

Capítulo II

Elementos de Circuitos

2.1 Introdução

O objetivo da engenharia é projetar e produzir dispositivos que atendam às necessidades humanas. Para tanto, é necessário que se conheçam os componentes e se estabeleçam modelos matemáticos para simular os seus comportamentos físicos. Este capítulo trata de alguns elementos básicos e seus modelos matemáticos.

2.2 Resistor

O resistor é um elemento passivo que possui uma propriedade chamada resistência elétrica que é medida em ohms (Ω). A resistência elétrica, como o próprio nome sugere, é a capacidade que um elemento possui de se opor à passagem de corrente elétrica. Um resistor ôhmico oferece um relacionamento linear entre tensão e corrente em seus terminais. Assim, o gráfico da tensão pela corrente num resistor ôhmico, tem a forma mostrada na Figura 2.1.

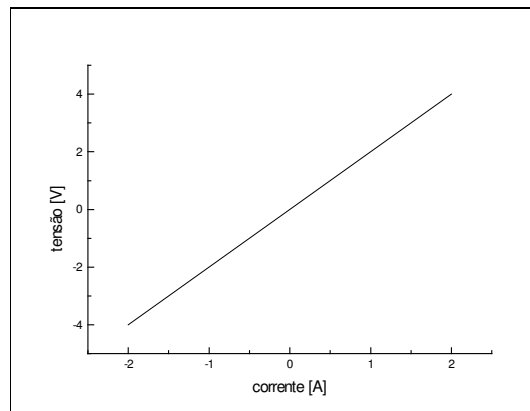


Figura 2.1: Gráfico da tensão por corrente em um elemento resistivo ideal.

Por definição a grandeza denominada resistência elétrica é o coeficiente angular da reta que representa esse gráfico, ou seja:

$$v = Ri \quad (2.1)$$

onde v é a tensão nos terminais do resistor, i é a corrente que o atravessa e R é a resistência do resistor. A lei que rege essa equação é chamada **Lei de Ohm** e os elementos resistivos que obedecem a essa lei são denominados ôhmicos.

É importante observar nesta relação que quando $R=0$, $v=0$, e conseqüentemente há um curto-circuito. Se $R \rightarrow \infty$, então $i \rightarrow 0$ e tem-se um circuito aberto.

Quatro fatores principais influenciam no valor de resistência de um resistor:

- Material com que foi confeccionado;
- Área da sua secção transversal;
- Comprimento do resistor;
- Temperatura.

A resistência se relaciona com esses quatro fatores da seguinte forma:

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (2.2)$$

Onde ρ é a resistividade característica do material, L é o comprimento e S é a área da seção transversal do condutor. Embora a temperatura não apareça explicitamente na equação 2.2, ela está denotada implicitamente no fator ρ .

A resistividade se relaciona com a temperatura de acordo com uma função quadrática:

$$\rho = \rho_0 [1 + a(T - T_0) + b(T - T_0)^2] \quad [\Omega.m] \quad (2.3)$$

Onde ρ_0 é a resistividade a uma temperatura T_0 e a e b são coeficientes de temperatura da resistividade. A expressão 2.3 não é usual, devido a sua complexidade e precisão e, em geral, usa-se uma aproximação por retas que abrangem certas faixas de temperatura. A expressão para essa aproximação é:

$$\rho = \rho_0 [1 + a(T - T_0)] \quad (2.4)$$

Pela expressão 2.2 se a resistividade varia com a temperatura, a resistência também varia da mesma forma, ou seja:

$$R = R_0 [1 + a(T - T_0)] \quad (2.5)$$

A Tabela 2.1 mostra os valores de resistividade para alguns materiais.

Tabela 2.1 Resistividade de alguns materiais

Material	ρ_0 [$\Omega.m$] a 20°C	a [$^{\circ}C^{-1}$]
Alumínio	$3,2 \cdot 10^{-8}$	0,0036
Cobre	$1,7 \cdot 10^{-8}$	0,0040
Níquel	$10 \cdot 10^{-8}$	0,0050
Prata	$1,6 \cdot 10^{-8}$	0,0040
Constantan	$50 \cdot 10^{-8}$	0,00000
Manganina	$42 \cdot 10^{-8}$	0,00003
Niquelina	$42 \cdot 10^{-8}$	0,00023

Na Tabela 2.1 são mostrados alguns materiais pouco famosos. A seguir está disposta uma sucinta descrição desses materiais:

- Constantan – composta por níquel, zinco e cobre;
- Manganina – composta de manganês e cobre;
- Niquelina – composta de cobre manganês e níquel.

Exemplo 2.1: Sabendo que a resistividade do cobre é $1,7 \times 10^{-8} \Omega.m$ à temperatura ambiente, calcular a resistência elétrica de 1 km de um fio com seção circular de $1,5 \text{ mm}^2$.

2.3 Potência

A definição de potência em um elemento de circuito é:

$$P = V \cdot I \quad [\text{W}] \quad (2.6)$$

No caso de um resistor ôhmico:

$$P = R \cdot I^2 \quad (2.7)$$

Ou

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.8)$$

A potência dissipada em um resistor é feita na forma de calor, num efeito denominado efeito Joule.

Exemplo 2.2: Calcular a resistência elétrica de um chuveiro de 3200 W ligado a uma tensão de rede de 120 V. Repetir para 220 V. Considere que não há variação da resistência elétrica do chuveiro com a temperatura.

Exemplo 2.3: Qual é a potência dissipada em um resistor de 560 Ω pelo qual circula uma corrente de 20 mA?

