



Sumário

1	Conceitos Básicos em Circuitos Elétricos	5
1.1	Engenharia Elétrica: Uma Visão Geral	5
1.2	Unidades do Sistema	6
1.3	Análise de Circuito: Uma Visão Geral	6
1.4	Tensão e Corrente	6
1.5	Elemento Básico Ideal de Circuito	7
1.6	Potência e Energia	7
2	Elementos de Circuitos	9
2.1	Fontes de Tensão e de Corrente	9
2.2	Resistência Elétrica	9
2.3	Leis de Kirchhoff	9
3	Circuitos Resistivos Simples	11
3.1	Resistores em Série	11
3.2	Resistores em Paralelo	11
3.3	Circuitos Divisores de Tensão e de Corrente	11
3.4	Medição de Corrente e de Tensão	11
3.5	Medição de Resistência	11
3.6	Δ -Y	11
4	Técnicas de Análise de Circuitos	13
4.1	Terminologia	13

4.2	Método das Tensões de Nó	13
5	Análise da Potência CA	15
5.1	Potência instantânea e potência média	15
5.2	Transferência de Potência média Máxima	17
5.3	Valor Eficaz ou RMS	17
	Bibliography	19
	Books	19
	Articles	19



1. Conceitos Básicos em Circuitos Elétricos

1.1 Engenharia Elétrica: Uma Visão Geral

O **engenheiro eletricitista** é o profissional que se preocupa com sistemas que produzem, transmitem e medem sinais elétricos. As cinco principais classificações de sistemas elétricos são:

- **Sistemas de Comunicação:** são sistemas elétricos que geram, transmitem e distribuem informações.
- **Sistemas de Computação:** usam sinais elétricos para processar informações, desde palavras até cálculos matemáticos.
- **Sistemas de Controle:** usam sinais elétricos para regular processos, como temperaturas, pressões e escoamento em uma indústria química.
- **Sistemas de Potência:** geram e distribuem energia elétrica. A energia elétrica é gerada por geradores nucleares, elétricos ou térmicos e distribuída por uma rede de condutores.
- **Sistemas de Processamento de Sinais:** agem sobre sinais elétricos que representam informação. Eles transformam os sinais e a informação neles contidas em uma forma mais adequada.

Definition 1.1.1 — Circuito Elétrico. Um **circuito elétrico** é um modelo matemático que sem comporta aproximadamente como um sistema elétrico real.

Três premissas nos permitem utilizar a teoria de circuitos para estudar um sistema físico representado por um circuito elétrico:

1. Efeitos elétricos acontecem instantaneamente em todo o sistema;
2. A carga líquida em cada componente do sistema é sempre zero;
3. Não há nenhum acoplamento magnético entre os componentes de um sistema.

A seguir temos alguns procedimentos gerais para a resolução de problemas:

1. Identifique o que é dado e o que tem que ser encontrado;
2. Desenhe um diagrama do circuito ou outro modelo visual;
3. Consulte vários métodos de solução e decida pelo que parece mais apropriado para a situação;
4. Encontre uma solução;
5. Teste sua solução.

1.2 Unidades do Sistema

O **Sistema Internacional de Unidade (SI)** habilita os engenheiros a comunicarem resultados quantitativos; As unidades básicas do SI são baseadas em sete quantidades: comprimento (metro - m), massa (quilograma - kg), tempo (segundo - s), corrente elétrica (ampère - A), temperatura termodinâmica (kelvin - K), quantidade de matéria (mol) e intensidade luminosa (candela - cd). Algumas unidades derivadas do SI são: frequência (hertz - s^{-1}), força (newton (N) - $kg \cdot m/s^2$).

