



INSTITUTO
SUPERIOR
TÉCNICO

Física Experimental II

T.L. Nº2

Estudos de Circuitos RLC Série

GRUPO Nº1

Lisboa, 22 de Abril, 2004, 5ª Feira

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

LEFT

1. Identificação da condição de ressonância no circuito RLC quando a este se aplica uma tensão sinusoidal de frequência variável

- a) Mediram-se as frequências de ressonância para diferentes bobinas, utilizando para tal um condensador com capacidade 6,8 nF e partindo das seguintes equações:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow L = \left(\frac{1}{2\pi \cdot f} \cdot \frac{1}{\sqrt{C}} \right)^2$$

$$\frac{U_{K_{\max}}}{U_{R_{\max}}} = \frac{R + R_B}{R} \Leftrightarrow R_B = R \cdot \frac{U_{K_{\max}}}{U_{R_{\max}}} - R,$$

$$eL = \left| \frac{\partial L}{\partial f} \right| \cdot ef = \left| \left(\frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{C}} \right)^2 \cdot \frac{(-2)}{f^3} \right| \cdot ef$$

$$e_{R_B} = \left| \frac{\partial R_B}{\partial U_K} \right| \cdot e_{U_K} + \left| \frac{\partial R_B}{\partial U_R} \right| \cdot e_{U_R} = \left| \frac{R}{U_{R_{\max}}} + \left(\frac{-R \cdot U_{K_{\max}}}{U_{R_{\max}}^2} \right) \right| \cdot eU$$

Preencheu-se a seguinte tabela:

nº espiras	Frequência (Hz)	eFrequência (Hz)	L (H)	eL (H)	U _K max (V)	U _R max (V)	eU (V)	R (Ω)	RB (Ω)	eRB (Ω)
3600	99	1	0.38	7.7e-3	3.8	1.8	0.1	100	111	6.17
1200	284	1	0.0462	3.25e-4	4.0	2.6	0.1	30	16	0.62
300	1323	1	0.002128	3.217e-6	4.0	3.6	0.1	10	1.1	0.031

- b) Partindo do princípio que

$$i = \frac{U_K}{\sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L + \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}} \text{ e que } i = \frac{U_R}{R}$$

Determinou-se a frequência (erro = 1 Hz) e a tensão (erro = 0,1 mV) aos terminais da resistência variável regulada para 40 Ω e, logo, por ajuste gráfico (gráfico 1), L = 2,61 · 10⁻³ H com um erro de precisão de 1,1 · 10⁻⁴ H. Também se obtém para o valor para a resistência total do sistema igual a 43,56 Ω (erro = 1,82 Ω), pelo que se determina por R_B = R_T - R, que R_B = 3,56 Ω (erro = 1,82 Ω). Uma vez que se tinha calculado a mesma grandeza no ponto anterior (R_B = 1,1 Ω), é possível comparar o valor das mesmas. Embora a ordem de grandeza seja a mesma, o valor obtido por ajuste não cobre o previamente calculado mesmo tomando em conta a barra de erro. Tal discrepância deve-se aos diferentes processos utilizados.

2. Medida experimental do coeficiente de amortecimento

Sabendo que $U_C(t) = B + A \cdot e^{-\lambda \cdot t} \cos(\omega \cdot t)$, recorrendo a uma frequência de 18 Hz (erro = 1 Hz), a uma resistência de 50 Ω e a um condensador com 0,2 μF de capacidade, observou-se ao osciloscópio o regime livre oscilante. Fazendo o levantamento dos máximos e mínimos e do período de oscilação (1,6 ms com erro 0,1 ms), por ajuste gráfico (gráfico 2) calcularam-se o λ (coeficiente de amortecimento), bem como o seu erro. Obtiveram-se os valores de 314,9 s^{-1} e 6,241 s^{-1} , respectivamente. De seguida, a partir da equação $\lambda = \frac{R_T}{2L} \Leftrightarrow L = \frac{R_T}{2\lambda}$ e sabendo que $R_T = R_B + R_G + R$ ($R_G = 50\Omega$) = 211 Ω , calculou-se o coeficiente de auto-indução da bobina: $L = 335,0$ mH. Usando a seguinte fórmula, calculou-se o erro de L.

$$eL = \left| \frac{\partial L}{\partial \lambda} \right| \cdot e\lambda = \left| \frac{-R_T}{2\lambda^2} \right| \cdot e\lambda = 6,640 \text{ mH}$$

3. Identificação do regime aperiódico limite observado no circuito RLC quando a este se aplica uma tensão tipo impulso rectangular

