

Relatório

Leis de Kirchhoff e Lei de Ohm

Licenciatura Engenharia Informática 2024/2025

Grupo: 2
Turma: 2DK

1230686 | Henrique Monteiro
1230693 | Vicente Martins
1230688 | José Teixeira
1230665 | Márcio Ferreira

16/10/2024

1. Procedimento experimental e dados experimentais obtidos

No âmbito da disciplina de FSIAP, realizamos uma experiência em laboratório com vários objetivos a alcançar, entre eles:

- Análise de circuitos elétricos através das leis de Kirchhoff.
- Aplicação da Lei de Ohm.
- Verificação da lei das malhas.

As leis de Kirchhoff, estabelecidas por Gustav Kirchhoff, formam os fundamentos da análise do funcionamento de sistemas elétricos. As Leis de Kirchhoff, conhecidas como **Lei dos nós** e **Lei das malhas**, são fundamentais na análise de circuitos elétricos.

Lei dos nós: A soma algébrica das correntes em qualquer nó do circuito é igual a zero.

$$\sum I_{entrada} = \sum I_{saida}$$

Lei das malhas: A soma algébrica das tensões numa malha é igual a zero (a soma algébrica das f.e.m. numa malha é igual à soma algébrica das tensões nas resistências dessa malha).

$$\sum V = 0 \Rightarrow \sum E_i = \sum R_i I_i$$

Material Utilizado

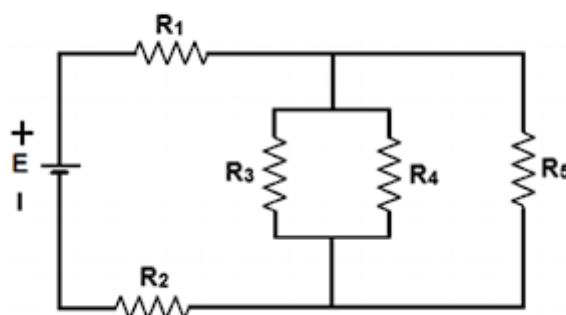
- 1 multímetro;
- 1 fonte de alimentação;
- 1 placa de montagem;
- Conjunto de resistências;
- Fios de ligação.

Montagem

A montagem do circuito foi efetuada de acordo com a figura 1 do enunciado, começamos por colocar a placa de montagem no centro da mesa, de seguida colocamos as resistências por ordem e da maneira descrita no enunciado, tendo medido tudo antes e tendo regulado a fonte de alimentação para 8,0V, as resistências foram colocadas umas em **série** (R1 e R2) e as restantes três em paralelo umas com as outras (R3, R4 e R5).

No circuito é importante referenciar que foram utilizados os fios de ligação de forma a ficar um circuito fechado e de maneira a passar corrente elétrica da fonte alimentação por todas as resistências.

Figura 1 - Circuito base da experiência



Procedimento

1- Foi feita a montagem do circuito de acordo com a figura 1 do enunciado, com medida prévia individual e fora do circuito de cada resistência com auxílio do multímetro e após dessa medição regulamos a fonte de alimentação para 8,0V e ajustamos o valor com o multímetro.

2- De seguida e após termos registados os valores das resistências e dos terminais da fonte de alimentação ligamos esta ao circuito de acordo com a figura 1 do enunciado.

3- Com a fonte ligada ao circuito começamos a medir a queda de tensão nos terminais de cada resistência, ligando o voltímetro em paralelo com as resistências a medir.

Concluimos com esta medição que as tensões dos terminais das resistências em paralelo são iguais e, a soma das tensões dessas resistências em série é igual á tensão da fonte de alimentação do circuito.

4- Depois prosseguimos a uma nova montagem, no mesmo circuito retiramos todas as resistências em paralelo (R3, R4, R5) e substituímos por uma resistência só de 10 M Ω a completar o circuito com as resistências em série (R1, R2).

Após a montagem, registamos os valores da queda de tensão nos terminais das resistências.