1.3 Análise de Circuito: Uma Visão Geral

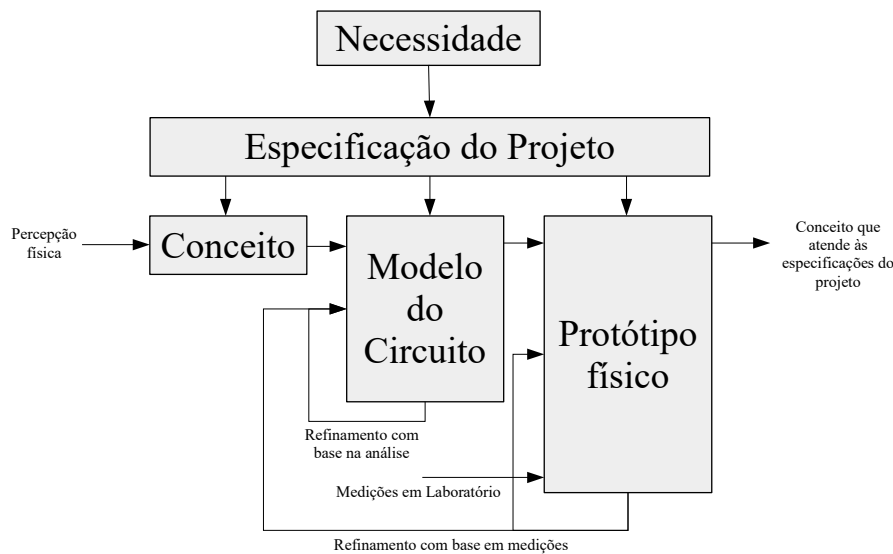


Figura 1.1: Visão Geral da Análise de Circuitos

1.4 Tensão e Corrente

Características da carga elétrica:

1. A carga elétrica é bipolar, o que significa que efeitos elétricos são descritos em termos de cargas negativas e positivas.
2. A carga elétrica existe em quantidades discretas, que são múltiplos inteiros da carga eletrônica, 1.6022×10^{-19} .
3. Efeitos elétricos são atribuídos tanto à separação entre cargas, quanto a cargas em movimento.

Na teoria de circuitos, a separação entre cargas dá origem a uma força elétrica (tensão), e seu movimento dá origem a um fluxo elétrico (corrente). A análise de circuitos é baseada nestas duas variáveis.

A análise de circuitos é baseada nas variáveis tensão e corrente.

Definition 1.4.1 — Tensão. Tensão é a energia por unidade de carga criada pela separação entre cargas. Sua unidade é o *volt*. Expressamos essa razão em forma de diferencial:

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (1.1)$$

onde v é tensão em volt (V), w é a energia em joule (J) e q é a carga em coulomb (C).

Definition 1.4.2 — Corrente. Corrente é a taxa de fluxo de carga em movimento em relação ao tempo. Sua unidade é o *ampére*. Expressamos essa razão em forma de diferencial:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

onde i é a corrente em ampére (A), q é a carga em coulomb (C) e t é o tempo em segundo (s).

1.5 Elemento Básico Ideal de Circuito

O **elemento básico ideal de circuito** é um componente com dois terminais que não pode ser subdividido; ele pode ser descrito matematicamente em termos da tensão e da corrente em seus terminais.

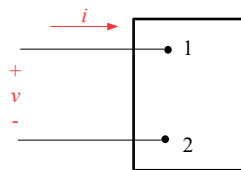


Figura 1.2: Elemento Ideal de Circuito

A **convenção passiva** usa um sinal positivo na expressão que relaciona a tensão e a corrente nos terminais de um elemento quando a direção de referência para a corrente que passa pelo elemento está na direção da queda de tensão de referência no elemento.

