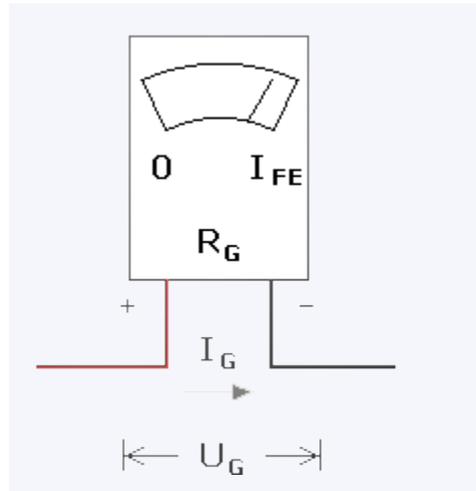


06. Construção de um amperímetro e de um voltímetro a partir de um galvanômetro

1: Introdução



O galvanômetro é um aparelho que mede a corrente elétrica através de seu efeito magnético, e é o "coração" dos aparelhos analógicos de medida de corrente e de tensão que usamos em nosso laboratório. Nessa prática nós vamos ver como o galvanômetro pode ser associado a resistores de forma a ser usado como medidor de tensão (voltímetro) ou de corrente (amperímetro), na escala desejada, e vamos projetar, construir e testar um voltímetro e um amperímetro.

O galvanômetro indica o valor da corrente I_G que o atravessa pela deflexão de uma agulha sobre uma escala (Figura 1). O valor máximo da corrente que um galvanômetro pode medir é chamado de corrente de fundo de escala (I_{FE}) e corresponde à deflexão máxima da agulha sobre a escala (daí o nome). Correntes menores do que I_{FE} são indicadas por posições intermediárias da agulha sobre a escala, entre a posição da agulha com corrente nula e a posição do fundo de escala, como frações de I_{FE} . A corrente de fundo de escala está relacionada à sensibilidade do galvanômetro, que é a capacidade de distinguir pequenas correntes: em geral, quanto maior a corrente de fundo de escala, menor a sensibilidade.

O galvanômetro é essencialmente um medidor de corrente e pode ser usado diretamente para medir correntes que não ultrapassem a corrente máxima I_{FE} (Figura 2a). Correntes maiores, além de não poderem ser indicadas pelo aparelho, podem danificá-lo e portanto não podem ser medidas diretamente. Correntes muito menores do que I_{FE} também não podem ser medidas por um aparelho de sensibilidade finita.

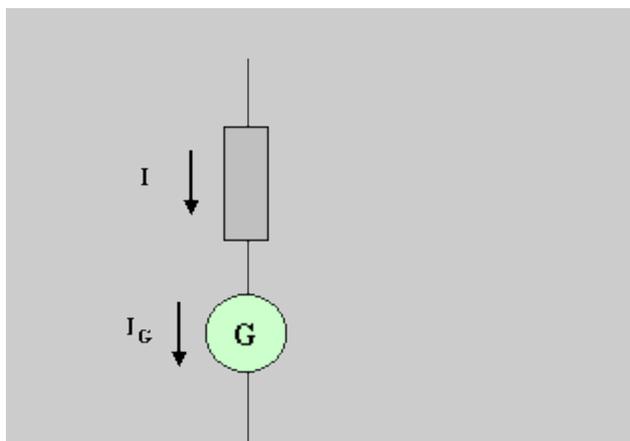


Figura 2a. Medida de corrente com galvanômetro

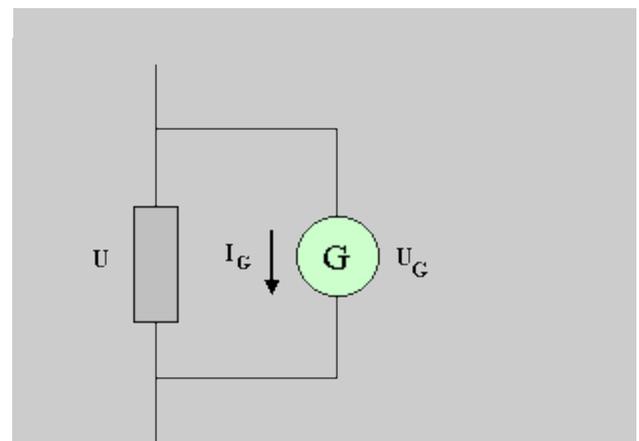


Figura 2b. Medida de tensão com galvanômetro

$$I = I_G$$

$$U = U_G = R_G I_G$$

O galvanômetro também pode ser usado para medir tensão, se a sua resistência R_G for conhecida (Figura 2b). Uma tensão U_G aplicada sobre os terminais do galvanômetro gera uma corrente I_G que é medida pela deflexão da agulha sobre a escala. A medida de tensão é feita multiplicando-se a corrente medida pela resistência do galvanômetro, $U_G = R_G I_G$. A tensão máxima que pode ser medida, correspondente à posição da agulha no fundo da escala, é $U_{FE} = R_G I_{FE}$. A escala do medidor representa agora frações da tensão máxima.

