

Departamento de eletrónica, telecomunicações e informática

Curso 8327 – Licenciatura em Engenharia Aeroespacial

Disciplina 41482– Campo eletromagnético

Ano letivo 2022/2023

Relatório

As Leis de Kirchhoff

O Princípio da Sobreposição

Autores:

Alexandre Silva 107957

Diogo Ribeiro 108217

Magner Gusse 110180

Turma: PL5

Grupo: 2

Data: 28/02/2023

Docente: Luís Carlos

As Leis de Kirchhoff - O Princípio da Sobreposição

Este trabalho laboratorial tinha como objetivos:

- a) Usar as várias funções de um multímetro (principalmente voltímetro e amperímetro); calibração e sensibilidades;
- b) Verificar as leis de Kirchhoff e o princípio da sobreposição.

Dados

Resistência medida Ω	Resistência Ω	erro (%)
99,3	100	0,7
512	500	2,4
1002	1000	0,2

O multímetro tem um erro de 0,1mA e de 0,01V.

1ª Experiência

Resistências de 100 Ω e de 1000 Ω em paralelo

	Corrente (mA)	Resistências (Ω)	Tensão
AB	$164.9 \pm 0,1$	100 e 1k	15V
BC	$150.4 \pm 0,1$	100	
BD	$15.14 \pm 0,01$	1k	

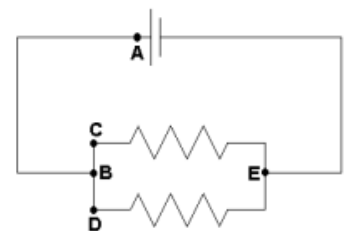


Fig. T1.1

2ª Experiência

2a) Corrente circuito: $I = (24.8 \pm 0,1)$ mA

Tensão (V)	Resistências (Ω)
$2,45 \pm 0,01$	100
$12,71 \pm 0,01$	500



Fig. T1.2

2b) Paralelo ($R_{1000\Omega}$ e $R_{500\Omega}$), série $R_{100\Omega}$

Corrente circuito: $I = (34,50 \pm 0,01)$ mA

Resistência (Ω)	Corrente ($\pm 0,01$ mA)	Tensão ($\pm 0,01$ V)
100	34,50	3,43
500	22,80	11,73
1k	11,75	11,73

2c) Série ($R_{100\Omega}$, $R_{1000\Omega}$ e $R_{500\Omega}$)

Corrente circuito: $I = (9,42 \pm 0,01 \text{ mA})$

Resistência (Ω)	Tensão ($\pm 0,01 \text{ V}$)
100	0,93
500	4,82
1k	9,42

3ª Experiência

Paralelo ($R_{100\Omega}$ e $R_{500\Omega}$), Série $R_{1000\Omega}$

Só fonte

Resistência (Ω)	Corrente ($\pm 0,01 \text{ mA}$)	Tensão ($\pm 0,01 \text{ V}$)
100	22,80	2,26
500	25,10	12,90
1k	2,27	2,26

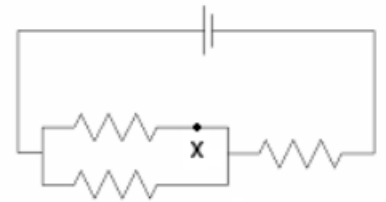


Fig. T1.3

Só pilha em série com $R_{100\Omega}$

Resistência (Ω)	Corrente ($\pm 0,01 \text{ mA}$)
100	18,28
500	12,11
1k	6,18

Fonte e pilha em série com $R_{100\Omega}$

Resistência (Ω)	Corrente ($\pm 0,01 \text{ mA}$)
100	9,1
500	16,2
1k	7,1

Análise de resultados

1ª Experiência

Aplicando a lei dos nós temos de verificar que a soma das correntes de BC e de BD é igual à corrente que passa em AB.