Exercise 1.1 A corrente nos terminais de um elemento é dada por:

$$\begin{cases} i = 0 & t < 0 \\ i = 20e^{-5000t} & t \geq 0 \end{cases}$$

Calcule a carga total (em microcoulombs) que entra em seu terminal. ■

Exercise 1.2 A expressão para a carga que entra no terminal superior de um elemento ideal de circuito é

$$q = \frac{1}{\alpha^2} - \left(\frac{t}{\alpha} + \frac{1}{\alpha^2} \right) e^{-\alpha t} [C]$$

Determine o valor máximo da corrente elétrica que entra no terminal se $\alpha = 0.03679s^{-1}$ ■

1.6 Potência e Energia

Definition 1.6.1 — Potência. Potência é a taxa de variação temporal do gasto ou da absorção de energia. É a energia por unidade de tempo e é igual ao produto da tensão e da corrente nos terminais. Sua unidade no SI é o watt (W).

$$p = \frac{dw}{dt} \quad (1.3)$$

A potência decorrente do fluxo de carga vem da definição:

$$p = \frac{dw}{dt} = \frac{dw}{dq} \cdot \frac{dq}{dt} = v \cdot i$$

$$p = v \cdot i \tag{1.4}$$



2. Elementos de Circuitos

2.1 Fontes de Tensão e de Corrente

Uma fonte elétrica é um dispositivo capaz de converter energia não elétrica em energia elétrica. Uma fonte ideal de tensão é um elemento de circuito que mantém uma tensão prescrita em seus terminais independentemente da corrente que flui sobre eles. Uma fonte ideal de corrente mantém uma corrente prescrita em seus terminais independentemente da tensão sobre eles.

Uma fonte independente estabelece

2.2 Resistência Elétrica

Definition 2.2.1 — Resistência. Resistência é a capacidade dos materiais de impedir o fluxo de corrente ou, mais especificamente, o fluxo de carga elétrica. O elemento de circuito usado

para modelar esse comportamento é o **resistor**. 

Para fins de análise de circuitos, devemos referir à corrente no resistor à tensão terminal. A relação entre a tensão e a corrente em um resistor é:

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

Esta equação é conhecida como **Lei de Ohm**.

2.3 Leis de Kirchhoff

Diz-se que um circuito está resolvido quando a tensão nos terminais de cada elemento e a corrente correspondente foram determinadas.

Circuitos são descritos por nós e caminhos fechados. Um **nó** é um ponto no qual dois ou mais elementos de circuito se unem.



3. Circuitos Resistivos Simples

3.1 Resistores em Série

Elementos de circuito ligados em série conduzem a mesma corrente.

3.2 Resistores em Paralelo

Elementos de circuito ligados em paralelo têm a mesma tensão em seus terminais

3.3 Circuitos Divisores de Tensão e de Corrente

3.4 Medição de Corrente e de Tensão

3.5 Medição de Resistência

3.6 Δ -Y



4. Técnicas de Análise de Circuitos

4.1 Terminologia

4.2 Método das Tensões de Nó



5. Análise da Potência CA

5.1 Potência instantânea e potência média

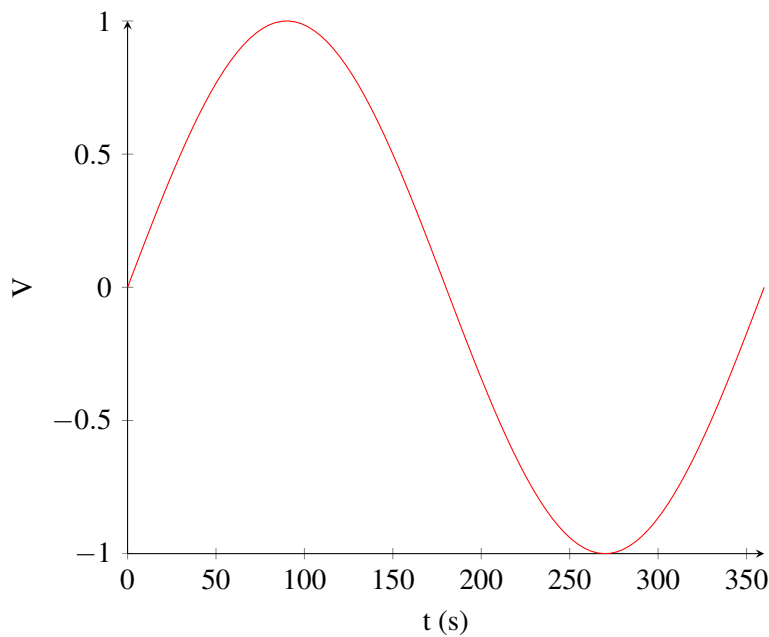
A **potência instantânea**, $p(t)$, em watts, é a taxa na qual um elemento absorve energia. É a potência a qualquer instante.

