

Transferência de Potência em Circuitos de Corrente Contínua

Nesse prática, estudaremos a potência dissipada numa resistência de carga, em função da resistência interna da fonte que a alimenta. Veremos o Teorema da Máxima Transferência de Potência, que diz que a potência transferida para a carga é máxima quando sua resistência e a resistência interna da fonte são iguais. Nos experimentos, vamos buscar comprovar o teorema.

Sempre que surgir uma dúvida quanto à utilização de um instrumento ou componente, o aluno deverá consultar o professor para esclarecimentos.

I. Teorema da Máxima Transferência de Potência

Esse teorema trata fundamentalmente da transferência de energia entre a fonte (baterias, geradores) e a carga do circuito (resistores). Para entendê-lo melhor, temos que considerar o fato de que as baterias e fontes comumente usadas não são ideais, isto é, sempre existe uma limitação na corrente I que elas podem fornecer. Tais fontes reais podem ser representadas pela associação em série de uma fonte ideal (gerador de força eletromotriz) com uma resistência (responsável pela dissipação de energia no interior do gerador), como mostrado na figura 1.

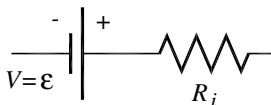


Figura 1 – Fonte de tensão real.

Consideremos agora esta fonte conectada a uma carga com resistência equivalente R (que pode ser um resistor, um conjunto de resistores, um chuveiro elétrico, um aparelho de som ou mesmo todos os aparelhos elétricos da sua casa, ou da sua cidade, ou do seu país, etc.). O circuito fonte carga pode ser representado tal como mostrado na figura 2.

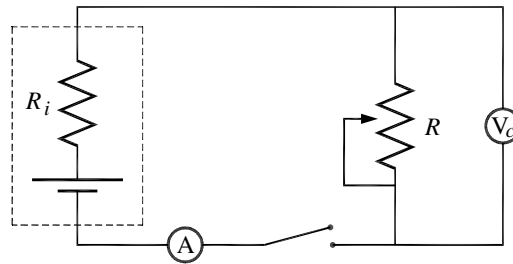


Figura 2 – Teorema de máxima transferência de potência.

A corrente que atravessa o circuito pode então ser calculada:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + R_i} \quad (1)$$

A pergunta que faremos com relação à transferência de potência é a seguinte: Qual é a situação em que a potência dissipada na carga é máxima? Para responder a essa questão vamos explicitamente calcular a potência P_C dissipada na carga e a potência P_i dissipada na resistência interna do gerador:

$$P_C = V_C I = R I^2 = \frac{R}{(R + R_i)^2} \varepsilon^2 \quad (2a)$$

$$P_i = V_i I = R_i I^2 = \frac{R_i}{(R + R_i)^2} \varepsilon^2 \quad (2b)$$

Supondo a força eletromotriz da fonte, ε , constante. Gostaríamos de descobrir para qual valor de R a potência dissipada na mesma é máxima. Basta então derivar P_C em relação a R e igualar a zero (neste caso, a segunda derivada é sempre negativa – verifique essa afirmação). Tem-se então:

$$\frac{dP_C}{dR} = \frac{\varepsilon^2}{(R + R_i)^2} - \frac{2R\varepsilon^2}{(R + R_i)^3} = 0 \rightarrow \boxed{R = R_i} \quad (3)$$

Logo, quando a resistência da carga for igual à resistência do gerador, a potência dissipada na carga será máxima. Podemos agora enunciar o teorema de máxima transferência de potência, que diz: **“A máxima transferência de potência para a carga ocorre quando $R = R_i$ ”**.

Na figura 3 estão mostrados a potência total e as potências dissipadas na resistência de carga (potência útil) e na resistência interna (potência dissipada) da bateria como função da resistência de carga. Com cargas de baixa resistência, a fonte é forçada a gerar muita energia elétrica, sendo que boa parte dessa energia é dissipada na própria fonte. Isso tem dois efeitos ruins: sobre-aquecimento da fonte, o que pode danificá-la, e um consumo elevado de energia (se a fonte for, por exemplo, uma pilha, ela se descarrega mais rapidamente do que se estivesse alimentando uma carga de maior resistência).

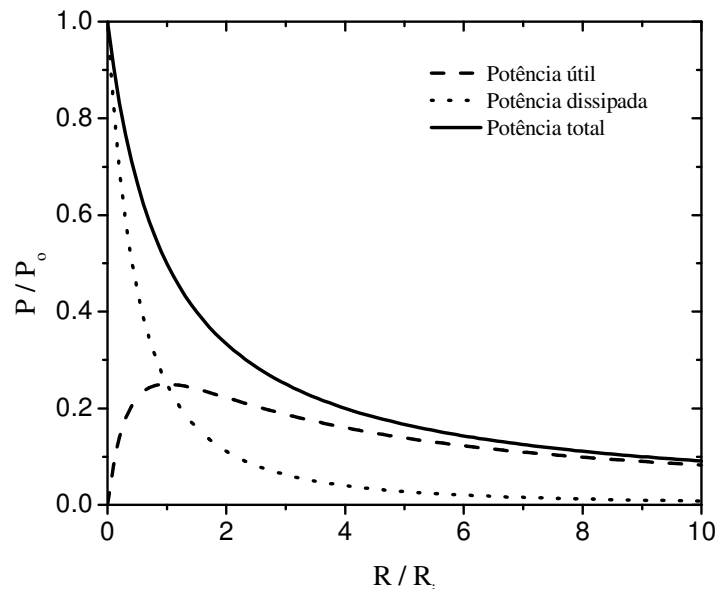


Figura 3–Balanco de potência para um gerador que alimenta uma carga resistiva.

