



Temática – Circuitos Eléctricos

Capítulo – Teoria dos Circuitos

## DIPOLO ELÉCTRICO

### INTRODUÇÃO

Nesta secção, introduz-se a noção de dipolo eléctrico, define-se corrente eléctrica  $i$  que o percorre e tensão  $u$  aos seus terminais. Deduz-se a expressão da potência que é absorvida ou fornecida pelo dipolo. A potência absorvida é igual ao produto  $u i$  desde que os sentidos de referência da corrente e da tensão tenham sido escolhidos conforme a convenção receptor. Será igual aos simétrico deste produto (tratando-se então, de uma potência fornecida) desde que os sentidos de referência tenham sido escolhidos de acordo com a convenção gerador.



Este projecto é financiado pela União Europeia no âmbito de uma acção Sócrates-Minerva. As informações nele contidas são da exclusiva responsabilidade dos seus autores. A União Europeia declina toda a responsabilidade relativamente ao seu uso.

## 1. NOÇÃO DE DIPOLO

O electromagnetismo está presente na natureza, de diversas formas: electricidade estática, fenómenos de magnetização, queda de raios... Os fenómenos correspondentes podem ser descritos através de equações onde intervêm derivadas parciais das diversas grandezas em jogo; campo magnético, campo eléctrico... Em certas situações, a resolução destas equações, as equações de Maxwell, pode ser tão complexa que se tenha de recorrer a métodos numéricos (método dos elementos finitos, por exemplo).

À escala de frequência dos circuitos eléctricos tratados neste curso, não estão presentes muitos dos fenómenos descritos pelas equações de Maxwell, pelo que o comportamento dos dispositivos eléctricos que serão estudados é bastante mais simples. Genericamente, estes comportamentos poderão ser descritos por correntes eléctricas que circulam através dos terminais de acesso dos dispositivos e por diferenças de potencial aos seus terminais.

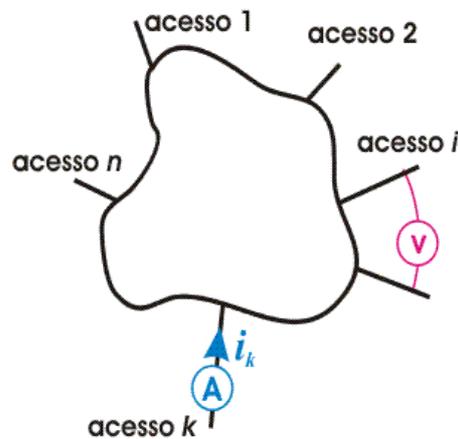


Figura 1 : Multipolo (n-polos)

A diferença de potencial (ou tensão)  $u_{ij}$  entre um terminal  $i$  e um terminal  $j$  mede-se com recurso a um voltímetro e exprime-se em volt (símbolo V). A corrente  $i_k$  que entra (ou sai, segundo a convenção escolhida) do terminal  $k$  mede-se com recurso a um amperímetro e exprime-se em ampere (símbolo : A).

Neste contexto, os componentes eléctricos mais simples são os dipolos. A maior parte dos multipolos pode-se decompor em dipolos elementares.

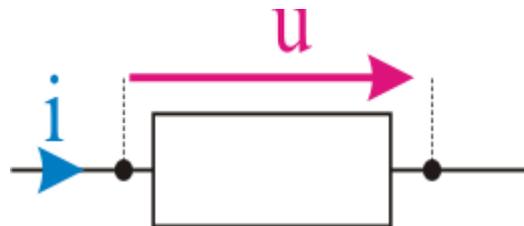


Figura 2: Dipolo

Um dipolo, caracteriza-se pela corrente  $i$  que o percorre e pela tensão  $u$  aos seus terminais.

## 2. CORRENTE NUM DIPOLO

No âmbito deste curso, pode afirmar-se que a corrente eléctrica é devida ao deslocamento de electrões pelo que a corrente que entra no terminal A tem de ser igual à corrente que sai no terminal B.

