

Alfredo Müllen da Paz
Colégio de Aplicação – UFSC
José de Pinho Alves Filho
Departamento de Física – UFSC
Florianópolis – SC

I. Introdução

No v. 10, n. 1 deste periódico, no artigo “Galvanômetro”, foi mostrado como construir esse equipamento – a alma do voltímetro e do amperímetro. Agora, será mostrado como transformar o galvanômetro em um voltímetro ou amperímetro, permitindo assim medidas de tensão e corrente. Para isso, será necessário acoplar resistores com valores e distribuições particulares, dependendo dos valores das medidas desejadas.

A seqüência de passos a serem dados nessa etapa será: (a) a calibração do galvanômetro, (b) determinação dos resistores a serem utilizados (opção de escala) e (c) a distribuição característica para uso como voltímetro ou amperímetro.

II. Material Necessário

- Voltímetro comercial;
- Amperímetro comercial;
- Fonte de tensão variável;
- Resistores comerciais (valores a serem definidos posteriormente).

Nota: Os equipamentos listados são de uso temporário e, caso você não os tenha, vá a um radio técnico e peça ajuda.

III. Procedimento

III.I Determinação da deflexão máxima

¹ Publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 10, n. 2, ago. 1993.

Inicialmente, precisa-se determinar a resistência interna (R_i) do galvanômetro (nosso instrumento básico), bem como suas características de máxima deflexão, isto é, a tensão e a corrente máximas que o ponteiro atinge no extremo da escala. Para isso, vamos precisar da fonte variável, do voltímetro e amperímetro comerciais, distribuídos conforme o circuito abaixo (Fig.1).

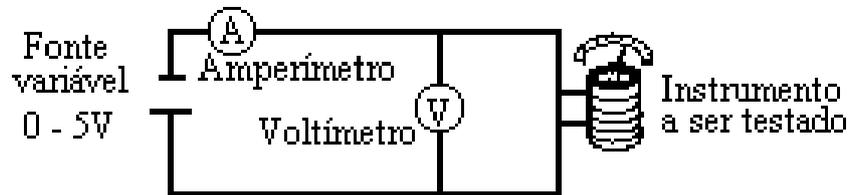


Fig.1

A deflexão do ponteiro é *aproximadamente linear*; isto implica em que nossa escala poderá também ser considerada linear.

Para calibrar o instrumento, marca-se, na escala de papelão já construída, o ponto “0” (zero) na posição em que se encontra o ponteiro quando não há corrente passando pelo circuito (posição de equilíbrio). Fazendo passar corrente pelo circuito, registra-se na escala o valor de corrente máxima (I), lida no amperímetro quando o ponteiro atinge a máxima deflexão e a correspondente tensão máxima (V). Procure escolher valores “inteiros” de deflexão máxima, pois irá facilitar os cálculos dos resistores.

Para obter valores intermediários da escala, por exemplo, a metade da corrente ($I/2$), marca-se o ponto equidistante às marcas da corrente nula (“0”) e a corrente máxima. Sendo a deflexão praticamente linear, para outras subdivisões usa-se o mesmo procedimento. (Fig.2).

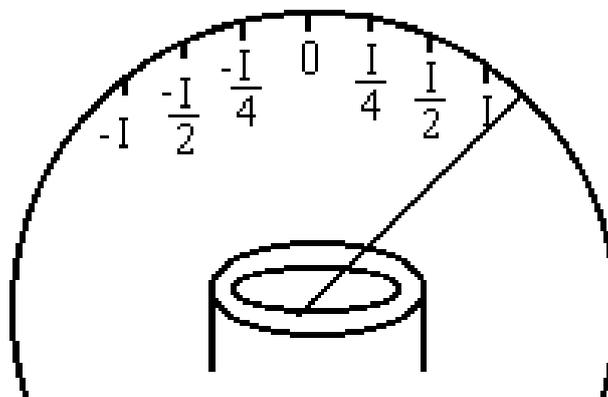


Fig.2

Utiliza-se o mesmo processo para numerar o lado contrário da escala, pois a corrente somente estará com sentido contrário, mas com as mesmas condições.

III.2 Determinação da resistência interna (R_i)

Com os dados da corrente e tensão máxima, pode-se determinar a resistência interna (R_i) do instrumento.

