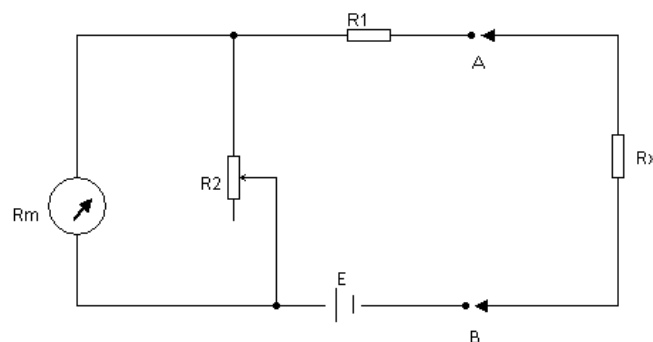


PENGUKURAN TAHANAN DENGAN OHMMETER

A. Ohmmeter tipe seri

Ohmmeter tipe seri sesungguhnya mengandung sebuah gerakan d'Arsonval yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan dan batere ke sepasang terminal untuk dihubungkan ke tahanan yang tidak diketahui. Hal ini berarti arus yang melalui alat ukur bergantung pada tahanan yang tidak diketahui nilainya dan indikasi alat ukur sebanding dengan nilai yang tidak diketahui, dengan syarat masalah kalibrasi diperhitungkan.



Gambar 1. Ohmmeter tipe seri

Keterangan:

- R1 = tahanan pembatas arus
- R2 = tahanan pengatur nol
- Rm = tahanan dalam d'Arsonval
- Rx = tahanan yang tidak diketahui
- E = batere di dalam alat ukur

Apabila $R_x = 0$ (terminal A dan B dihubung singkat) arus paling besar mengalir di dalam rangkaian. Dalam keadaan ini, tahanan shunt R2 diatur sampai jarum menunjukkan skala penuh (I_{dp}). Posisi skala penuh ditandai dengan " 0Ω ".

Dengan cara yang sama bila $R_x = \infty$ (terminal A dan B terbuka) arus di dalam rangkaian berubah nol dan jarum menunjuk arus nol yang ditandai " ∞ " pada skala.

Walaupun rangkaian ohmmeter tipe seri sering digunakan, rangkaian ini memiliki beberapa kekurangan. Di antaranya adalah tegangan baterai yang berkurang secara perlahan-lahan karena waktu dan umur mengakibatkan arus skala penuh berkurang dan alat ukur tidak membaca " 0 " sewaktu A dan B dihubung singkat. Tahanan shunt variabel R2 pada rangkaian mengatasi efek perubahan baterai. Tanpa R2 pengembalian jarum ke skala penuh dapat

dilakukan dengan penyetelan R_1 tetapi hal ini akan mengubah kalibrasi sepanjang skala. Pengaturan melalui R_2 adalah cara yang terbaik, sebab tahanan paralel R_2 dan R_m selalu kecil dibandingkan terhadap R_1 dan berarti perubahan R_2 yang diperlukan untuk penyetelan ini tidak mengubah kalibrasi begitu banyak.

Besaran dalam perencanaan sebuah ohmmeter tipe seri adalah nilai R_x yang membuat defleksi setengah skala. Pada posisi ini, tahanan antara terminal A dan B didefinisikan sebagai tahanan pada posisi setengah skala R_h . Dengan mengetahui arus skala penuh I_{dp} , tahanan dalam gerakan R_m , tegangan batere E dan nilai R_h yang diinginkan, rangkaian dapat dianalisis, yakni nilai R_1 dan R_2 dapat diperoleh.

Apabila R_h menyatakan arus $\frac{1}{2} I_{dp}$, tahanan yang tidak diketahui harus sama dengan tahanan dalam total ohmmeter. Berarti diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$R_h = R_1 + \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m}$$

Kemudian tahanan total yang dihadirkan ke batere adalah $2R_x$ dan arus batere yang diperlukan untuk memberikan defleksi setengah skala adalah:

$$I_h = \frac{E}{2R_h}$$

Untuk menghasilkan defleksi skala penuh arus batere harus didobel, berarti:

$$I_t = 2I_h = \frac{E}{R_h}$$

Arus shunt yang melalui R_2 adalah:

$$I_2 = I_t - I_{dp}$$

Tegangan shunt sama dengan tegangan E_m

$$E_{sh} = E_m \quad \text{atau} \quad I_2 R_2 = I_{dp} R_m$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2}$$

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_t - I_{dp}} \rightarrow R_2 = \frac{I_{dp} R_m R_h}{E - I_{dp} R_m}$$

$$R_1 = R_h - \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} \rightarrow R_1 = R_h - \frac{I_{dp} R_m R_h}{E}$$

Contoh:

Ohmmeter pada gambar 1 menggunakan gerak dasar 50Ω memerlukan arus skala penuh sebesar 1 mA. Tegangan batere adalah 3 V. Tanda skala yang diinginkan untuk defleksi setengah skala adalah 2000Ω . Tentukan:

- Nilai R_1 dan R
- Nilai R_2 terbesar untuk mengkompensir penurunan tegangan 10% dalam batere
- Kesalahan skala pada tanda skala (2000Ω) bila R_2 disetel seperti (b)

Jawaban:

- a. Arus total batere pada defleksi skala penuh adalah:

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{3}{2000} = 1,5 \text{ mA}$$

Lalu arus melalui tahanan pengatur nol R_2 adalah:

$$I_2 = I_t - I_{dp} = 1,5 - 1 = 0,5 \text{ mA}$$

Nilai R_2 :

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{I_{dp} \cdot R_m}{I_2} \\ &= \frac{1 \text{ mA} \cdot 50 \Omega}{0,5 \text{ mA}} \\ &= 100 \Omega \end{aligned}$$

Tahanan paralel gerakan (R_m) dan shunt (R_2):

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{R_2 \cdot R_m}{R_2 + R_m} \\ &= \frac{100 \cdot 50}{100 + 50} \\ &= 33,3 \Omega \end{aligned}$$

Nilai tahanan pembatas arus R_1 adalah:

$$\begin{aligned} R_1 &= R_h - R_p \\ &= 2000 - 33,3 \\ &= 1966,7 \Omega \end{aligned}$$

- b. Pada penurunan 10% tegangan batere

$$\begin{aligned} E &= 3V - 0,3V \\ &= 2,7V \end{aligned}$$

Maka arus total menjadi:

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{E}{R_h} \\ &= \frac{2,7}{2000} \\ &= 1,35 \text{ mA} \end{aligned}$$

Arus shunt:

$$\begin{aligned} I_2 &= I_t - I_{dp} \\ &= 1,35 - 1 \\ &= 0,35 \text{ mA} \end{aligned}$$

Maka tahanan pengatur nol R_2 adalah:

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{I_{dp} \cdot R_m}{I_2} \\ &= \frac{1 \text{ mA} \cdot 50 \Omega}{0,35 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$= 143 \Omega$$

c. Tahanan paralel gerak dan nilai R_2 yang baru adalah:

$$\begin{aligned} R_p &= \frac{R_2 \cdot R_m}{R_2 + R_m} \\ &= \frac{143 \cdot 50}{143 + 50} \\ &= 37 \Omega \end{aligned}$$

Karena tahanan setengah skala R_h sama dengan tahanan dalam total rangkaian, maka R_h akan berubah menjadi:

$$\begin{aligned} R_h &= R_1 + R_p \\ &= 1966,7 \Omega + 37 \Omega \\ &= 2003,7 \Omega \end{aligned}$$

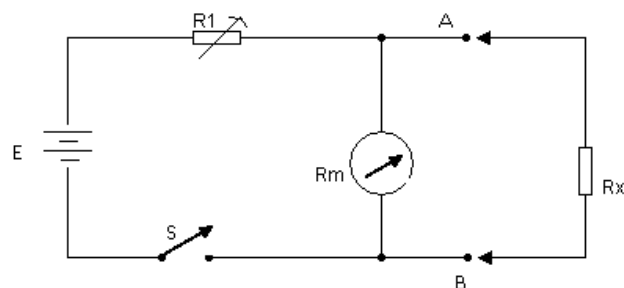
Berarti nilai sebenarnya dan tanda setengah skala adalah $2003,7 \Omega$ sedangkan tanda skala aktual adalah 2000Ω . Maka persentase kesalahan menjadi:

$$\% \text{ kesalahan} = \frac{2000 - 2003,7}{2003,7} \times 100\% = -0,185\%$$

Tanda negatif menunjukkan bahwa pembacaan alat ukur rendah

B. Ohmmeter tipe shunt

Rangkaian ohmmeter tipe shunt ditunjukkan pada gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Ohmmeter tipe shunt

Rangkaian ini terdiri dari sebuah baterai yang dihubungkan seri dengan sebuah tahanan pengatur R_1 dan gerak d'Arsonval. Tahanan yang akan diukur dihubungkan ke terminal A dan B. Pada rangkaian ini dipasang sebuah sakelar on-off untuk memutuskan hubungan baterai ke rangkaian bila instrumen tidak digunakan. Bila tahanan yang tidak diketahui $R_x = 0 \Omega$ (A dan B terhubung singkat), arus yang

melalui “gerakan” adalah nol. Sedangkan jika $R_x = \infty$ (A dan B terbuka), arus hanya mengalir ke “gerakan” dan melalui pengaturan R_1 jarum dapat dibuat membaca skala penuh. Berarti ohmmeter ini mempunyai tanda “nol” di sebelah kiri (tanpa arus) dan “tak terhingga” di sebelah kanan skala (defleksi paling besar).