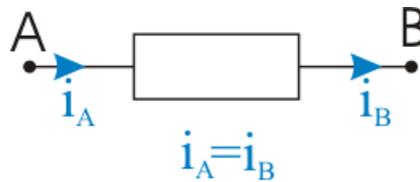


Figura 3: Corrente num dipolo

A corrente  $i$  que percorre um dipolo, corresponde à quantidade de carga eléctrica  $q$  que atravessa esse dipolo, por unidade de tempo:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

corrente de um ampere (1 A) corresponde à passagem de 1 coulomb (1 Cb) por segundo. O sentido de referência da passagem de corrente, pode ser escolhido de forma arbitrária: se a corrente passa efectivamente no sentido escolhido, o seu valor (a sua intensidade) é positiva; se passa no sentido contrário, é negativa.

*NOTA: Tendo em conta que nos condutores metálicos habituais, os portadores de carga são electrões (cargas negativas), a passagem de A para B de uma corrente positiva de 1 A, corresponde, fisicamente, à passagem de B para A de um conjunto de electrões que totaliza, num segundo, uma carga de  $-1$  Cb.*

## 3. DIFERENÇA DE POTENCIAL AOS TERMINAIS DE UM DIPOLO

O trabalho produzido pela passagem de cargas através de um elemento, traduz-se por uma diferença de potencial entre os terminais desse elemento.

A absorção pelo elemento, de uma energia eléctrica de um Joule (1 J) quando uma carga de um Coulomb (1 Cb) passa de A para B, provem de uma diferença de potencial  $u$  de um volt (1V) medida entre A e B (o potencial  $V_A$  do terminal A está 1 V mais elevado do que o potencial  $V_B$  do terminal B).

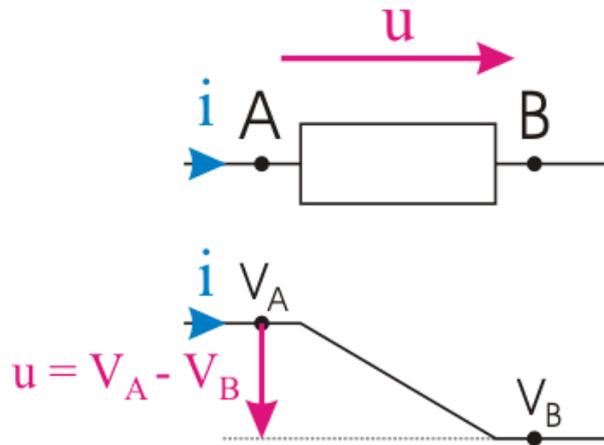


Figure 4: Diferença de potencial medida entre o terminal A e o terminal B

Se, pelo contrário, o elemento fornece uma energia de um Joule (1 J) quando uma carga de um Coulomb passa de A para B, essa energia provem de uma diferença de potencial  $u$  de um volt (1V) medida entre B e A (o potencial  $V_A$  do terminal A está 1 V mais baixo do que o potencial  $V_B$  do terminal B ).

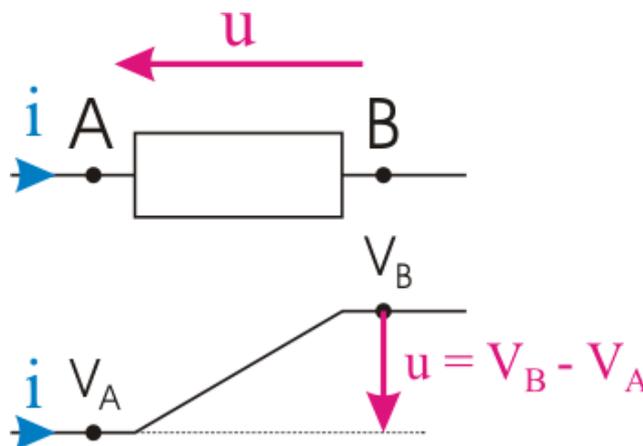


Figura 5: Diferença de potencial medida entre o terminal A e o terminal B

Quando o elemento absorve energia, o potencial do terminal de entrada da corrente é superior ao potencial do terminal de saída. Quando o dipolo fornece energia, o potencial do terminal de entrada de corrente é inferior ao do terminal de saída .