Pela Lei de Ohm, $V = R I$,

logo:

$$R_i = V/I$$

na qual:

V = tensão máxima de deflexão do ponteiro;

I = corrente máxima de deflexão do ponteiro.

IV. Montagem do amperímetro

Nosso instrumento só medirá pequenas correntes, pois não é economicamente praticável construir uma bobina que suporte-as grandes. Por isso, a idéia é dividir a corrente a ser medida proporcionalmente em duas parcelas. Uma parcela, a menor, passará pela bobina fixa, produzindo uma deflexão de plena escala (deflexão máxima) e a parcela restante (maior) passará através de um resistor apropriado, colocado em **paralelo** com a bobina. Esse resistor denomina-se “**shunt**” ou “**derivação de corrente**” (Fig.3).

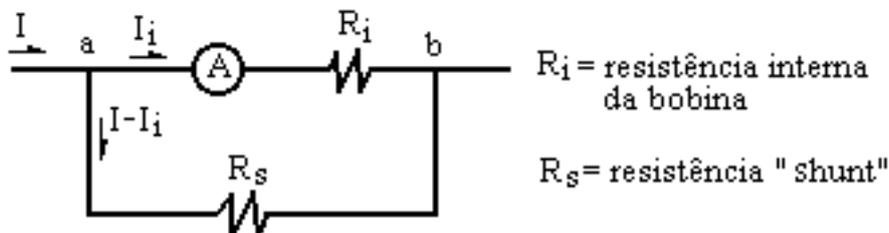


Fig.3

A relação entre a corrente total do instrumento (I) e a corrente de plena deflexão da bobina fixa (I_i), denomina-se “**fator de ampliação de escala (n)**”, e é definido como sendo:

$$n = I / I_i.$$

Do circuito acima, podemos escrever que:

$$V_{ab} = (I - I_i) R_s = I_i R_i.$$

Efetuada as devidas substituições, obtemos:

$$R_s = R_i / (n - 1).$$

Sabendo, portanto, o valor da resistência da bobina fixa (R_i), podemos calcular o valor da resistência do “shunt” (R_s) apropriada para ampliar a escala do instrumento “n” vezes.

Um instrumento típico em nosso ensaio em laboratório mostrou o valor de $R_i = 5,6 \Omega$, com deflexões máximas de escalas de $V_i = 0,8V$ e $I_i = 0,15 \text{ mA}$.

Por exemplo, caso se queira uma escala de corrente com valor máximo de $0,3A$, a determinação do “shunt” é a seguinte:

$$\begin{array}{lll} I = 0,3A & n = I/I_i & R_s = R_i/(n - 1) \\ & n = 0,3/0,15 & R_s = 5,6/ (2 - 1) \\ & n = 2 & \text{o “shunt” será de } R_s = 5,6 \Omega \end{array}$$

Para uso em experimentos didáticos, sugerimos os seguintes valores para correntes máximas: $0,3 \text{ A}$; $0,6 \text{ A}$ e $1,0 \text{ A}$. Com esses valores, as resistências dos respectivos “shunts” foram determinadas como sendo $5,6 \Omega$, $1,8 \Omega$ e $0,6 \Omega$. Caso não encontre os resistores comercialmente, faça associações em série ou paralelo. Lembre-se que, ao usar o instrumento como amperímetro, o resistor “shunt” deve estar em **paralelo** com a bobina do instrumento. Portanto, deve-se interligar o ponto “O” com “1” ao usar a escala de $0,3 \text{ A}$; “O” com “2” ao usar a escala de $0,6 \text{ A}$, e assim sucessivamente (veja Fig.5), utilizando-se de uma “ponte” (pedaço de fio).

V. Montagem do voltímetro

O voltímetro é a transformação de nosso instrumento básico pelo acréscimo de resistores em série com a bobina fixa. A diferença principal com o circuito do amperímetro está no modo de se conjugar o instrumento ao circuito. Como o voltímetro é ligado em paralelo à linha de alimentação do circuito, convém que só aceite o mínimo de corrente. Como a resistência da bobina do galvanômetro é relativamente baixa, não se pode conectá-la diretamente à linha de alimentação, pois queimaria (uma corrente muito grande percorreria a bobina). Portanto, coloca-se em série com a bobina fixa uma resistência adicional de valor elevado. Assim, adapta-se o instrumento para medir tensões através do que se denomina de “ampliação de escala”.