5- Com as medidas efetuadas, colocamos no circuito outra resistência, em paralelo com a anterior, de 1K Ω e procedemos ao registo de mais valores da queda de tensão nos terminais do paralelo montado.

6- Para terminar refizemos o circuito de acordo com o primeiro circuito marcado, e ajustamos as resistências, em paralelo de forma que na posição da resistência R3 a corrente elétrica fosse metade da corrente elétrica que passa na resistência R5, para isso trocamos de posição a resistência R3 (330 Ω) com a resistência R5 (1K Ω).

É importante mencionar que um possível motivo de erro estava relacionado à leitura dos valores com o multímetro e o nível de desgaste da resistência e também devido á imprecisão da montagem ou da passagem de corrente através dos fios de ligação.

2. Resultados e Representação Gráfica

Tensão (V)
8

Medição do valor de cada resistência:

Resistência	Resistência(Ω)
R1	10,00
R2	469,00
R3	326,00
R4	$9,97 \cdot 10^3$
R5	$1,01 \cdot 10^3$

4.

Resistência	Queda de Tensão(V)
R1	0,11
R2	5,21
R3	2,67
R4	2,67
R5	2,67

5.

Resistência	Queda de Tensão(V)
R1	0,00
R2	$3 \times 10^{(-4)}$
10M Ω	8,00

6.

Resistência	Queda de Tensão(V)
R1	0,05
R2	2,52
10M Ω	5,42
1K Ω	5,42

Análise de Resultados

8.

De acordo com o circuito montado no ponto 4, R3, R4 e R5 são resistências ligadas em paralelo entre si, criando 3 malhas no circuito.

Segundo a lei das Malhas:

$$\sum V = 0 \Rightarrow \sum E(i) = \sum R(i)I(i)$$

$$\sum V = 0 \Leftrightarrow \sum V = 8,00 - (0,11 + 5,21 + 2,67)(SI) = 0,01 V$$

Cálculo do erro experimental da queda de tensão

$$Er(4) = \frac{|8,00 - 7,99|}{8,00} \cdot 100 \approx 0,17\%$$

Cálculo do erro experimental e comparação da corrente elétrica para as várias resistências em paralelo

$$R_s = 10 + 469 + \frac{1}{\frac{1}{326} + \frac{1}{9970} + \frac{1}{1010}} \Leftrightarrow R_s \approx 720$$

$$I(fonte) = \frac{8,0}{720} = 0,01A$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{2,67}{326} = 8 \cdot 10^{-3} A$$

$$I_4 = \frac{V_4}{R_4} = \frac{2,67}{9970} = 2,7 \cdot 10^{-4} A$$

$$I_5 = \frac{V_5}{R_5} = \frac{2,67}{1010} = 2,6 \cdot 10^{-3} A$$

$$I_e = I_3 + I_4 + I_5 = 8 \cdot 10^{-3} + 2,7 \cdot 10^{-4} + 2,6 \cdot 10^{-3} = 0,011 \text{ A}$$

$$E_i = \frac{|0,10 - 0,11|}{0,10} \cdot 100 = 10\%$$

Cálculo do erro da queda de tensão nos terminais das resistências

$$E_{r1} = \frac{|10 \cdot 0,01 - 0,11|}{10 \cdot 0,01} \cdot 100 = 10\%$$

$$E_{r2} = \frac{|469 \cdot 0,01 - 5,21|}{469 \cdot 0,01} \cdot 100 = 11,1\%$$

$$E_{r3} = \frac{|326 \cdot 8 \cdot 10^{-3} - 2,67|}{326 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 2,38\%$$

$$E_{r4} = \frac{|9970 \cdot 2,7 \cdot 10^{-4} - 2,67|}{9970 \cdot 2,7 \cdot 10^{-4}} \cdot 100 = 0,81\%$$

$$E_{r5} = \frac{|1010 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3} - 2,67|}{1010 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3}} \cdot 100 = 1,67\%$$

9.