A diferença de potencial aos terminais de um dipolo também se pode designar por tensão aos terminais desse elemento. O sentido de referência desta tensão, pode ser escolhido arbitrariamente: se o potencial do terminal “+” é, efectivamente, superior ao do terminal “-“, a tensão é positiva; caso contrário, é negativa.

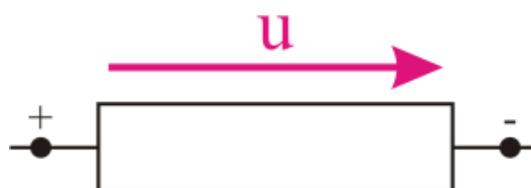


Figura 6: Animação “Tensão aos terminais de um dipolo”

#### 4. POTÊNCIA NUM DIPOLO

Por definição de tensão aos terminais de um dipolo, a energia  $dW$  absorvida ou fornecida por um dipolo num intervalo de tempo  $dt$  é igual ao produto da carga  $dq$  que o atravessa, pela diferença de potencial  $u$  aos seus terminais:

$$dW = u dq$$

Por definição de corrente que atravessa um dipolo, tem-se:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

Pelo que resulta que a potência  $p$  absorvida ou produzida pelo dipolo, vem :

$$dW = p dt \Rightarrow u dq \Rightarrow u i dt = p dt \Rightarrow p = u i$$

Para saber se o produto  $u i$  corresponde a uma energia absorvida ou produzida, há que ter em conta os sentidos de referência escolhidos para a corrente e para a tensão aos terminais do dipolo.

#### 5. CONVENÇÃO RECEPTOR

Os sentidos de referência das tensões e correntes são escolhidos conforme se representa no esquema da figura 7.

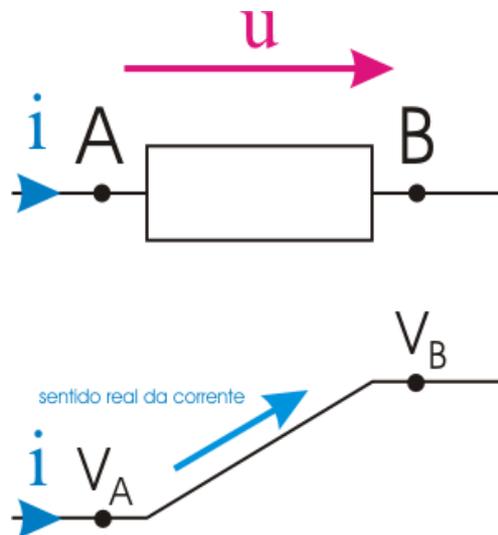


Figura 7: Animação “Convenção receptor”

Com o sentido de referência escolhido para a tensão, uma tensão  $u$  positiva, significa que o potencial  $V_A$  do terminal A é superior ao potencial  $V_B$  do terminal B. Com o sentido de referência escolhido para a corrente, uma corrente  $i$  positiva corresponde a um movimento de cargas positivas de A para B. Sendo o potencial do terminal de entrada, superior ao do terminal de saída da corrente, o dipolo absorve potência eléctrica. O produto  $u i$  é positivo.

Se  $u$  é positivo e  $i$  é negativo, o potencial do terminal de entrada da corrente é inferior ao do terminal de saída. O dipolo fornece potência eléctrica. O produto  $u i$  é negativo.

Se  $u$  é negativo e  $i$  é positivo, a transferência de cargas faz-se do terminal ao potencial mais baixo, para o terminal a potencial mais elevado. O dipolo fornece potência eléctrica. O produto  $u i$  é negativo.