Exemplo 2.4: Considere um elemento passivo cuja tensão em seus terminais é 4 V e que é percorrido por uma corrente de 10 A. a) Calcule a potência absorvida pelo elemento. b) Qual é a energia absorvida por ele em 10 s?

Exemplo 2.5: Um medidor de energia em kWh está instalado em um circuito que contém apenas uma lâmpada incandescente de 110W/220V. Supondo que resistência da lâmpada seja invariável com a temperatura, calcule a leitura no medidor de energia se a lâmpada ficar acesa durante 44 dias e a tensão do circuito for de 200V.

2.4 Linearidade

Os métodos de análise dessa disciplina aplicam-se exclusivamente a circuitos lineares.

Elementos lineares são aqueles cujo gráfico abscissa e ordenada formam uma reta. Esses elementos satisfazem simultaneamente a dois princípios: superposição e homogeneidade que são explicados nos itens a e b que se seguem.

a) Superposição

- Se for aplicada uma tensão V_a nos terminais de um determinado elemento de circuito, circula-se uma corrente I_a por um outro determinado elemento do circuito;
- Se for aplicada uma tensão V_b nos terminais de um determinado elemento de circuito, circula-se uma corrente I_b por um outro determinado elemento do circuito.
- Se for aplicada uma tensão $V_a + V_b$ nos terminais de um determinado elemento de circuito, circula-se uma corrente $I_a + I_b$ por um outro determinado elemento do circuito.

b) Homogeneidade

- Se for aplicada uma tensão V_a nos terminais de um determinado elemento de circuito, circula-se uma corrente I_a por um outro determinado elemento do circuito;
- Se for aplicada uma tensão kV_a nos terminais de um determinado elemento de circuito, circula-se uma corrente kI_a por um outro determinado elemento do circuito.

Exemplo 2.6 Testar a linearidade do modelo do resistor ôhmico.

Exemplo 2.7 Testar a linearidade do modelo $v = i^2$.

2.5 Fontes ideais

Uma fonte é um elemento ativo capaz de gerar energia. Existem dois tipos de fontes ideais:

- (a) *Fonte independente ideal* é um elemento ativo que fornece tensão ou corrente independentemente das outras variáveis do circuito. Os símbolos comumente utilizados para representar as fontes de tensão independentes são mostrados na Figura 2.2a e 2.2b; o símbolo utilizado para representar uma fonte de corrente independente é mostrado na Figura 2.2c.

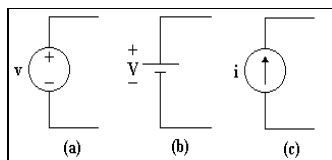


Figura 2.2: Símbolo de uma fonte de tensão e corrente independente

- (b) *Fonte dependente ideal ou fonte controlada ideal* é fonte que estabelece uma tensão ou corrente que depende do valor da tensão ou corrente em um outro ponto do circuito. Sua simbologia é mostrada na figura 2.3.

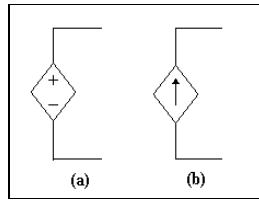


Figura 2.3: Símbolos para: (a) fonte de tensão dependente
(b) fonte de corrente dependente.

Fontes controladas podem ser de quatro tipos:

- *Fonte de tensão controlada por corrente.* A Figura 2.4 mostra esse tipo de fonte. O fator r é denominado transresistência [ohm], pois caracteriza uma tensão devido a uma corrente.

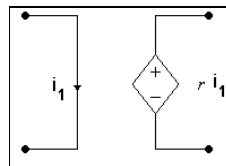


Figura 2.4: Fonte de tensão controlada por corrente.

- *Fonte e tensão controlada por tensão.* A Figura 2.5 mostra esse tipo de fonte. O fator α é denominado ganho de tensão.

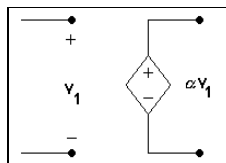


Figura 2.5: Fonte de tensão controlada por tensão.

- *Fonte de corrente controlada por corrente.* A Figura 2.6 mostra esse tipo de fonte. O fator β é chamado ganho de corrente.

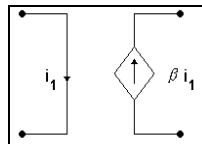


Figura 2.6: Fonte de corrente controlada por corrente.

- *Fonte de corrente controlada por tensão.* A Figura 2.7 mostra um exemplo desse tipo de fonte. A variável g é chamada de transcondutância [siemens], pois caracteriza uma corrente devido uma tensão.

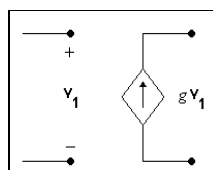


Figura 2.7: Fonte de corrente controlada por tensão.

Exercícios

2.2 Resistor

E2.1 Defina resistor ôhmico.

E2.2 Qual é a equação que relaciona a resistência elétrica com as características construtivas de um elemento?

E2.3 A resistência elétrica depende da temperatura? Justifique.

2.5 Fontes ideais

E2.4 Calcule o valor da tensão v do circuito abaixo, dado que a transcondutância vale 10 A/V .

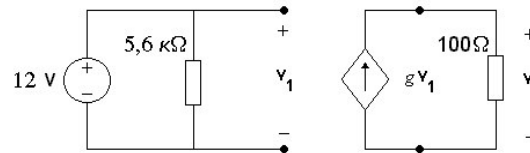


Figura E2.4: circuito para exercício.