II. Eficiência da Transferência de Potência

A máxima transferência de potência não significa eficiência máxima. De fato, apenas metade da potência gerada é dissipada na carga, o que resulta em 50% de eficiência. Das equações 2, vemos que a eficiência é:

$$\eta = \frac{P_c}{P_c + P_i} = \frac{R}{R + R_i} \quad (4)$$

Portanto, a eficiência é máxima quando a resistência interna do gerador é pequena em comparação com a resistência de carga. Isto está ilustrado na figura 4 onde está mostrado a eficiência como função da resistência de carga

O ideal é que a resistência da carga seja muito maior do que a resistência interna do gerador, porque nessa situação a eficiência será próxima de um e a potência dissipada como calor no gerador será pequena. Portanto, em situações operacionais utilizam-se geradores que possuem resistências internas muito menores que as resistências de carga. Tal situação também pode ser visualizada na figura 3, onde, por exemplo, para $R/R_i = 8$ a potência dissipada é quase nula e toda a energia da fonte é dissipada na resistência de carga.

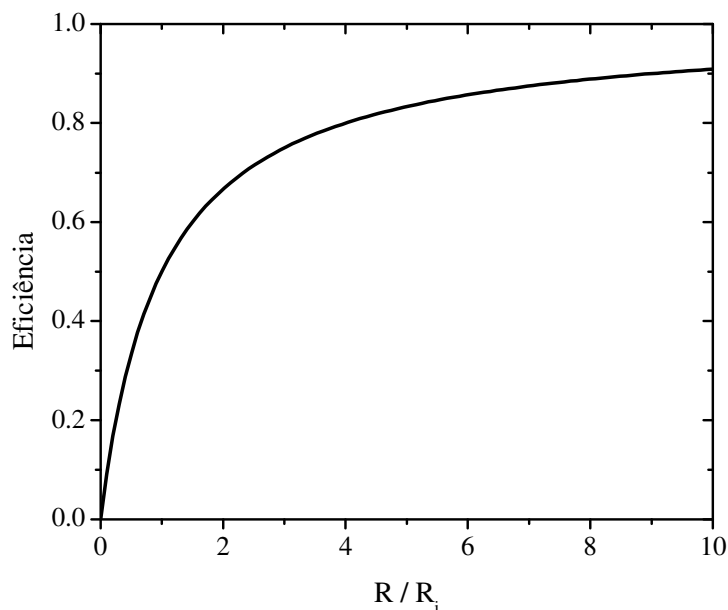


Figura 4 – Eficiência da transferência de potência

Experimentos

1. Teorema da Máxima Transferência de Potência

a) Monte o circuito da figura 5. A resistência interna da bateria é muito pequena, então está inserido em sua bateria um resistor adicional R_i para fazer o papel da resistência interna. Como resistor de carga R , use um potenciômetro de $100\ \Omega$. Uma vez que estamos trabalhando com valores baixos de resistência, se utilizarmos um amperímetro para medir a corrente a resistência interna do mesmo pode ser comparável a resistência do circuito, o que acarreta em uma modificação nas características do circuito. Assim, ao invés de utilizar um amperímetro para medir a corrente é interessante fazer uma medida indireta, onde se mede a tensão nos terminais de um resistor de valor conhecido. Para que o mesmo não perca a sua característica ôhmica utiliza-se sempre um resistor com alto limite de potência. Neste caso utilize um resistor de $10\ \Omega$ e 5W .

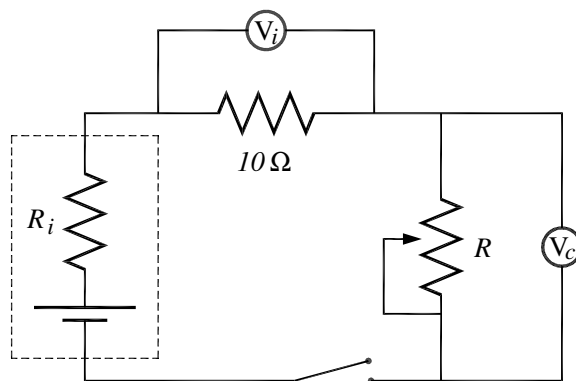


Figura 5 – Circuito para demonstração do teorema de máxima transferência de potência.

b) Varie a resistência do reostato e para cada valor meça a corrente do circuito e a tensão nos terminais do reostato. **Importante:** acione a chave apenas para fazer a leitura. Isto impede que a bateria se descarregue.

c) Faça uma tabela contendo a corrente do circuito, a tensão e a potência dissipada no reostato e no resistor de $10\ \Omega$, em função da soma da resistência externa do circuito (soma da resistência do reostato e do resistor de $10\ \Omega$ - Não é necessário medir