Finalmente, se  $u$  e  $i$  são negativos, a transferência de cargas faz-se do terminal ao potencial mais elevado, para o terminal a potencial mais baixo. O dipolo absorve potência eléctrica. O produto  $u i$  é positivo.

Com a convenção representada na figura 7, um produto  $p = u i$  positivo, corresponde a uma absorção de potência eléctrica por parte do dipolo. Um produto  $p = u i$  negativo, corresponde ao fornecimento de potência eléctrica; neste caso, fala-se de convenção receptor. Habitualmente, esta convenção é escolhida para todos os dipolos que absorvam energia (resistências, indutâncias, condensadores, de facto, todas as cargas eléctricas, resistências de aquecimento, lâmpadas, motores, etc.).

## 6. CONVENÇÃO GERADOR

Os sentidos de referência das tensões e correntes são escolhidos conforme se representa no esquema da figura 8.

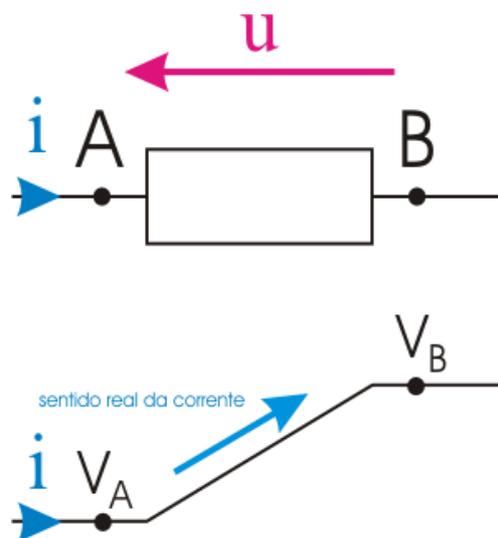


Figura 8: Animação “Convenção gerador”

Com o sentido de referência escolhido para a tensão, uma tensão  $u$  positiva, significa que o potencial  $V_B$  do terminal B é superior ao potencial  $V_A$  do terminal A. Com o sentido de referência escolhido para a corrente, uma corrente  $i$  positiva corresponde a um movimento de cargas positivas de A para B. Sendo o potencial do terminal de entrada, inferior ao do terminal de saída da corrente, o dipolo fornece potência eléctrica. O produto  $u i$  é positivo.

Se  $u$  é positivo e  $i$  é negativo, o potencial do terminal de entrada da corrente é superior ao do terminal de saída. O dipolo absorve potência eléctrica. O produto  $u i$  é negativo.

Se  $u$  é negativo e  $i$  é positivo, a transferência de cargas faz-se do terminal ao potencial mais elevado, para o terminal a potencial mais baixo. O dipolo absorve potência eléctrica. O produto  $u i$  é negativo.

Finalmente, se  $u$  e  $i$  são negativos, a transferência de cargas faz-se do terminal ao potencial mais baixo, para o terminal a potencial mais elevado. O dipolo fornece potência eléctrica. O produto  $u i$  é positivo.

Com a convenção da figura 8 um produto positivo, corresponde a um fornecimento de potência eléctrica por parte do dipolo. Um produto negativo, corresponde à absorção de potência eléctrica; neste caso, fala-se de convenção receptor. Habitualmente, esta convenção é escolhida para todos os dipolos que forneçam energia (fontes de tensão e corrente, pilhas, baterias e outros geradores eléctricos, etc.

Com a convenção da figura 8, um produto  $p = u i$  positivo, corresponde a um fornecimento de potência eléctrica por parte do dipolo. Um produto  $p = u i$  negativo, corresponde à absorção de potência eléctrica; neste caso, fala-se de convenção receptor. Habitualmente, esta convenção é escolhida para todos os dipolos que forneçam energia (fontes de tensão e corrente, pilhas, baterias e outros geradores eléctricos, etc.