

## Exp. 6 - Verificação experimental do teorema de Thevenin

S.J.Troise

### 6.1 Fundamentos

O Teorema de Thevenin se constitui num recurso que permite, de forma simples e rápida, determinar a tensão e a corrente entre dois pontos de um circuito, sem a aplicação das leis de Kirchhoff, as quais resultam, normalmente, num sistema de equações.

O Teorema de Thevenin se aplica a um circuito constituído de bipolos lineares, isto é, que obedecem à Lei de Ohm. A aplicação deste teorema é feita a partir, como veremos abaixo, de duas regras, a partir das quais a tensão e a corrente num componente do circuito são determinadas. A demonstração deste teorema foge do objetivo deste texto.

Consideremos um circuito constituído de bipolos lineares e seja A e B dois pontos desse circuito entre os quais existe um componente bipolar X. O Teorema de Thevenin afirma que a ação do circuito sobre o componente X pode ser substituída por uma única fonte de tensão, chamada tensão de Thevenin, representada por  $E_{th}$ , em série com uma única resistência, chamada resistência de Thevenin, representada por  $R_{th}$ . Nestas condições a tensão e a

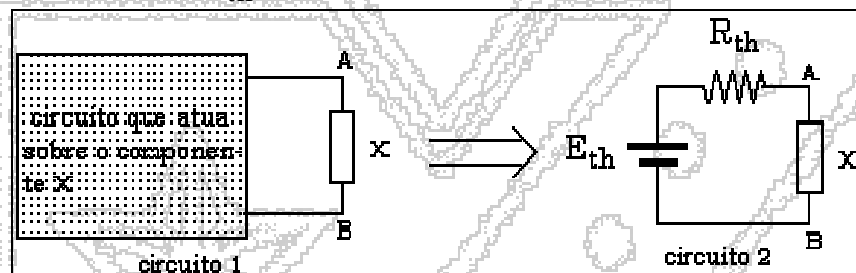


Figura 6-1

corrente no componente X serão as mesmas que aquelas existentes no circuito original.

Observe que na condição do circuito 1, existirão sobre o bipolo X uma corrente e uma tensão definidas. O Teorema de Thevenin estabelece que esta tensão e esta corrente podem ser calculadas a partir do circuito 2 muito mais simples.

A tensão e a corrente de Thevenin são determinadas a partir das seguintes regras:

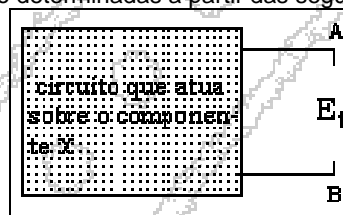


Figura 6-2

1- A tensão  $E_{th}$  é aquela que se obtém abrindo-se o circuito entre os pontos A e B, isto é retirando-se o componente X do circuito;

2- A resistência de Thevenin é aquela que se obtém entre os pontos A e B quando se retira o componente X do circuito, eliminando-se todas as fontes do circuito, isto é curto-circuitando-se as fontes para efeito de cálculo.

Observando o circuito 2 verificamos que, se o bipolo X for uma resistência de valor  $R_X$  a corrente no mesmo será

$$I = \frac{E_{th}}{R_X + R_{th}}$$

Equação 6-1

Façamos uma aplicação prática destas regras. Para isto consideremos o circuito abaixo e apliquemos o Teorema de Thevenin entre os pontos A e B onde o componente X é um resistor de resistência  $R = 15\Omega$

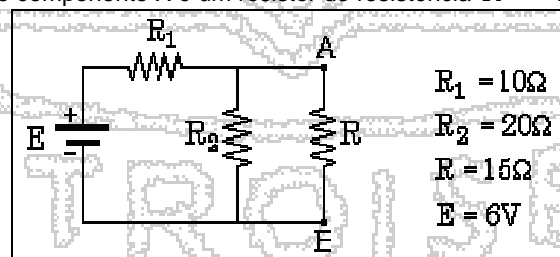


Figura 6-3

Aplicar o Teorema de Thevenin é transformar o circuito acima em um circuito mais simples, conforme circuito 2 da figura 1, aplicando as duas regras colocadas acima.

