

Pengukuran Listrik

3. Intrumen Penunjuk Arus Searah



Anhar, ST. MT.

Outline

- ▶ Galvanometer suspensi
- ▶ Torsi dan defleksi di galvanometer
- ▶ Sensitivitas galvanometer
- ▶ Ampermeter arus searah
- ▶ Voltmeter arus searah
- ▶ Sensitivitas voltmeter
- ▶ Metode voltmeter–ampermeter
- ▶ Ohmmeter tipe seri
- ▶ Ohmmeter tipe shunt

Galvanometer suspensi

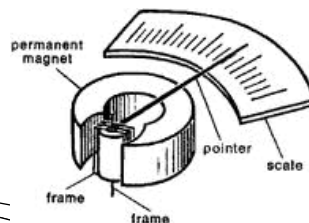
- ▶ Suatu cara/metode pengukuran utk arus searah.
- ▶ Sebuah kumparan kawat halus digantung di dlm medan magnet yg dihasilkan suatu magnet permanen.
- ▶ Berdasarkan hk. Dasar gaya elektromagnetik, kumparan tsb akan berputar dlm medan magnet bila dialiri arus listrik.
- ▶ Gantungan kumparan yg terbuat dr serabut halus berfungsi sbgi pembawa arus dr dan ke kumparan, dan keelastisan serabut membangkitkan suatu torsi yg melawan perputaran kumparan.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

3

Galvanometer suspensi

- ▶ Kumparan akan terus berdefleksi hingga gaya elektromagnetiknya mengimbangi torsi mekanis lawan dr gantungan.
- ▶ Sehingga, penyimpangan kumparan merupakan ukuran bagi arus yg dibawa oleh kumparan tsb.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

4

Torsi dan defleksi di galvanometer

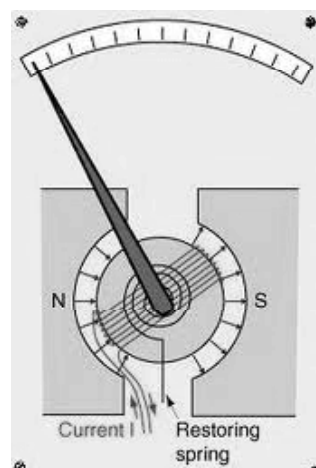
Defleksi pd keadaan mantap (steady-state deflection)

- ▶ prinsip galvanometer suspensi dipakai pd mekanisme kumparan putar magnet permanen (PMMC, permanent magnet moving-coil mechanism).
- ▶ Gerakan dasar kumparan sering disebut gerak d'Arsonval.
- ▶ Adanya sebuah kumparan, digantung dlm medan magnet sebuah magnet permanen berbentuk sepatu kuda.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

5

Galvanometer

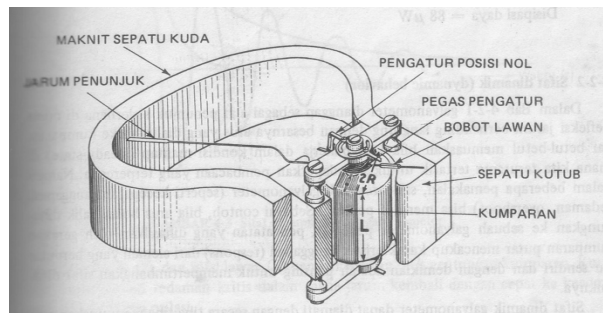


Anhar, ST, MT 02/10/2012

6

Torsi dan defleksi di galvanometer

- ▶ Bila arus mengalir dlm kumparan, torsi elektromagnetik yg dibangkitkannya akan menyebabkan perputaran kumparan tsb.
- ▶ Torsi tsb diimbangi oleh torsi mekanis pegas2 pengatur yg diikat pd kumparan.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

7

Torsi dan defleksi di galvanometer

- ▶ Pers utk pengembangan torsi adlh :

$$T = B \times A \times I \times N$$

dimana T = torsi dlm newton-meter (N.m)

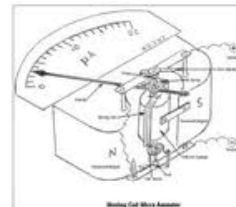
B = keraptn fluks (Wb/m²)

