

# UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

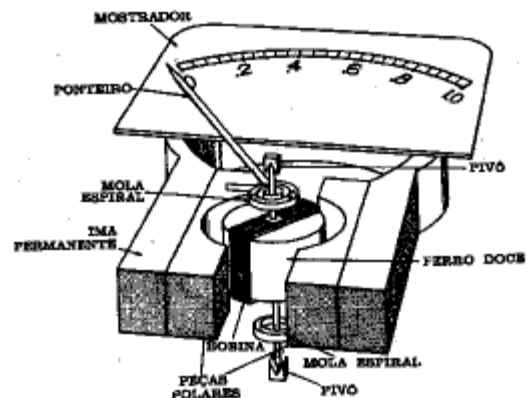
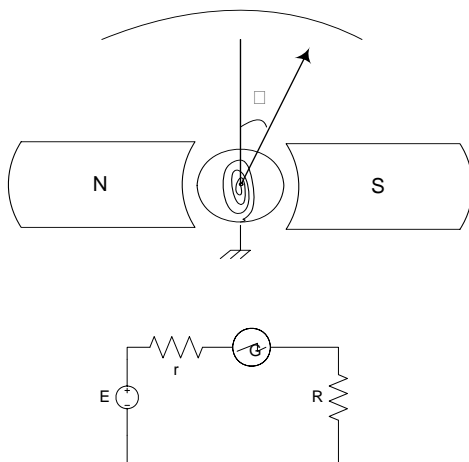
## DISCIPLINA: LABORATÓRIO DE SISTEMA DE CONTROLE

### ENSAIO 03: COMPORTAMENTO DE SISTEMAS DE 2ª E 3ª ORDEM

#### OBJETIVOS:

1. Compreender o funcionamento eletromagnético de um galvanômetro de bobina móvel e identificar os parâmetros relevantes para um modelo dinâmico
2. Identificar o comportamento transitório e permanente de um sistema de 2ª ordem
3. Predizer a influência de parâmetros no comportamento transitório de um sistema de 2ª ordem.
4. Realizar função de transferência e diagramas de simulação analógica
5. Observar o comportamento de um sistema de 3ª ordem.
6. Compreender o conceito de pólo dominante e utilizá-lo para predizer o comportamento dinâmico de sistemas com ordem igual ou superior a 3.

**Formulação do Problema:** O desenho abaixo representa um galvanômetro



O galvanômetro, quando inserido no circuito elétrico acima, pode ser descrito matematicamente

por  $J \frac{d^2\theta}{dt^2} + \left( B + \frac{\Phi_m^2}{r+R} \right) \frac{d\theta}{dt} + K\theta = \frac{\Phi_m}{r+R} E$ , onde:

- J – Momento de inércia do conjugado móvel
- B – Coeficiente de atrito viscoso do mancal
- K – Constante de elasticidade da mola de restrição
- L – Indutância da bobina móvel ( Desprezível)
- R – Resistência do circuito elétrico que se quer medir
- r - Resistência interna do galvanômetro
- $\Phi_m$  – Fluxo no entreferro

O polinômio característico de um sistema de 2ª ordem é dado por

$$\Delta(s) = s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2$$

onde  $\omega_n$  é a frequência natural não-amortecida,  $\zeta$  é a taxa de amortecimento,  $\zeta\omega_n$  é o amortecimento e  $\omega_d = \omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$  é a frequência natural amortecida

$0 < \zeta < 1$  Comportamento subamortecido

$\zeta = 1$  Comportamento de amortecimento crítico

$\zeta > 1$  Comportamento Superamortecido

1ª) No Simulink, faça uma realização por função de transferência para o galvanômetro e simule para  $J=0.5 \text{ N/s}^2$ ,  $B=0$ ,  $\Phi_m=10 \text{ Wb}$ ,  $r=1 \Omega$  e  $R=49 \Omega$ ,  $K=4 \text{ N/m}$ ,  $E=9 \text{ V}$

a) Qual o valor de regime permanente? Justifique.

b) Qual o tipo de comportamento do sistema? Justifique.

c) O que representa tecnicamente o termo  $\frac{\Phi_m^2}{r + R}$

2ª) Observe a influência de  $R$  no comportamento dinâmico do sistema

a) Qual o valor de  $R_{eq} = r + R$  para se obter amortecimento crítico? Este valor é chamado de resistência crítica  $R_c$ .

b) Simule o sistema para valores de  $R$  de modo que o sistema apresente os comportamentos: superamortecido e amortecimento crítico. Comente sobre a influência de  $R$  no comportamento do sistema.

c) Comente sobre a influência de  $J$ ,  $K$  e  $\Phi$  no comportamento do sistema.

3ª) Chama-se período próprio do galvanômetro, o período de oscilação do galvanômetro em circuito aberto.

a) Faça uma realização usando somente blocos de computador analógico (sum, integrator, gain). para o galvanômetro.. Simule para os valores de parâmetros dados na questão 1. À luz de Mason, compare a resposta desta realização com os resultados da questão 1.

b) Faça um ensaio para determinar o período próprio do galvanômetro