



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Física Experimental II

T.L. Nº3

Estudo do Galvanómetro

GRUPO Nº1

Lisboa, 29 de Abril, 2004, 5ª Feira

André Cunha	Nº 53757
Tiago marques	Nº 53775
Ricardo figueira	Nº 53575

LEFT

1. Estudo do regime do galvanómetro para 3 resistências distintas.

a) $R_s = \infty$

Mediram-se 3 períodos de oscilação para ambos os sentidos da corrente, obtendo-se os valores:

$$T_1 = 46.0 \text{ s}$$

$$T_2 = 46.2 \text{ s}$$

com um erro experimental de 0.5 s (considera-se este o tempo de reacção do operador).

O período de oscilação foi calculado através da fórmula

$$T = \frac{T_1 + T_2}{6},$$

obtendo-se o valor de 15,4 s com um erro experimental de 0.167 s.

Através da medição das alongações máximas e recorrendo ao auxílio do computador determinou-se o coeficiente de amortecimento mecânico, obtendo-se o valor de $\lambda = 0.03253$ com um erro de 0.00013.

Sabendo que

$$\omega = \frac{2\pi}{T},$$

calculou-se um $\omega = 4.08 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$.

No regime livre oscilante

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\omega^2 + \lambda^2},$$

logo $\omega_0 = 4.09 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$.

b) $R_s = 100K\Omega$

Efectuaram-se as mesmas medições e cálculos já descritos na alínea anterior. Obtiveram-se os seguintes valores:

$$T_1 = 46.5 \text{ s (erro de 0.5 s)}$$

$$T_2 = 46.4 \text{ s (erro de 0.5 s)}$$

$$T = 15.5 \text{ s (erro de 0.167 s)}$$

Através da análise do Gráfico 2 retirou-se o coeficiente de amortecimento total para o qual se obteve o valor de 0.06444 s^{-1} com um erro de 0.00037 s^{-1} .

Da fórmula

$$\lambda_{Total} = \lambda_m + \lambda_e,$$

e usando o valor do coeficiente de amortecimento mecânico obtido na alínea anterior calculou-se para o coeficiente de amortecimento electromagnético o valor de 0.03191 s^{-1} com um erro de 0.00050 s^{-1} .

$$\omega = 4.05 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\omega_0 = 4.06 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$$

c) $R_s = 50K\Omega$

Analogamente à alínea anterior:

$$T_1 = 47.2 \text{ s (erro de 0.5 s)}$$

$$T_2 = 46.9 \text{ s (erro de 0.5 s)}$$

$$T = 15.7 \text{ s (erro de 0.167 s)}$$

$$\lambda_{Total} = 0.09662 \text{ s}^{-1} \text{ (erro de } 0.00105 \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$$\lambda_{Electromagnético} = 0.06409 \text{ s}^{-1} \text{ (erro de } 0.00118 \text{ s}^{-1}\text{)}$$

$$\omega = 4.00 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\omega_0 = 4.05 \times 10^{-1} \text{ rad.s}^{-1}$$

2. Determinação experimental da resistência crítica de Shunt

Diminuindo gradualmente a resistência de Shunt, observou-se que a amplitude das oscilações era cada vez menor. Desta forma constatou-se que para uma resistência de Shunt com um valor a partir de 9590Ω (com um erro de 20 c) a amplitude das oscilações era mínima e de valor nulo.

Concluí-se então que a resistência crítica de Shunt, para a qual se obtém o regime aperiódico limite é de 9590Ω .

3. Determinação experimental da sensibilidade do Galvanómetro

Neste ponto verificou-se o equilíbrio das oscilações em função dos valores de tensão aplicados.

A partir da Lei de Ohm

$$V = R \cdot i,$$

e sendo $R = 70140 \Omega$ segue que,

$$i = \frac{V}{70140}.$$

A partir de

$$\operatorname{tg}(2\alpha) = \frac{a}{d},$$

tem-se que

$$\alpha = \frac{\operatorname{arctg}\left(\frac{a}{d}\right)}{2}.$$

Sendo α o ângulo entre o raio incidente no espelho do galvanómetro e a norma a esse espelho, d a distância do galvanómetro ao alvo e a a distância entre o centro do alvo e o ponto de equilíbrio das oscilações.

Utilizando novamente o computador traçou-se o gráfico de $\alpha = f(i)$ (Gráfico 4), através de 6 medições de a para 6 tensões diferentes.