Aplicando a primeira regra, devemos calcular a tensão de Thevenin  $E_{th}$ : abrindo o circuito entre os pontos A e B, isto é, retirando-se do circuito a resistência  $R$ . Podemos então calcular  $E_{th}$ . Observe que o circuito fica:

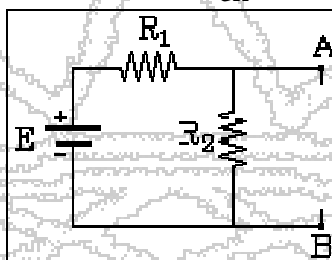


Figura 6-4

Neste circuito tem-se:

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{6}{10 + 20} = 0,20\text{mA}$$

e portanto  $E_{th} = R_2 \cdot I = 20 \cdot 0,20 = 4\text{V}$

Apliquemos agora a segunda regra calculando  $R_{th}$ : abrindo o circuito entre os pontos A e B, isto é retirando-se a resistência  $R$  e eliminando-se a fonte existente no circuito o circuito fica como mostrado ao abaixo.

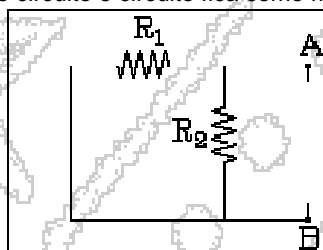


Figura 6-5

Neste circuito as resistências estão em paralelo e portanto a resistência vista entre os terminais A e B, que é a resistência de Thevenin, é dada por::

$$R_{th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{10 \cdot 20}{10 + 20} = 6,67\Omega$$

O circuito correspondente de Thevenin é então:

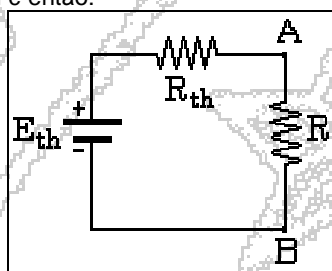


Figura 6-6

Neste circuito é fácil calcular a corrente:

$$I = \frac{E_{th}}{R + R_{th}} = \frac{4}{6,67 + 15} = 0,18\text{A}$$

e a tensão sobre o resistor  $R$  é:

$$V = R \cdot I = 15 \cdot 0,18 = 2,7\text{V}$$

Resolvamos agora o mesmo problema pela aplicação das Leis de Kirchhoff. Para isto, observemos o circuito abaixo: Aplicando-se as Leis de Kirchhoff, conforme mostrado na figura abaixo:

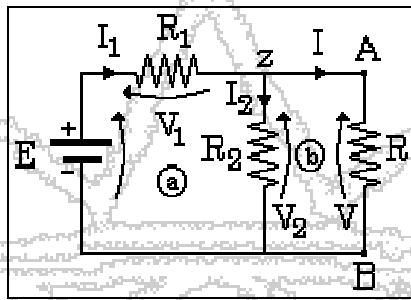


Figura 6-7

Na malha (a):  $6 = 10 \cdot I_1 + 20 \cdot I_2$  (1)

Na malha (b):  $0 = -15 \cdot I + 20 \cdot I_2$  (2)

No nó Z:  $I_1 = I_2 + I$  (3)

Resolvendo o sistema: (2)  $\Rightarrow I_2 = \frac{15}{20} \cdot I = \frac{3}{4} \cdot I$  substituindo

$\Rightarrow$  (3)  $I_1 = \frac{3}{4} \cdot I + I = \frac{7}{4} \cdot I$

Substituindo na

$\Rightarrow$  (1)  $6 = 10 \cdot \left(\frac{7}{4} \cdot I\right) + 20 \cdot \left(\frac{3}{4}\right) \cdot I = \frac{130}{4} \cdot I$

onde finalmente:

$$I = \frac{24}{130} \text{ A} = 0,18\text{A}$$

que é o valor já obtido para a corrente na solução pelo Teorema de Thevenin o que verifica numericamente a sua exatidão.

### 6.2 A reta de carga

Um aspecto interessante da aplicação do Teorema de Thevenin é a possibilidade de se conhecer a tensão e a corrente sobre qualquer resistor colocado entre os pontos A e B. Isto ocorre porque é possível determinar-se a chamada reta de carga.

Observemos o circuito 2. Para ele podemos escrever que a corrente sobre o resistor R é dada por  $I = \frac{E_{th}}{R + R_{th}}$

o que permite escrever que  $R \cdot I + R_{th} = E_{th}$  ou  $R \cdot I = E_{th} - R_{th} \cdot I$ . Porém  $V = R \cdot I$  é a tensão sobre o resistor. Teremos então:

$$V = E_{th} - R_{th} \cdot I$$

A reta correspondente a esta equação recebe o nome de reta de carga que é facilmente obtida fazendo-se  $I = 0$ , ou seja, abrindo o trecho AB e  $V = 0$  curto circuitado-se o trecho AB, conforme mostrado na figura ao lado.