A = luas efektif kumparan, m²

I = arus dlm kumparan, amper

N = jlh lilitan

- ▶ Krn keraptn fluksi dan A tetap \Rightarrow
torsi = arus kumparan



Anhar, ST, MT 02/10/2012

8

Torsi dan defleksi di galvanometer

Sifat Dinamik

- ▶ Galvanometer yg bekerja dlm keadaan steady state memberikan hsl pengukuran yg memuaskan.
- ▶ Namun, dlm beberapa pemakaian, muncul sifat dinamiknya sbgi akibat dr kec respon, redaman dll.
- ▶ Contoh :
Bila galvanometer dihub dng sumber arus bolak-balik, pencatatan yg dihasilkan jg hrs mempertimbangkan karakteristik tanggapan dr elemen yg berputar.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

9

Torsi dan defleksi di galvanometer

- ▶ Contoh yg lain :
Putuskan arus yg dimasukkan ke galvanometer secara tiba-tiba, sehingga kumparan berayun kembali dr posisi penyimpangan menuju nol. Akibat kelembaban, jarum berayun melewati titik nol dlm arah yg berlawanan, dan kemudian berosilasi ke kiri dan ke kanan sekitar titik nol. Osilasi ini perlahan-lahan mengecil sebagai akibat dr redaman elemen yg berputar dan akhirnya jarum berhenti.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

10

Torsi dan defleksi di galvanometer

Mekanisme Redaman

- ▶ Redaman pd galvanometer menggunakan 2 mekanisme, yaitu :
 - Mekanis
Akibat perputaran kumparan thdp udara sekeliling. Tdk tergantung dng arus listrik.
 - Elektromagnetik
Akibat efek induksi di dlm kumparan putar bila berputar didlm medan magnet, dng syarat bhw kumparan tsb merupakan sebuah rangk listrik tertutup.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

11

Sensivitas Galvanometer

Tiga definisi sensivitas galvanometer :

1. Sensivitas arus
2. Sensivitas tegangan
3. Sensivitas mega-ohm

Anhar, ST, MT 02/10/2012

12

Sensivitas arus

“perbandingan penyimpangan (defleksi) galvanometer thdp arus yg menghasilkan defleksi tsb. “

$$S_I = \frac{d \text{ mm}}{I \text{ } \mu\text{A}}$$

Dimana d : defleksi galvanometer dlm mm
i : arus dlm μA

Anhar, ST, MT 02/10/2012

13

Sensivitas tegangan

“perbandingan defleksi galvanometer thdp tegangan yg menghasilkannya.”

$$S_V = \frac{d \text{ mm}}{V \text{ mV}}$$

Dimana d : defleksi galvanometer dlm mm
V : tegangan dlm mV

Anhar, ST, MT 02/10/2012

14

Sensivitas balistik

“perbandingan defleksi maksimal galvanometer, dm , thdp jumlah muatan listrik Q , di dlm satu pulsa tunggal yg menghasilkan defleksi tsb.”

$$S_Q = \frac{dm \text{ mm}}{Q \text{ } \mu\text{C}}$$

Dimana dm : defleksi galvanometer dlm mm
 Q : kuantitas listrik dlm μC

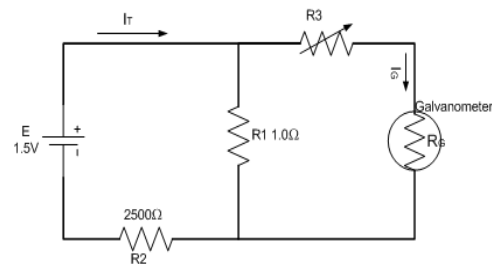
Anhar, ST, MT 02/10/2012

15

Contoh 3.1

Sebuah galvanometer diuji dlm rangk dibwh. Dng membuat R_3 pd 450Ω , defleksi galvanometer adlh 150 mm, dan utk $R_3 = 950\Omega$, defleksi berkurang menjadi 75 mm. Tentukan :

