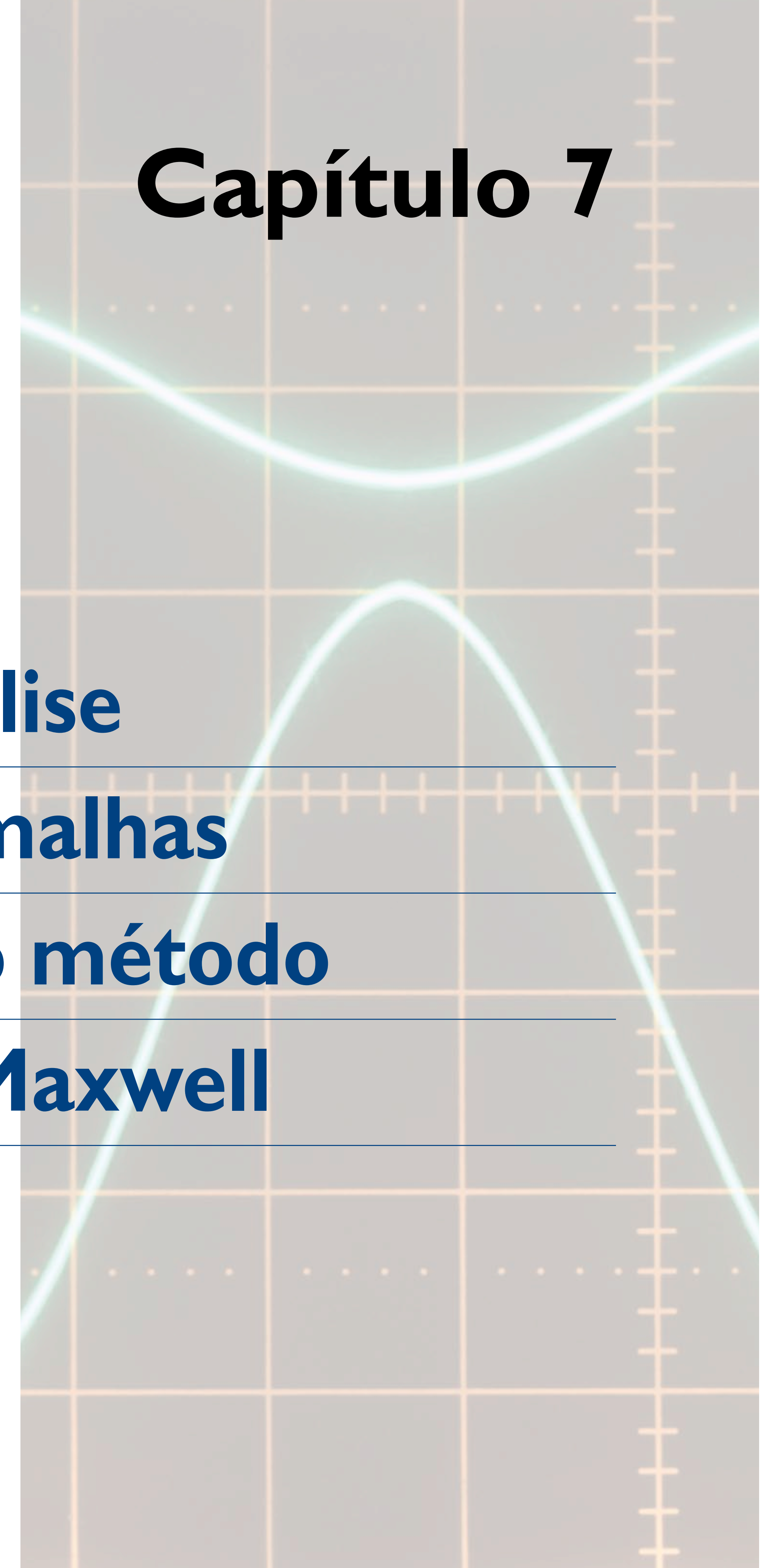
Isso significa que o sentido de I_2 adotado no início do exemplo é o inverso do real. No entanto, para a resolução matemática do sistema, mantém-se o sinal obtido em I_2. Logo, substituindo o valor de I_2 nas equações 6.2 e 6.3 obtemos os valores das correntes I_1 e I_3:

$$I_1 = 2 \cdot (-2{,}4) + 4 = -\,0{,}8\ \text{A}$$

$$I_3 = 2 \cdot (-2{,}4) + 8 = 3{,}2\ \text{A}$$

Portanto, também I_1 tem sentido contrário ao adotado no início do exemplo, ao passo que I_3 está com o sentido correto.

