 + J_3 \left( \frac{N_3}{N_4} \right)^2 \right] s^2 + \left[ b_2 + b_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 + b_3 \left( \frac{N_3}{N_4} \right)^2 \right] s + \left[ k \left( \frac{N_3}{N_4} \right)^2 \right] \right\} \theta_2(s) = \frac{T(s) N_2}{N_4}$$

$$3T(s) = \left\{ \left[ 1 + 9s^2 + 16 \left( \frac{1}{4} \right)^2 \right] s^2 + \left[ 2 + 3s^2 + 32 \left( \frac{1}{4} \right)^2 + 32 \left( \frac{1}{4} \right)^2 \right] s + 64 \left( \frac{1}{4} \right)^2 \right\} \theta_2$$

$$G(s) = \frac{3}{20s^2 + 13s + 4}$$

Figura 1 - Resolução 36.

$$37 - J_3' = J_3 \left( \frac{N_1 \cdot N_2}{N_3 \cdot N_1} \right)^2 \quad D_3' = D_3 \left( \frac{N_1 \cdot N_2}{N_3 \cdot N_1} \right)^2$$

$$J_1' = J_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad K_1' = K_1 \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2$$

$$\frac{T(s) \cdot 50}{s} = \left\{ \left[ 150 + 100 \cdot \left( \frac{s \cdot 50}{25 \cdot s} \right)^2 + 3 \left( \frac{50}{s} \right)^2 \right] s^2 + \left[ 500 \left( \frac{s \cdot 50}{25 \cdot s} \right)^2 \right] s + \left[ 300 + 3 \left( \frac{50}{s} \right)^2 \right] \right\} \theta_2$$

$$G(s) = \frac{10}{850s^2 + 2000s + 400}$$

Figura 2 - Resolução 37.

$$38 - T(s) \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{N_4}{N_3} = \left\{ \left[ 26 \right] s + \left[ 2 \cdot \left( \frac{120}{23} \right)^2 \right] \right\} \theta_4$$

$$G(s) = \frac{22,07}{26s + 10,43}$$

Figura 3 - Resolução 38.

$$39 - T(s) \frac{20}{s} \cdot \frac{10}{40} = \left\{ \left[ \frac{1 \cdot 10}{40} \right] s^2 + \left[ 0,02 + \frac{2 \cdot 10}{40} \right] s + \left[ \frac{2 \cdot 10}{40} \right] \right\} \Theta_L$$

$$G(s) = \frac{1}{0,25s^2 + 0,502s + 0,5}$$

Figura 4 - Resolução 39.

$$40 - J_{TOT} = J_a + J_1 + (J_2 + J_3) \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 + (J_4 + J_5) \left( \frac{N_3 \cdot N_1}{N_4 \cdot N_2} \right)^2$$

$$D_{TOT} = D \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 + D_1 \left( \frac{N_3 \cdot N_1}{N_4 \cdot N_2} \right)^2$$

$$K_{TOT} = K \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 \quad \rightarrow \quad G(s) = \frac{1}{J_{TOT} s^2 + D_{TOT} s + K_{TOT}}$$

Figura 5 - Resolução 40.