$$p(t) = v(t) \cdot i(t) \quad (5.1)$$

Considerando $v(t) = V_m \cos(\omega t + \theta_v)$ e $i(t) = I_m \cos(\omega t + \theta_i)$ e aplicando uma identidade trigonométrica ¹, podemos expressar a potência como:

$$p(t) = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_v - \theta_i) + \cos(2\omega t + \theta_v + \theta_i) \quad (5.2)$$

¹ $\cos(A)\cos(B) = \frac{1}{2}\cos(A-B) + \frac{1}{2}\cos(A+B)$



A **potência média**, em watts, é a média da potência instantânea ao longo de um período.

$$P = \frac{1}{2} \int_0^T p(t) dt \quad (5.3)$$

Para a expressão na Equação 5.2, temos que:

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m \cos(\theta_v - \theta_i) \quad (5.4)$$

<demonstração>

Note que $p(t)$ varia com o tempo, ao passo que P não.

As formas fasoriais de $v(t)$ e $i(t)$ são, respectivamente, $\mathbf{V} = V_m \angle \theta_v$ e $\mathbf{I} = I_m \angle \theta_i$. Para usar fasores, percebemos que:

$$\frac{1}{2} \mathbf{V} \mathbf{I}^* = \frac{1}{2} = V_m I_m \angle \theta_v - \theta_i \quad (5.5)$$

$$= \frac{1}{2} V_m I_m [\cos(\theta_v - \theta_i) + j \sin(\theta_v - \theta_i)] \quad (5.6)$$

Reconhecemos a parte real dessa expressão como a potência média, P .

Em um circuito resistivo, $\theta_v = \theta_i$, então, $\cos(\theta_v - \theta_i) = 1$, nos dando

$$P = \frac{1}{2} V_m I_m = \frac{1}{2} I_m^2 R \quad (5.7)$$

Quando $\theta_v - \theta_i = +90^\circ$, temos que $\cos(\theta_v - \theta_i) = 0$. Então, em um circuito putamente reativo, a potência média é zero.

<3 exemplos>

5.2 Transferência de Potência média Máxima

Considere o equivalente de Thévenin de um circuito:

<figura>

Na forma retangular, as impedâncias são:

$$Z_{Th} = R_{Th} + jX_{Th} \quad (5.8)$$

$$Z_L = R_L + jX_L \quad (5.9)$$

A corrente através da carga será:

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}_{Th}}{Z_{Th} + Z_L} = \frac{\mathbf{V}_{Th}}{(R_{Th} + R_L) + j(X_{Th} + X_L)} \quad (5.10)$$

A potência média na carga então será

$$P = \frac{1}{2} |\mathbf{I}|^2 \cdot R_L = \frac{|\mathbf{V}_{Th}|^2 R_L / 2}{(R_{Th} + R_L)^2 + (X_{Th} + X_L)^2} \quad (5.11)$$

Tomando $\partial P / \partial R_L$ e $\partial P / \partial X_L$ e igualando ambas expressões a zero, vamos ter:
Combinando as Equações, conclui-se que para haver a máxima transferência,