Analisando os resultados obtidos, conclui-se que o gerador de 40 V prevalece sobre o de 25 V, por causa da orientação de ambos. A parcela de I_1 devida ao gerador de 40 V é maior que a do gerador de 25 V (o que pode ser analisado pelo método da superposição de efeitos, que será estudado no capítulo 8).



Capítulo 7

Análise de malhas pelo método de Maxwell

Nesse método, cada malha de um circuito (interna ou externa) é percorrida por uma corrente de malha, denominada corrente fictícia de Maxwell. A vantagem em aplicá-lo na resolução de um circuito está no menor número de equações e, portanto, de incógnitas para determinar a intensidade das correntes que o atravessam.

No procedimento proposto por Maxwell, não se utiliza a lei dos nós, a não ser para verificação dos resultados. No final dos cálculos, é necessário analisar algumas correntes de ramo, pois elas são a combinação de duas correntes fictícias de Maxwell ou correntes de malha.

7.1 Resolução de circuitos pelo método de Maxwell

Da mesma forma que no método de Kirchhoff, determinam-se os nós, ramos e malhas do circuito, em particular as malhas internas. Em seguida, adota-se arbitrariamente um sentido para as correntes em todos os ramos. Como no método de Kirchhoff, se ao final da resolução a corrente tiver sinal negativo, isso significa que a corrente real tem valor igual ao da corrente calculada, mas sentido oposto.

1. Adota-se um sentido para cada corrente fictícia de malha interna existente no circuito. Para diferenciar as correntes de ramo das correntes de malha, representam-se estas últimas por letras gregas (α, β etc.). Então, deixam-se de lado as correntes de ramo, que serão utilizadas apenas na análise final da solução.

2. Montam-se, com base na segunda lei de Kirchhoff, equações de tensões para as malhas internas do circuito. O sentido dessas tensões segue a orientação das correntes de malha adotadas (fictícias).

Critérios para montagem das equações de malhas

1. Em um membro da equação, são dispostas as tensões dos geradores e receptores da malha; no outro, as tensões dos vários componentes (resistências).

2. Para a montagem da equação de cada malha, usa-se como referência a corrente fictícia que a percorre. Se, por exemplo, a corrente da malha 1 for α, ela será a referência – as tensões produzidas por α serão positivas. Como existem ramos que pertencem a duas malhas simultaneamente, o efeito da corrente da outra malha deve ser levado em consideração. As tensões dos geradores do ramo comum são consideradas uma única vez.

3. Para os geradores, vale o sinal do polo de onde sai a corrente da malha em estudo. Suponhamos, por exemplo, que a malha 1 seja percorrida pela corrente de referência α. Se a corrente, em seu percurso, "sair" pelo polo positivo de um gerador, atribui-se sinal positivo; se ela "entrar" no polo positivo, a tensão recebe sinal negativo.

4. Resolve-se o sistema de equações e determinam-se os valores das correntes de malha existentes (α, β, γ etc.).

5. Obtidos esses valores, montam-se as equações para as correntes de ramo existentes, com os sinais em função das correntes de malha.

Exemplo

Determine as correntes do circuito da figura 7.1, utilizando o método de Maxwell.

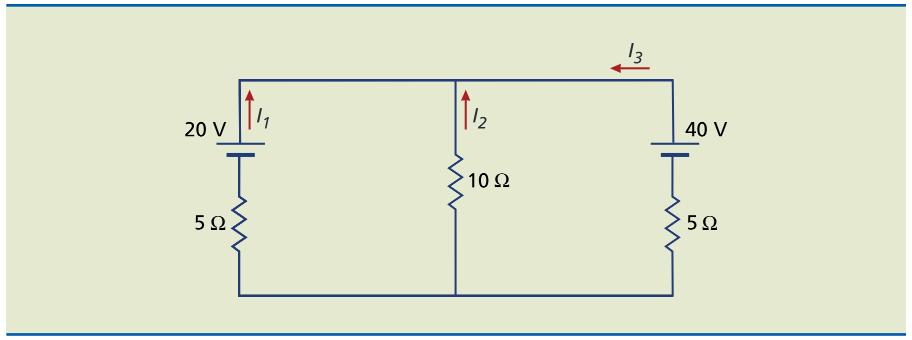


Figura 7.1
Circuito elétrico.