Recorrendo à mesma frequência que no ponto anterior (18 Hz) e regulando a capacidade do condensador para 1 μF e a resistência para 1050 Ω , foi possível observar ao osciloscópio o regime aperiódico limite. Mais uma vez calculou-se o valor de L, bem como o seu erro (366,6 mH e 3,736 mH, respectivamente) recorrendo às seguintes fórmulas:

$$R_T = R_B + R_G + R \text{ (} R_G = 50\Omega \text{)} = 1211 \Omega$$

$$\omega_0^2 = \lambda^2 \Leftrightarrow \frac{1}{LC} = \left(\frac{R_T}{2L} \right)^2 \Leftrightarrow L = \frac{R_T^2 C}{4}$$

$$e_{R_T} = e_{R_B} = 6,17 \%$$

$$eL = \left| \frac{\partial L}{\partial R_T} \right| \cdot e_{R_T} = \left| \frac{2R_T C}{4} \right| \cdot e_{R_T}$$

Conclusões:

Neste procedimento experimental calculou-se por quatro métodos distintos o coeficiente de auto-indução de várias bobinas.

1º procedimento

Bobina com 300 espiras:

$L = 0.002128 \text{ H}$; $eL = 3.217e-6 \text{ H}$; desvio à precisão = 0,15%.

Bobina com 1200 espiras:

$L = 0.0462 \text{ H}$; $eL = 3.25e-4 \text{ H}$; desvio à precisão = 0,70%.

Bobina com 3600 espiras:

$L = 0.38 \text{ H}$; $eL = 7.7e-3 \text{ H}$; desvio à precisão = 2,0%.

2º procedimento

Bobina com 300 espiras:

$L = 2,61 \text{ e-}3 \text{ H}$; $eL = 1,1 \text{ e-}4 \text{ H}$; desvio à precisão = 4,2 %.

3º procedimento

Bobina com 3600 espiras:

$L = 335,0 \text{ mH}$; $eL = 6,640 \text{ mH}$; desvio à precisão = 2,0 %.

4º procedimento

Bobina com 3600 espiras:

$L = 366,6 \text{ mH}$; $eL = 3,736 \text{ mH}$; desvio à precisão = 1,0 %.

Feito o resumo dos resultados experimentais, podemos concluir que para o primeiro método, ao aumentarmos o número de espiras também é aumentado o desvio à precisão da medição do coeficiente de auto-indução das bobinas. O método que se revelou mais eficaz para a medição de L na bobina de 3600 espiras foi o último procedimento. No caso do que mediu o L da bobina de 300 espiras, foi o 1º procedimento aquele que se revelou mais preciso.

Estas diferenças ficam a dever-se às diferentes precisões dos aparelhos envolvidos de método para método, bem como à avaliação das grandezas medidas directamente pelo operador.

Em ambos os gráficos, as barras de erro não foram contempladas, embora fossem de fácil cálculo, visto todos os pontos medidos terem a mesma imprecisão e, conseqüentemente, a mesma contribuição para o valor final.

A precisão do 4º método, embora elevada, não deverá ser tomada em grande conta, dado que a determinação do valor da resistência necessária para impôr o regime aperiódico limite é muito difícil, havendo uma larga gama de valores de R que satisfazem as condições. Essas gamas não foram contabilizadas no valor do erro.

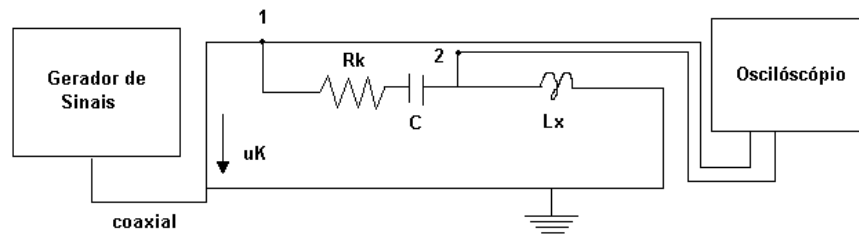
Teoricamente, o método mais preciso deverá ser o primeiro, pois a única fonte de erro envolvida, reside na medição da frequência de ressonância que, no osciloscópio, pode ser obtida com grande precisão.

Foi também possível observar que a resistência interna das bobinas aumentou com o número de espiras.

Ao longo da execução do procedimento, por diversas vezes, foi observado que o gerador não mantinha a linearidade da função sinusoidal, sempre que as resistências no circuito eram demasiado baixas e, logo, correntes muito elevadas.

Respostas às perguntas teóricas:

Indique no esquema como procederia para observar no osciloscópio a tensão aos terminais da bobina:



Diga se é possível para uma mesma montagem, observar no canal 1 do osciloscópio U_R e no 2 U_C .

R: Não, não é possível, dado que as quedas de tensão medidas no osciloscópio são sempre entre um ponto e a massa e o gerador tem, necessariamente, estar ligado à massa. Quanto muito, poder-se-á medir num canal o gerador e no outro um componente que pode ser a bobina a resistência ou condensador. Trocar de posição entre elas não altera em nada o comportamento do circuito, dado que este se encontra em série.