



---

## CIRCUITOS ELÉTRICOS

**Teoremas da Máxima Transferência de Potência e da Reciprocidade de Efeitos**

Professor : Adélio José de Moraes  
Engenharia Elétrica

<b>Grupo:</b>	Kaio Saramago	11511EEL013
	Gustavo de Oliveira Machado	11511EEL014
	Matheus Henrique Marconi	11511EEL005
	Raoni Exaltação Masson	11511ETE005

## Sumário

1	Materiais Utilizados: . . . . .	2
2	Procedimento Experimental . . . . .	2
2.1	Teorema da Máxima Transferência de Potência . . . . .	2
2.2	Teorema da Reciprocidade de Efeitos . . . . .	3
3	Conclusão . . . . .	5
4	Bibliografia . . . . .	5

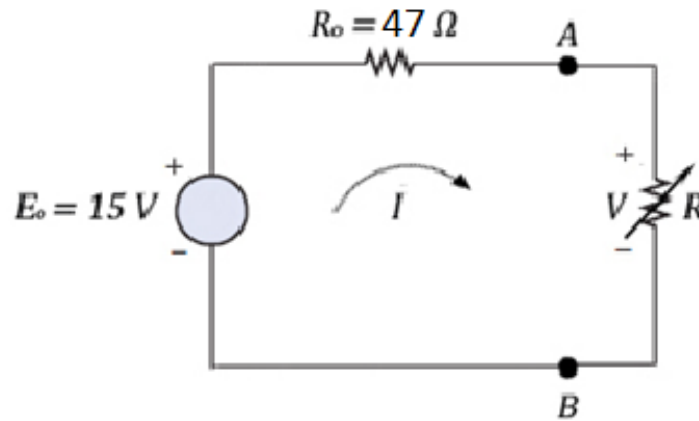
## 1 Materiais Utilizados:

- 1 Protoboard
- 1 Multímetro
- 2 Fontes de Tensão (12V e 15V)
- 4 Resistores (33  $\Omega$ ; 47 $\Omega$ ; 68 $\Omega$  e 100 $\Omega$ )
- 1 Osciloscópio
- Fios de ligação

## 2 Procedimento Experimental

### 2.1 Teorema da Máxima Transferência de Potência

O teorema da máxima transferência de potência nos garante que a máxima potência ocorrerá quando ligarmos aos terminais um elemento passivo de mesmo valor da resistência/condutância da fonte. Em nosso caso, ligamos um resistor de mesmo valor que a simulação de resistência interna da fonte, 47 $\Omega$  (como ilustrado na figura 1). Os dados experimentais, obtidos através de um multímetro, seguem na tabela abaixo, juntamente com as potências e rendimento que foram calculados.



$$P = V \cdot I = R \cdot I^2 \quad (\text{i})$$

$$I = \frac{E_0}{R_0 + R} \quad (\text{ii})$$

Substituindo (ii) em (i), temos:

$$P = V \cdot \frac{E_0^2}{(R_0 + R)^2}$$

$$\text{Fazendo } \frac{dP}{dR} = 0 \Rightarrow R = R_0$$

$$\therefore P_{max} = \frac{E_0^2}{4 \cdot R_0}$$

R( $\Omega$ )	I(mA)	V(V)	P(W)	Pf(W)	$\eta\%$
14,9	244,8	3,647	0,893	3,672	24,3
29,9	196,0	5,861	1,149	2,940	39,1
47	161,2	7,570	1,220	2,418	50,5
65,5	133,4	8,740	1,166	2,001	58,3
89,9	109,3	9,830	1,074	1,640	65,5

Tabela 1: Dados onde os parâmetros corrente, tensão e resistência foram obtidos experimentalmente.

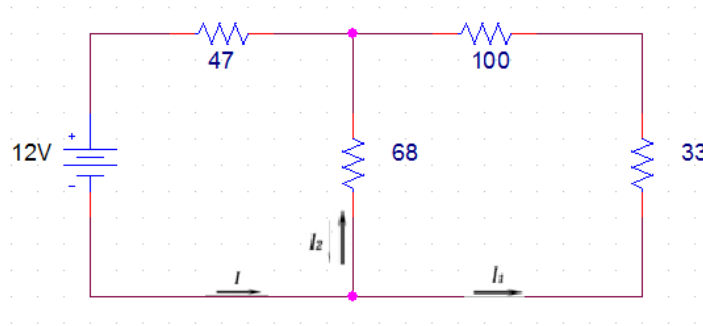
As equações que usamos para determinar os dados calculados citados anteriormente foram:

$$P = VI \quad P_f = E_0 I \quad \eta = \frac{P}{P_f}$$

## 2.2 Teorema da Reciprocidade de Efeitos

O teorema da reciprocidade de efeitos nos diz que a corrente  $I$  em qualquer ramo de um circuito, com uma única fonte de tensão  $E$  localizada em outro ramo qualquer do mesmo circuito, é igual a corrente no ramo em que se encontrava a fonte se ela for transferida para o ramo no qual a corrente  $I$  foi originalmente medida.