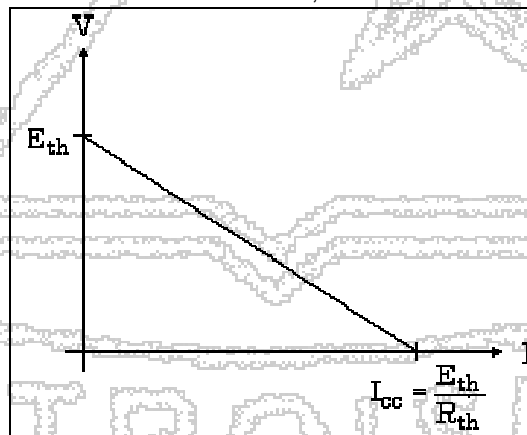


Figura 6-8

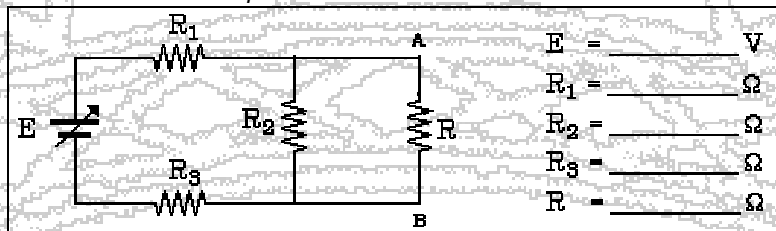
Esta curva tem particular importância pois a partir dela se pode se conhece a relação entre a tensão e a corrente entre os dois pontos A e B circuito.

### 6.3 Objetivos da experiência

O objetivo desta experiência é fazer uma verificação prática do Teorema de Thevenin. Para isto vamos efetuar as medidas da tensão e da corrente de Thevenin, comparando os resultados obtidos com aqueles que são determinados experimentalmente.

### 6.4 Procedimento experimental

6.4.1.1 ( ) Monte o circuito abaixo, anotando os valores dos componentes utilizados. Neste circuito vamos determinar a corrente e a tensão sobre o resistor  $R$  localizado entre os pontos A e B.



$E =$  \_\_\_\_\_ V  
 $R_1 =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$   
 $R_2 =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$   
 $R_3 =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$   
 $R =$  \_\_\_\_\_  $\Omega$

Figura 6-9

6.4.1.2 ( ) Meça então a corrente e a tensão sobre o resistor em questão, anotando-os

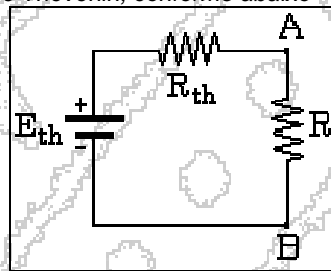
$I_{med} =$ _____	$V_{med} =$ _____
-------------------	-------------------

6.4.1.3 ( ) Utilizando as regras de aplicação de Thevenin calcule  $R_{th}$  e  $E_{th}$  anotando-os;

$R_{th} =$ _____	$E_{th} =$ _____
------------------	------------------

Compare este valor com aquele obtido anteriormente através de medida direta.

6.4.1.4 ( ) Monte então o circuito equivalente de Thevenin, conforme abaixo



6.4.1.5 ( ) Meça neste circuito a tensão e a corrente sobre o resistor  $R$  anotando-os

$I_{th} =$ _____	$V_{th} =$ _____
------------------	------------------

6.4.1.6 ( ) Analisando o circuito de Thevenin calcule a corrente e a tensão sobre o resistor  $R$ .

$I_{cal} =$ _____	$V_{cal} =$ _____
-------------------	-------------------

6.4.1.7 ( ) Temos agora três tabelas nas quais a tensão e a corrente sobre o resistor  $R$  são apresentadas. Compare os resultados. Será observado que esses resultados coincidem dentro do erro experimental. Isto demonstra experimentalmente a validade do Teorema de Thevenin.

6.4.1.8 ( ) Construa agora a reta de carga correspondente aos pontos A e B do circuito.

6.4.1.9 ( ) A partir dessa reta de carga determine a corrente no trecho AB correspondentes aos valores de  $V$  mostrados na tabela abaixo.

V (V)	I (mA)	R ( $\Omega$ )
$V = 0V$	$I =$ _____	
$V = 0,3 \cdot E_{th} =$ _____	$I =$ _____	
$V = 0,5 \cdot E_{th} =$ _____	$I =$ _____	
$V = 0,7 \cdot E_{th} =$ _____	$I =$ _____	
$V = E_{th} =$ _____	$I =$ _____	

6.4.1.10 ( ) Calcule então os correspondentes valores da resistência que devem ser colocadas entre os pontos A e B para que a situação de cada uma das linhas da tabela acima seja obtida.