$$I_{AB} = I_{CE} + I_{DE} = 150,40 + 15,14 = 165,54 \text{ mA}$$

Assim sendo, a lei dos nós foi verificada, apesar dos erros, uma vez que a corrente medida em I_{AB} (164,9 mA) deu muito próximo da calculada pela soma de I_{DE} e I_{CE} .

$$\text{Valor teórico de } I_{AB} = \frac{V_{\text{fonte}}}{R} = \frac{15}{\frac{1}{\frac{1}{100} + \frac{1}{1000}}} = 165 \text{ mA}$$

$$\text{Desvio experimental} = |\text{valor teórico} - \text{valor experimental}| = |165 - 164,9| = 0,1 \text{ mA}$$

2ª Experiência

a) $V_{fonte} = 15,18V$

Pela lei das malhas, um circuito fechado o somatório das tensões é nulo.

Então: $V_{fonte} - (V_{100\Omega} + V_{500\Omega}) = 0 \leftrightarrow V_{fonte} - (2,45 + 12,71) = 0 \leftrightarrow V_{fonte} = 15,16V$

$$I = \frac{V_{fonte}}{R_{equivalente}} = \frac{15}{1100} = 13,64mA$$

$$V_{100\Omega} = 100\Omega \times I = 1,364V$$

$$V_{1000\Omega} = 1000\Omega \times I = 13,64V$$

Desvio experimental

$$V_{R_{100\Omega}} = |Valor\ experimental - valor\ teórico| = |1,363 - 1,364| = 0,001$$

$$V_{R_{1000\Omega}} = |Valor\ experimental - valor\ teórico| = |13,81 - 13,64| = 0,17$$

Assim sendo, considerando a incerteza do instrumento ($\pm 0,01V$) e um dos valores ter ultrapassado essa incerteza, conclui-se que os valores são próximos dos esperados e que é confiável usar o multímetro.

b) Paralelo ($R_{1000\Omega}$ e $R_{500\Omega}$), série $R_{100\Omega}$

$$V_{fonte} = 15,18V$$

Pela lei das malhas, um circuito fechado o somatório das tensões é nulo.

Então: $V_{fonte} - (V_{100\Omega} + V_{500\Omega}) = 0 \leftrightarrow V_{fonte} - (3,43 + 11,73) = 0 \leftrightarrow V_{fonte} = 15,16V$

$$R_{paralelo} = \frac{1}{\frac{1}{500} + \frac{1}{1000}} = 333,3\Omega \quad R_{eq} = R_{paralelo} + 100 = 433,3\Omega$$

$$I_{R_{100\Omega}} = \frac{V_{fonte}}{R_{eq}} = \frac{15}{433,3} = 34,6mA \quad V_{paralelo} = RI = 333,3 \times 0,0346 = 11,53V$$

$$I_{R_{1000\Omega}} = \frac{11,53}{1000} = 11,53mA \quad I_{R_{500\Omega}} = \frac{11,53}{500} = 23,06mA$$

$$V_{R_{100\Omega}} = I_{R_{100\Omega}} \times 100 = 3,46V \quad V_{R_{500\Omega}} = I_{R_{500\Omega}} \times 500 = 11,53V$$

$$V_{R_{1000\Omega}} = I_{R_{100\Omega}} \times 1000 = 11,53V$$

Desvio experimental

$$V_{R_{100\Omega}} = |Valor\ experimental - valor\ teórico| = |3,43 - 3,46| = 0,03V$$

$$V_{R_{500\Omega}} = V_{R_{1000\Omega}} = |Valor\ experimental - valor\ teórico| = |11,73 - 11,53| = 0,20V$$

Considerando a incerteza $\pm 0,01V$ do multímetro, os valores ultrapassam esta incerteza, apesar de os valores estarem muito perto dos teóricos, considerando o multímetro um instrumento confiável.

c) $V_{fonte} = 15,18V$

Pela lei das malhas, um circuito fechado o somatório das tensões é nulo.