Da análise do gráfico determinou-se a sensibilidade do galvanómetro obtendo-se o valor de $2.1416 \times 10^6 \text{ rad.A}^{-1}$ com um erro de $4.8218 \times 10^3 \text{ rad.A}^{-1}$.

2. Cálculo da constante de torção do fio, do momento de inércia do quadro, do coeficiente de atrito mecânico e de $n.A_q.B$

A partir do sistema

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_0 = \sqrt{\frac{c}{\theta}} \\ \lambda_1 = \frac{A_1}{2\theta} \\ \lambda_2 = \frac{(mA_qB)^2}{R} \cdot \frac{1}{2E} \\ S_i = \frac{mA_qB}{c} \end{array} \right. \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \omega_0^2 = \frac{c}{\theta} \\ \lambda_1 = \frac{A_1}{2\theta} \\ \lambda_2 \cdot 2E = \frac{(mA_qB)^2}{R} \\ S_i = \frac{mA_qB}{c} \end{array} \right.$$

e utilizando os valores determinados:

$$\lambda_1 = 0.03253 \text{ s}^{-1}$$

$$\lambda_2 = 0.03191 \text{ s}^{-1}$$

$$\bar{\omega}_0 = 0.407 \text{ rad.s}^{-1}$$

$$R = 100 \text{ K}\Omega$$

$$S_i = 2.1416 \times 10^6 \text{ rad.A}^{-1},$$

obtiveram-se:

$$C = 8.400 \times 10^{-9} \Omega \text{ A}^2 \text{ s}$$

$$\theta = 5.071 \times 10^{-8} \Omega \text{ A}^2 \text{ s}^3$$

$$A_1 = 3.299 \times 10^{-9} \Omega \text{ A}^2 \text{ s}^2$$

$$n.A_q.B = 0.01800 \Omega \text{ A s}$$

Conclusões:

Na primeira parte do trabalho foi possível observar os gráficos do regime oscilante livre para vários valores de Resistência de Shunt. Como seria de esperar, verificou-se que o coeficiente de amortecimento electromagnético aumentou com a diminuição da resistência de Shunt. Tal facto é evidente nos gráficos pois observa-se uma maior rapidez na diminuição das oscilações quando a resistência era menor (coeficiente de amortecimento maior logo a exponencial decai mais rapidamente). Também se observou que o período das oscilações aumentava ligeiramente com a diminuição da resistência aplicada. Foi possível obter 3 valores distintos para a frequência própria do sistema. Estes valores são bastante próximos o que revela uma elevada precisão do método utilizado (desvio de 0,49%).

Na segunda parte do procedimento experimental procedeu-se à determinação da Resistência crítica de Shunt para a qual se obtém o regime aperiódico limite. Observou-se que com a diminuição da resistência a amplitude das oscilações foi diminuindo progressivamente até se tornar indetectável à vista desarmada. O método não é o mais preciso pois verificou-se que existia uma larga gama de valores de resistência de Shunt para a qual praticamente não se observavam oscilações.

De seguida, determinou-se a sensibilidade do galvanómetro com uma elevada precisão (desvio de 0,23%). Através do gráfico 4 foi notória a existência de uma linearidade entre α e i e consequentemente V .

Apesar da elevada precisão dos resultados obtidos, não se devem desprezar as fontes de erro.

Na concretização do primeiro objectivo do trabalho experimental, a fonte de erro predominante foi o tempo de reacção do operador a cronometrar o período das oscilações.

Os erros de leitura das distâncias das alongações máximas também se encontram presentes assim como os erros associados aos aparelhos de medida (voltímetro) e outro equipamento (tolerância das resistências e sensibilidade do Galvanómetro). Também se deve ter em conta o facto de o alvo onde foram feitas medições não se encontrar perfeitamente horizontal.

Resposta às perguntas teóricas:

Como se deve proceder para estabilizar rapidamente o quadro móvel de um galvanómetro em oscilação?

De forma a alcançar o objectivo explicitado na pergunta deve-se reduzir a resistência de Shunt a 0. Tal facto foi observado e testado, mas também poderia ter sido concluído a partir da observação dos 3 primeiros gráficos. Nestes é notoriamente visível um aumento na rapidez com que as oscilações tendem para 0 com a diminuição da resistência de Shunt. Desta forma ao impormos uma resistência nula o quadro do galvanómetro estabiliza instantaneamente.