A limitação das medidas que podem ser feitas no galvanômetro às suas escalas naturais pode ser facilmente contornada associando-se o galvanômetro a resistores de resistências conhecidas, como veremos a seguir.

2: Construção de um amperímetro

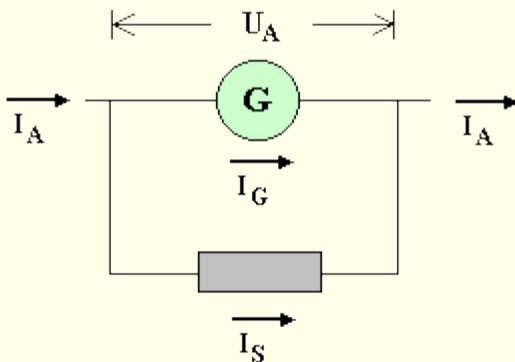


Figura 3a. Construção de amperímetro com galvanômetro e resistor em paralelo

Um amperímetro é construído pela associação em paralelo de um resistor (chamado de "shunt") com um galvanômetro (Figura 3a). A corrente total I_A que atravessa a associação se divide na corrente I_G que atravessa o galvanômetro, e é por ele medida, e na corrente I_S que é desviada atravessando o "shunt", na razão inversa de suas resistências. A corrente I_G que atravessa o galvanômetro é apenas uma fração da corrente total I_A ; sabendo em que proporção a corrente total I_A se divide entre I_G e I_S poderemos determinar quanto vale a corrente total I medindo a parte dela que atravessa o galvanômetro.

Mostre que $\frac{I_S}{I_G} = \frac{R_G}{R_S}$ **e a partir daí que** $I = I_G + I_S = \left(1 + \frac{R_G}{R_S}\right) I_G$

O número adimensional $\left(1 + \frac{R_G}{R_S}\right)$ é o fator de amplificação da escala natural de medida de

corrente do galvanômetro conseguida com a associação em paralelo com o resistor R_S . A partir dessa relação podemos calcular o valor da resistência necessário para converter o galvanômetro num amperímetro na escala desejada.

A resistência do amperímetro na nova escala é R_A enquanto a corrente máxima que se pode medir é igual a $R_G I_{FE} / R_A$. O produto da resistência numa escala pela corrente máxima nessa escala é igual para todas as escalas e corresponde à máxima queda de potencial no amperímetro. Esse valor é uma característica do galvanômetro utilizado no amperímetro, e é igual ao produto da resistência do galvanômetro R_G pela corrente de fundo I_{FE} :

queda de potencial máxima no amperímetro = $R_G I_{FE}$ (em $\Omega \cdot A$).

3: Construção de um voltímetro

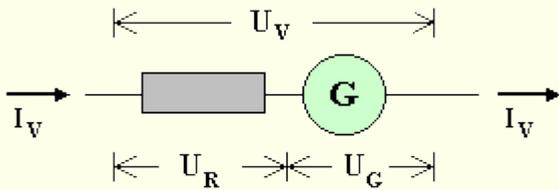


Figura 3b. Construção de voltímetro com galvanômetro e resistor em série

Um voltímetro é construído pela associação em série de um resistor R_S com um galvanômetro (Figura 3b). A diferença de potencial total U_V aplicada sobre a associação se divide entre o resistor e o galvanômetro na razão direta de suas resistências R_S e R_G . A tensão U_G aplicada sobre os terminais do galvanômetro é apenas uma fração da tensão total U_V aplicada sobre a associação; se soubermos em que proporção U_V se divide entre U_G e U_S poderemos determinar quanto vale a tensão total U_V medindo a parte dela que atua sobre o galvanômetro.

Mostre que $\frac{U_S}{U_G} = \frac{R_S}{R_G}$ **e a partir daí que** $U = U_G + U_S = \left(1 + \frac{R_S}{R_G}\right) U_G$

O número adimensional $\left(1 + \frac{R_S}{R_G}\right)$ é o fator de amplificação da escala natural de medida de tensão do galvanômetro conseguida com a associação em série com o resistor R_S . A partir dessa relação podemos calcular o valor da resistência necessário para converter o galvanômetro num voltímetro na escala desejada.

A resistência do voltímetro na nova escala é R_V enquanto a tensão máxima que se pode medir é igual a $R_V I_{FE}$. A relação entre a resistência numa escala e a tensão máxima nessa escala é a sensibilidade do voltímetro, uma "resistência específica" que é característica do galvanômetro utilizado, igual ao inverso da corrente de fundo de escala:

sensibilidade do voltímetro = I_{FE}^{-1} (em Ω/V).