Para proceder à montagem do circuito no ponto 5 foram retiradas as resistências que estavam em paralelo (R3, R4 e R5) e substituídas por uma resistência de 10MΩ ligada em série para completar o circuito entre R1 e R2. Assim, devido à inexistência de nós, apenas existe um único circuito fechado em questão. Sendo assim, aplicando a lei das malhas e de Ohm a esse circuito, obtém-se os seguintes valores teóricos:

Os resistores estão dispostos em série. Portanto, a resistência total R_{total} é dada por:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Substituindo os valores:

$$R_{\text{total}} = 10 \Omega + 469 \Omega + 10 \text{ M}\Omega = 10 + 470 + 10 \times 10^6 \Omega$$

$$R_{\text{total}} = 10.000.479 \Omega$$

Usando a Lei de Ohm, a corrente I no circuito é:

$$I = \frac{E}{R_{\text{total}}}$$

Substituindo os valores:

$$I = \frac{8\text{ V}}{10.000,479\ \Omega}$$
$$I \approx 8,00 \times 10^{-7}\text{ A}$$

Queda de Tensão em R_1 :

$$V_1 = I \times R_1 = 8,00 \times 10^{-7}\text{ A} \times 10\ \Omega = 8,00 \times 10^{-6}$$

Queda de Tensão em R_2 :

$$V_2 = I \times R_2 = 8,00 \times 10^{-7}\text{ A} \times 469\ \Omega = 3,75 \times 10^{-4}$$

Queda de Tensão em R_3 (10 M):

$$V_3 = I \times R_3 = 8,00 \times 10^{-7}\text{ A} \times 10^7\ \Omega = 8,00\text{ V}$$

O erro percentual entre os valores teóricos e experimentais pode ser calculado usando a seguinte fórmula:

$$\text{Erro Percentual} = \frac{|V_{\text{teórico}} - V_{\text{experimental}}|}{V_{\text{teórico}}} \times 100$$

Erro Percentual para R_1 :

Os valores são:

$$V_{1\text{ teórico}} = 8,00\ \mu\text{V}, \quad V_{1\text{ experimental}} = 0\text{ V}$$

Logo, o erro percentual é:

$$\text{Erro Percentual}_{R_1} = \frac{|8,00 \times 10^{-6} - 0|}{8,00 \times 10^{-6}} \times 100$$

$$\text{Erro Percentual}_{R_1} = 100\%$$

Devido à pequena magnitude da queda de tensão teórica, o valor experimental de V_1 foi considerado como 0 V, possivelmente devido às limitações do equipamento de medição. Neste caso, o erro percentual teórico seria calculado como 100, mas isso não é significativo devido à insignificância da queda de tensão em R_1 . Portanto, o erro percentual para R_1 não é considerado relevante.

Erro Percentual para R_2 :

Os valores são:

$$V_{2\text{teórico}} = 0,375\text{ mV}, \quad V_{2\text{experimental}} = 0,3\text{ mV}$$

Logo, o erro percentual é:

$$\text{Erro Percentual}_{R_2} = \frac{|0,375 - 0,3|}{0,375} \times 100$$

$$\text{Erro Percentual}_{R_2} \approx 20\%$$

Erro Percentual para R_3 :

Os valores são:

$$V_{3\text{teórico}} = 8,00\text{ V}, \quad V_{3\text{experimental}} = 8,00\text{ V}$$

Logo, o erro percentual é:

$$\text{Erro Percentual}_{R_3} = \frac{|8,00 - 8,00|}{8,00} \times 100$$

$$\text{Erro Percentual}_{R_3} = 0\%$$

10.