**Primeiramente, montamos o circuito original a seguir:**



Com um multímetro, medimos os valores das tensões nos resistores de 47 $\Omega$ , 33 $\Omega$ , 68 $\Omega$  e 100 $\Omega$ . Logo após, utilizando a Lei de Ohm, dividimos os valores das tensões nos resistores pelos respectivos valores de suas resistências, obtendo-se assim os valores das correntes  $I$ ,  $I_1$  e  $I_2$ :

$$I = \frac{V_{47}}{47} = \frac{6,124}{47} = 0,1303[A]$$

$$I_1 = \frac{V_{33}}{33} = \frac{1,476}{33} = 0,04472[A]$$

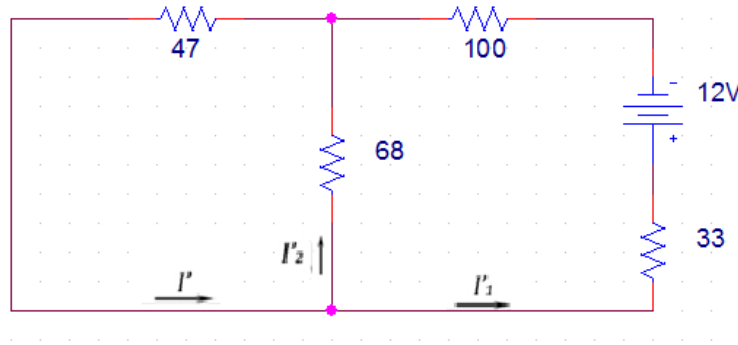
$$I_2 = \frac{V_{68}}{68} = \frac{5,932}{68} = 0,0872[A]$$

Verificando:

$$I = I_1 + I_2 = 0,1303 + 0,04472 = 0,13192[A]$$

Note que, somando  $I_1$  com  $I_2$  obtemos um valor muito próximo de  $I$ , calculado experimentalmente.

**Agora, deslocamos a fonte de tensão  $E$  para o ramo do resistor de  $33\ \Omega$ , onde circula  $I_1$  e montamos o seguinte circuito:**



Novamente com um multímetro, efetuamos as medidas dos novos valores das tensões nos resistores e dividimos pelas resistências. Fazendo isso, assim como foi feito no circuito original, obtemos os valores das correntes  $I'$ ,  $I'_1$  e  $I'_2$ :

$$I' = \frac{V_{47}}{47} = \frac{2,093}{47} = 0,0445[A]$$

$$I'_1 = \frac{V_{100}}{100} = \frac{7,42}{100} = 0,0742[A]$$

$$I'_2 = \frac{V_{68}}{68} = \frac{2,098}{68} = 0,0309[A]$$

Note que, pelo teorema da reciprocidade de efeitos, deve-se ter que  $I_1 = I'$ . Nesse caso, observamos que realmente os valores de  $I_1$  e  $I'$  são bem próximos, comprovando-se assim o teorema da reciprocidade de efeitos.

Além disso, pela Lei de Kirchhoff das correntes, deve-se ter a seguinte relação neste circuito:

$$I'_1 = I' + I'_2$$

$$I'_1 = 0,0445 + 0,0309 = 0,0754[A]$$

De fato, podemos observar que quando somamos  $I'$  com  $I'_2$  obtemos um valor muito próximo de  $I'_1$ , obtido experimentalmente.

### 3 Conclusão

Em ambos os teoremas obtivemos os resultados que são condizentes com a teoria. No primeiro, Máxima Transferência de Potência, observamos pela tabela 1, que somente quando a resistência interna da fonte é aproximadamente igual a resistência da carga, temos máxima transferência de potência, como previamente explicitado pelo teorema. Já para a segunda parte experimental, comprovamos que quando trocamos a fonte de lugar, desde que exista apenas uma fonte no circuito, o resultado é uma troca de correntes. Ou seja, suponhamos um ramo A onde temos uma corrente  $I$  e um ramo B onde temos uma corrente  $I_x$  e a fonte. Quando trocamos a fonte para o ramo A do circuito saberemos que a corrente  $I_x$  no ramo B será igual a  $I$ .

### 4 Bibliografia

BOYLESTAD, L. Robert Introdução à Análise de Circuitos, 10ª edição