Considere que o instrumento básico suporta uma tensão (V_i) de máxima deflexão de ponteiro, e que se deseja medir uma tensão (V) igual a n vezes o valor da tensão de deflexão (V_i) (Fig.4).

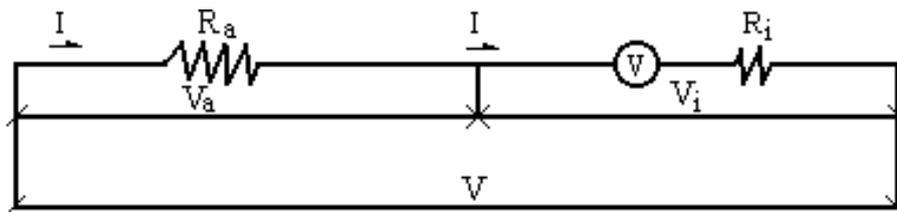


Fig. 4

Onde:

R_a = resistência adicional;

R_i = resistência interna do galvanômetro;

V_i = tensão de máxima deflexão da escala;

V = tensão máxima que o instrumento detecta;

V_a = queda de tensão adicional.

Do circuito, podemos escrever:

$$V = V_a + V_i \quad (1)$$

Define-se “fator de ampliação de escala” como:

$$n = V/V_i.$$

Fazendo as devidas substituições em (1), obtemos:

$$R_a = (n - 1) R_i$$

ou

$$R_v = n R_i.$$

Sabendo-se a resistência interna da bobina (R_i) e o fator de ampliação de escala, podemos determinar a resistência adicional para ampliação da escala do voltímetro. No nosso caso, optamos pelas escalas 3V, 6V e 12V. Os valores obtidos para R_v foram, respectivamente, $15,4 \Omega$, $36,4 \Omega$ e $78,4 \Omega$.

Por exemplo, para $V = 3V$:

$$n = V/V_i$$

$$n = 3V/0,8V$$

$$n = 3,75$$

$$R_a = (n - 1) R_i$$

$$R_a = (3,75 - 1) 5,6$$

$$R_a = 15,4 \Omega$$

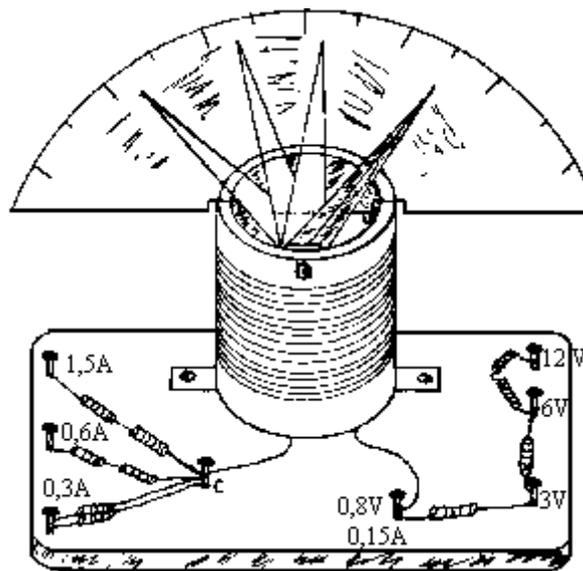


Fig.5

VI. Comentários

1) Por ser “caseiro”, nosso instrumento apresenta um considerável consumo de energia (devido à queda de tensão na bobina); contudo deve-se observar que ele foi idealizado para fins didáticos, em que se discute o seu princípio de funcionamento.

2) O cuidado e a precisão na determinação da resistência interna da bobina (R_i) determinará a maior ou menor precisão de seu instrumento, bem como a escolha da menor margem de erro percentual dos resistores que serão acrescentados a ele (quanto menor o erro percentual, maior a precisão).

3) O amperímetro/voltímetro, obtido a partir do nosso instrumento básico, é para uso em corrente contínua. Para sua utilização em corrente alternada, deve-se retificar a corrente com um sistema retificador adequado (pode-se usar uma ponte retificadora de diodos).