No circuito do ponto 6, uma resistência de $1\text{K}\Omega$ (R_5) foi adicionada em paralelo à de $10\text{M}\Omega$, criando um nó e resultando em duas malhas. Aplicando as Leis das Malhas e Ohm, obtêm-se os valores teóricos seguintes:

$$R_{Equi} = 10 + 469 + \frac{1}{\frac{1}{10^7} + \frac{1}{10^3}} = 1.479 \times 10^3 \Omega$$

$$I_{Fonte} = \frac{8.00}{1.479 \times 10^3} \approx 5.41 \times 10^{-3} A$$

$$I_5 = \frac{V_5}{R_5} = \frac{5.42}{1.01 \times 10^3} = 5.37 \times 10^{-3} A$$

$$I_{10M\Omega} = \frac{V_{10M\Omega}}{R_{10M\Omega}} = \frac{5.42}{1 \times 10^7} = 5.42 \times 10^{-7} A$$

$$I_{Fonte} = I_{10M\Omega} + I_5 = 5.42 \times 10^{-7} + 5.37 \times 10^{-3} = 5.37 \times 10^{-3} A$$

$$Er_{R1} \% = \frac{|10 \times 5.41 \times 10^{-3} - 5.41 \times 10^{-2}|}{10 \times 5.41 \times 10^{-3}} \times 100 \% = 0\%$$

$$Er_{R2} \% = \frac{|469 \times 5.41 \times 10^{-3} - 2.52|}{469 \times 5.41 \times 10^{-3}} \times 100 \% = 0.68\%$$

$$Er_{R5} \% = \frac{|1.01 \times 10^3 \times 5.37 \times 10^{-3} - 5.42|}{1.01 \times 10^3 \times 5.37 \times 10^{-3}} \times 100 \% = 0.068\%$$

$$Er_{10M\Omega} \% = \frac{|10^7 \times 5.42 \times 10^{-7} - 5.42|}{10^7 \times 5.42 \times 10^{-7}} \times 100 \% = 0\%$$

11.

De acordo com as Leis de Ohm e Kirchhoff, a resistência usada no circuito do ponto 9 possui um valor significativamente maior em comparação à resistência equivalente do circuito no ponto 6. Isso resulta em uma queda de tensão maior nos terminais da resistência de 10MΩ. Esse fenômeno acontece porque, ao chegar ao nó onde a corrente se divide entre a resistência de 10MΩ e a de 1KΩ, a corrente é repartida. Assim, a resistência de 10MΩ tem um impacto menor no circuito, pois a maior parte da corrente flui pela resistência de 1KΩ. Com base na Lei de Ohm, isso ajuda a entender por que a queda de tensão na resistência de 10MΩ é menor quando está em paralelo com a de 1KΩ.

12.

De forma a calcular a corrente elétrica experimental em cada resistência utilizada na montagem 4, precisamos de aplicar a Lei de Ohm ou pela corrente elétrica do sistema, aplicamos então a lei de Ohm.

$$V = R \cdot I$$

$$I = \frac{V}{R}$$

Cálculo das correntes elétricas: i1, i2, i3, i4, i5 através da lei de Ohm e lei dos Nós.

$$I1 = \frac{V1}{R1} = \frac{0,11}{10} = 0,011A$$

$$I2 = I3 = 0,5 \cdot I1 = 0,0055A$$

$$I4 = I5 = 0,5 \cdot I2 = 0,00275A$$

3. Questões e Resolução

Questão 1 – Quando no circuito do ponto 5 dos procedimentos, realizou a medição da queda de tensão aos terminais da resistência de $10\text{ M}\Omega$, o valor da corrente elétrica é alterado? pelo facto de ter efetuado a medição da queda de tensão com o voltímetro? Justifique.

Resposta - Sim, o valor da corrente elétrica é alterado devido ao facto de ter sido efetuada a medição da queda de tensão com o voltímetro. Isto acontece uma vez que a resistência interna do voltímetro ligado em paralelo também é de $10\text{ M}\Omega$ e então a resistência do circuito irá passar para metade, $5\text{ M}\Omega$. Como $V=R \cdot I$ e a resistência passou para metade, a diferença de potencial permanece a mesma e a corrente elétrica duplica.

Questão 2 – Relativamente à montagem efetuada no ponto 6 dos procedimentos, as leis de Kirchhoff verificam-se? Justifique. E quanto à corrente entregue pela fonte ao circuito, ela sofre alterações pelo facto de colocarmos o voltímetro a ler a queda de tensão. Justifique.