$$Z_L = Z_{Th}^* \quad (5.12)$$

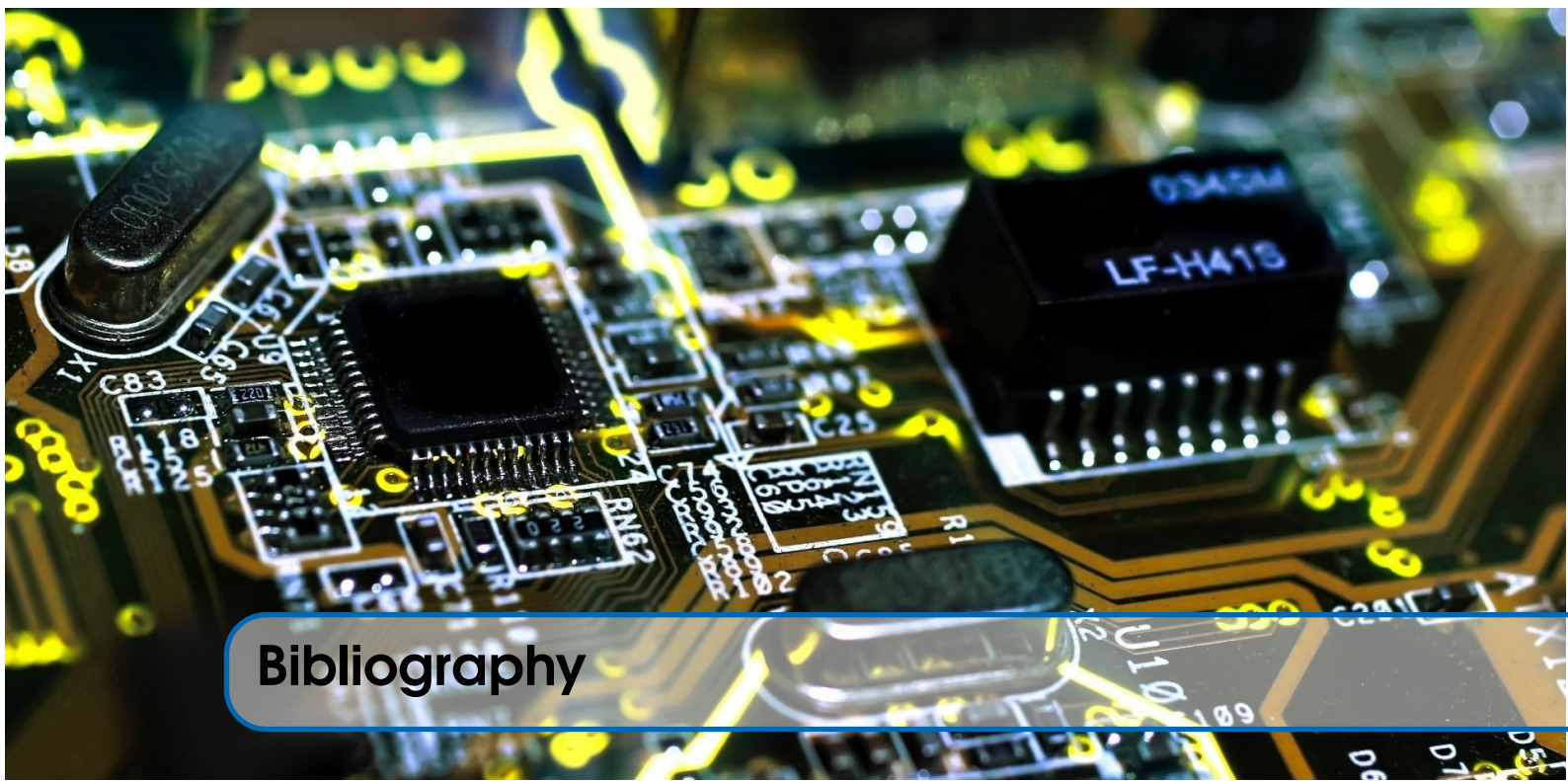
Fazendo $Z_L = Z_{Th}^*$ na Equação (5.11), vamos obter a potência média máxima na carga:

$$P_{\text{máx}} = \frac{|\mathbf{V}_{Th}|^2}{8R_{Th}} \quad (5.13)$$

<exemplos>

5.3 Valor Eficaz ou RMS

Valor eficaz de uma corrente periódica é a corrente



Bibliography

Books

Articles