Então:

$$V_{fonte} - (V_{100\Omega} + V_{1000\Omega} + V_{500\Omega}) = 0 \leftrightarrow V_{fonte} - (0,93 + 4,82 + 9,42) = 0$$

$$V_{fonte} = 15,17V$$

$$I = \frac{V_{fonte}}{R_{equivalente}} = \frac{15}{1600} = 9,375mA$$

$$V_{100\Omega} = 100\Omega \times I = 0,9375V \quad V_{1000\Omega} = 1000\Omega \times I = 9,375V$$

$$V_{500\Omega} = 500\Omega \times I = 4,6875V$$

Desvio experimental

$$V_{R_{100\Omega}} = |Valor_{experimental} - valor_{teórico}| = |0,93 - 0,9375| = 0,0075V$$

$$V_{R_{1000\Omega}} = |Valor_{experimental} - valor_{teórico}| = |9,42 - 9,375| = 0,045V$$

$$V_{R_{500\Omega}} = |Valor_{experimental} - valor_{teórico}| = |4,82 - 4,6875| = 0,1325V$$

Assim sendo, considerando a incerteza do instrumento ($\pm 0,01V$) e dois dos valores terem ultrapassado essa incerteza, mantém-se a conclusão que os valores estão próximos dos esperados.

3ª Experiência

1º- Só fonte

Foi necessário medir a tensão aos terminais de cada componente e a corrente que atravessa cada ramo, sendo que estamos perante a mesma situação que nos foi apresentada na alínea 2b) em que temos as resistências R2 e R3 em paralelo estando depois em série com a resistência R1 e com a fonte, ou seja, a análise dos resultados irá ser a mesma.

2º- Só pilha

Após análise do novo circuito, verifica-se que R_{100Ω} fica em série com a pilha que será a nova fonte do circuito, R_{500Ω} e R_{1000Ω} ficam em paralelo entre si e o conjunto das duas está em série com o resto do sistema.

3º-Fonte e pilha

Pela lei dos nós, a soma das intensidades num nó é nula.

$$I_{100\Omega} + I_{500\Omega} + I_{1000\Omega} = 0 \leftrightarrow \frac{U - 15V}{1000} + \frac{U - 9V}{100} + \frac{U}{500} = 0 \leftrightarrow U = 8,077V$$

$$I_{100\Omega} = 9,23mA \quad I_{500\Omega} = 16,15mA \quad I_{1000\Omega} = 6,92mA$$

Desvio experimental

$$I_{R_{100\Omega}} = |\text{Valor experimental} - \text{valor teórico}| = |9,1 - 9,23| = 0,13mA$$

$$I_{R_{500\Omega}} = |\text{Valor experimental} - \text{valor teórico}| = |16,2 - 16,15| = 0,05mA$$

$$I_{R_{1000\Omega}} = |\text{Valor experimental} - \text{valor teórico}| = |7,1 - 6,92| = 0,18mA$$

Sendo a incerteza $\pm 0,01mA$ do multímetro, os valores obtidos ultrapassam esta incerteza, apesar disso, os valores continuam próximos dos teóricos, confirmando o multímetro como um instrumento de medição fiável para a experiência pretendida.

Questão 1.6

Pela lei das malhas: $V_{total} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$

Pela lei de Ohm, sabemos que $V=RI$, e como em série num circuito fechado I é a mesma para todos, então:

$$R_{total} \times I = R_1 \times I + R_2 \times I + \dots + R_n \times I \Leftrightarrow R_{total} \times I = (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \times I$$

$$R_{total} = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{n=1}^m R_n$$

Pela lei dos nós, para n resistências em paralelo: $I_{total} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$

Pela lei de Ohm, $I = \frac{V}{R}$, então:

$$\frac{V}{R_{total}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \dots + \frac{V}{R_n} \Leftrightarrow \frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{n=1}^m \frac{1}{R_n}$$

Conclusão

Podemos concluir que alcançamos quer o objetivo de usar as várias funções de um multímetro, quer o objetivo de verificar as leis de Kirchhoff e o princípio da sobreposição.