Resposta – Relativamente à montagem efetuada no ponto 6, as leis de Kirchhoff (lei dos nós e lei das malhas) verificam-se uma vez que ao conectar o voltímetro em paralelo com o circuito, são formados dois nós, o que resulta em duas malhas em que a soma das correntes elétricas em cada uma dessas malhas é igual à corrente total do circuito. Além disso, a queda de tensão no voltímetro deve ser igual à queda de tensão da fonte e apesar de não serem exatamente iguais, o erro percentual calculado é tão pequeno que se torna insignificante.

Em relação à corrente elétrica, não houve nenhuma alteração pois esta passará praticamente toda pela resistência de menor valor ($1\text{ K}\Omega$) e assim a corrente que passa no circuito com o voltímetro em paralelo é igual à corrente que passa se o voltímetro não estivesse ligado à fonte.

$$\text{Erro Percentual} = \left(\frac{|8 - 7.9941|}{|8|} \right) \times 100$$

$$\text{Erro Percentual} = 0.07375\%$$

Questão 3 – Considere o circuito montado no ponto 4 dos procedimentos. Compare a potência fornecida ao circuito pela fonte com a potência dissipada pelos elementos passivos. Justifique.

Resposta – De acordo com o efeito Joule, quando há corrente elétrica passando por um componente de um circuito, a potência dissipada é dada pela seguinte equação:

$$P = RI^2$$

Aplicando a lei de Ohm em conjunto com o efeito Joule, temos:

$$P = \frac{U^2}{R}$$

- Para P_{R1} :

$$P_{R1} = \frac{(0,1118)^2}{10} = \frac{0,0125}{10} = 1,25 \times 10^{-3} W$$

- Para P_{R2} :

$$P_{R2} = \frac{(5,21)^2}{469} = \frac{27,1441}{469} = 5,79 \times 10^{-2} W$$

- Para P_{R3} :

$$P_{R3} = \frac{(2,67)^2}{326} = \frac{7,1289}{326} = 2,19 \times 10^{-2} W$$

- Para P_{R4} :

$$P_{R4} = \frac{(2,67)^2}{9970} = \frac{7,1289}{9970} = 7,15 \times 10^{-4} W$$

- Para P_{R5} :

$$P_{R5} = \frac{(2,67)^2}{1010} = \frac{7,1289}{1010} = 7,06 \times 10^{-3} W$$

A potência dissipada total será:

$$P_{\text{dissipada}} = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4} + P_{R5}$$

$$P_{\text{dissipada}} = 1,25 \times 10^{-3} + 5,79 \times 10^{-2} + 2,19 \times 10^{-2} + 7,15 \times 10^{-4} + 7,06 \times 10^{-3} = 9,87 \times 10^{-2} W$$

A potência fornecida é calculada pela fórmula:

$$P_{\text{fornecida}} = U \times I$$

Onde $U = 8 V$ e $I = 0,011 A$ (corrente calculada no Ex. 12).

$$P_{\text{fornecida}} = 8 \times 0,011 = 8,88 \times 10^{-2} W$$

$$\frac{P_{\text{dissipada}}}{P_{\text{fornecida}}} = \frac{9,87 \times 10^{-2}}{8,88 \times 10^{-2}} \approx 1,11$$

Isto mostra que a potência dissipada é cerca de 11% maior que a potência fornecida.

4. Comentários

Erro no cálculo das potências (questão 3) que levou à potência dissipada ser mais elevada que a potência fornecida.

Ao iniciar a atividade laboratorial e após uma leitura atenta do procedimento, concluímos que os passos 5 e 6 para facilitar o processo de medição e alterações no circuito deveriam apenas ser realizados após o passo 7, pois envolvia uma remontagem do circuito necessário ao ponto 4, tal facto deve-se também ao número limitado de equipamentos presente no laboratório. Por vezes estes estavam um pouco danificados, como se pode observar pelos erros obtidos na análise supra. Todos estes possíveis erros foram minimizados, visto que a experiência laboratorial não exigia um elevado nível de precisão da parte humana, mas sim apenas dos equipamentos utilizados.