Nota: o circuito utilizado é o mesmo do exemplo do final do capítulo anterior, para facilitar a comparação entre os métodos de Kirchhoff e Maxwell.

Solução:

Adota-se um sentido arbitrário para as correntes das duas malhas internas existentes, conforme indicado na figura 7.2. Não é necessário que as correntes de malha tenham o mesmo sentido.

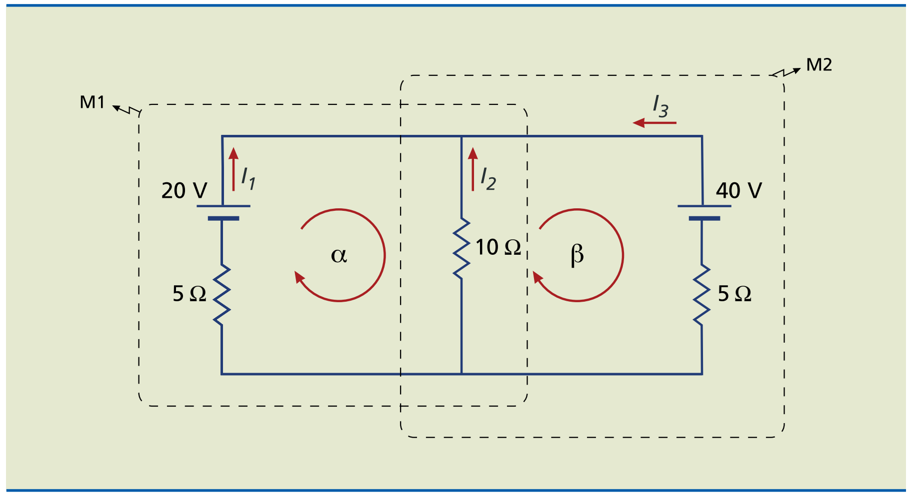


Figura 7.2
Circuito com duas malhas internas: M_1 e M_2.

- Malha 1 (M_1)

$$10\alpha + 5\alpha - 10\beta = 20$$

$$15\alpha - 10\beta = 20$$

Podemos simplificar a equação, dividindo ambos os membros por 5:

$$3\alpha - 2\beta = 4 \quad (7.1)$$

- Malha 2 (M_2)

$$10\beta + 5\beta - 10\alpha = -40$$

$$15\beta - 10\alpha = -40$$

Simplificamos a equação, dividindo ambos os membros por 5:

$$-2\alpha + 3\beta = -8 \quad (7.2)$$

Assim, no método de Maxwell obtemos menor número de equações (duas, neste exemplo).

Multiplicando a equação 7.1 por 2 e a 7.2 por 3 e somando ambas, membro a membro, obtém-se:

$$6\alpha - 4\beta - 6\alpha + 9\beta = -16$$

$$5\beta = -16 \quad (7.3)$$

Da equação 7.3, temos:

$$\beta = -\frac{16}{5} \Rightarrow \beta = -3{,}2 \text{ A}$$

Também nesse caso o sinal negativo representa apenas uma inversão no sentido da corrente β.

Substituindo β na equação 7.1:

$$3\alpha - 2 \cdot (-3{,}2) = 4 \Rightarrow \alpha = \frac{4 - 6{,}4}{3} \Rightarrow \alpha = -0{,}8 \text{ A}$$

Montam-se, então, as equações para as correntes de ramo:

$$I_1 = \alpha = -0{,}8 \text{ A (sentido contrário ao adotado)}$$

$$I_2 = -\alpha + \beta = -(-0{,}8) + (-3{,}2) = -2{,}4 \text{ A (sentido contrário ao adotado)}$$

$$I_3 = -\beta = -(-3{,}2) = 3{,}2 \text{ A}$$

Os resultados obtidos são os mesmos da solução pelo método de Kirchhoff, porém com trabalho matemático menor.