Ohmmeter tipe shunt sesuai untuk pengukuran tahanan-tahanan rendah.

Pada gambar 2 di atas bila $R_x = \infty$, arus skala penuh maka diperoleh:

$$I_{dp} = \frac{E}{R_1 + R_m} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 1)}$$

Dimana:

- E = tegangan batere
- R_1 = tahanan pembatas arus
- R_m = tahanan dalam dari “gerakan”

$$R_1 = \frac{E}{I_{dp}} - R_m \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 2)}$$

Untuk setiap nilai R_x yang dihubungkan ke terminal-terminal arus melalui alat ukur berkurang :

$$I_m = \left\{ \frac{E}{R_1 + [R_m \cdot R_x / (R_m + R_x)]} \right\} \times \frac{R_x}{R_m + R_x} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 3)}$$

Atau

$$I_m = \left\{ \frac{E R_x}{[R_1 \cdot R_m + R_x (R_1 + R_m)]} \right\} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 4)}$$

Arus melalui alat ukur pada setiap nilai R_x dibandingkan terhadap arus skala penuh adalah sebagai berikut:

$$S = \frac{I_m}{I_{dp}} = \frac{R_x (R_1 + R_m)}{R_1 (R_m + R_x) + R_m R_x} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 5)}$$

atau

$$S = \frac{R_x (R_1 + R_m)}{R_x (R_m + R_1) + R_m R_1} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 6)}$$

dengan definisi:

$$\frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m} = R_p \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 7)}$$

Oleh karena itu diperoleh:

$$S = \frac{R_x}{R_x + R_p} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 8)}$$

melalui persamaan di atas, alat ukur dapat dikalibrasi dengan menentukan nilai S yang dinyatakan dalam R_x dan R_p .

Pada pembacaan setengah skala ($I_m = 0,5 I_{dp}$), maka persamaan menjadi:

$$0,5 I_{dp} = \frac{E \cdot R_h}{R_1 R_m + R_h (R_1 + R_m)} \quad \dots\dots\dots \text{(persamaan 9)}$$

Dimana R_h = tahanan luar yang menyebabkan defleksi setengah skala. Untuk menentukan nilai-nilai skala relatif pada nilai R_1 yang diketahui, pembacaan setengah skala dapat diperoleh dengan membagi persamaan 1 dan persamaan 9 sehingga diperoleh R_h sebagai berikut:

$$R_h = \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m}$$

Dari persamaan – persamaan di atas dapat dilihat bahwa tahanan setengah skala ditentukan oleh tahanan batas R_1 dan tahanan dalam R_m . Ohmmeter shunt sesuai untuk pengukuran tahanan-tahanan rendah.

Contoh:

Rangkaian pada gambar 2 menggunakan gerak d’Arsonval 10 mA dengan tahanan dalam 5 Ω . Tegangan batere $E = 3$ V. Diinginkan untuk mengubah rangkaian dengan menambah sebuah tahanan R_{sh} yang sesuai dengan gerakan sehingga instrumen menunjukkan 0,5 Ω pada pertengahan skala. Tentukan (a) nilai tahanan shunt R_{sh} , (b) nilai tahanan batas R_1

Jawaban:

- a. Untuk defleksi setengah skala”

$$I_m = 0,5 I_{dp} = 5 \text{ mA}$$

Tegangan pada gerakan adalah:

$$E_m = 5 \text{ mA} \times 5 \Omega = 25 \text{ mV}$$

Karena tegangan ini muncul pada R_x , maka arus melalui R_x sebagai berikut:

$$I_x = \frac{25 \text{ mV}}{0,5 \Omega} = 50 \text{ mA}$$

Arus melalui gerakan (I_m) ditambah arus melalui shunt (I_{sh}) harus sama dengan arus melalui tahanan yang tidak diketahui (I_x). Oleh karena itu:

$$I_{sh} = I_x - I_m = 50 \text{ mA} - 5 \text{ mA} = 45 \text{ mA}$$

Maka tahanan shunt menjadi:

$$R_{sh} = \frac{E_m}{I_{sh}} = \frac{25 \text{ mV}}{45 \text{ mA}} = 5/9 \Omega$$

- b. Arus total batere:

$$I_t = I_m + I_{sh} + I_x = 5 \text{ mA} + 45 \text{ mA} + 50 \text{ mA} = 100 \text{ mA}$$

$$\text{Penurunan tegangan pada tahanan batas } R_1 = 3 \text{ V} - 25 \text{ mV} = 2,975 \text{ V}$$

Maka:

$$R_1 = \frac{2,975 \text{ V}}{100 \text{ mA}} = 29,75 \Omega$$

(william D. Cooper, 1985: 74 – 79)

Sumber :

William D. Cooper. 1985. Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran. Jakarta: Erlangga.