- Tahanan galvanometer
- Sensivitas arusnya



Anhar, ST, MT 02/10/2012

16

Penyelesaian :

a) Bagian arus total I_T adlh :
$$I_G = \frac{R1}{R1 + R3 + R_G} \times I_T$$

Krn defleksi utk $R3 = 450\Omega$ adlh 150mm dan utk $R3 = 950\Omega$ adlh 75mm, arus galvanometer I_G dlm hal kedua ini adlh separoh dr arus galvanometer dlm kasus pertama. Krn itu dpt dituliskan :

$$I_{G1} = 2I_{G2} \text{ atau } \frac{1.0}{1.0 + 450 + R_G} = 2 \frac{1.0}{1.0 + 950 + R_G}$$

dan dng menyelesaikannya didpt $R_G = 49\Omega$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

17

Penyelesaian :

b) Dng melihat gbr diperoleh bhw R_T adlh :

$$R_T = R2 + \frac{R1(R3 + R_G)}{R1 + R3 + R_G} \approx 2500\Omega$$

$$\text{sehingga } I_T = \frac{1.5V}{2500\Omega} = 0.6mA$$

Utk $R3 = 450\Omega$, I_G adalah :

$$\begin{aligned} I_{G1} &= \frac{R1}{R1 + R3 + R_G} I_T \\ &= \frac{1.0}{1.0 + 450 + 49} \times 0.6mA = 1.2\mu A \end{aligned}$$

$$\text{dan } S_I = \frac{150 \text{ mm}}{1.2 \mu A} = 125 \text{ mm} / \mu A$$

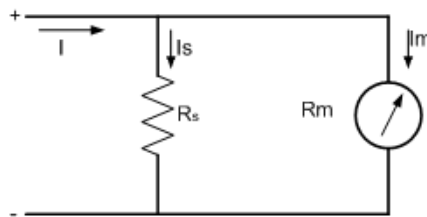
Anhar, ST, MT 02/10/2012

18

Ampermeter Arus Searah

Tahanan Shunt

- ▶ Ampermeter DC juga menggunakan gerakan dasar galvanometer PMMC.
- ▶ Krn gulungan kumparan adlh kecil dan ringan, maka dia hanya dpt mengalirkan arus yg kecil.
- ▶ Bila yg diukur adalah arus besar, sebagian dr arus tsb perlu dilewatkan ke sebuah tahanan yg disebut shunt.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

19

Ampermeter Arus Searah

- ▶ Tahanan shunt dpt ditentukan dng menerapkan analisa rangk konvensional, dimana
 - R_m : tahanan dlm alat ukur
 - R_s : tahanan shunt
 - I_m : arus defleksi skala penuh
 - I_s : arus shunt
 - I : arus skala penuh ampermeter termasuk arus shunt
- ▶ Krn tahanan shunt paralel thdp alat ukur, penurunan tegangan pd tahanan shunt dan alat ukur harus sama dan dituliskan :

$$V_{shunt} = V_{alat\ ukur}$$

$$I_s R_s = I_m R_m \text{ dan } R_s = \frac{I_m R_m}{I_s}$$

$$\text{Karena } I_s = I - I_m$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{I - I_m}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

20

Contoh 3.2 :

Sebuah alat ukur 1 mA dengan tahanan dalam 100Ω akan diubah menjadi 0–100 mA. Tentukan nilai tahanan shuntnya.

Penyelesaian :

$$I_s = I - I_m = 100 - 1 = 99$$

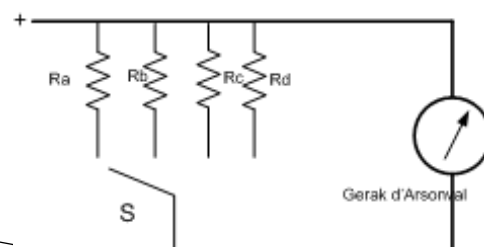
$$R_s = \frac{I_m R_m}{I_s} = \frac{1\text{mA} \times 100\Omega}{99\text{mA}} = 1.01\Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

21

Ampermeter Rangkuman Ganda

- ▶ Batas alat ukur arus searah masih dpt diperbesar dng menggunakan sejumlah tahanan shunt yg dipilih mll sakelar rangkuman spt grb dibwh.
- ▶ Memiliki 4 shunt R_a , R_b , R_c dan R_d yg paralel thdp alat ukur agar menghasilkan 4 batas ukur yg berbeda.
- ▶ Sakelar S adlh sebuah sakelar posisi ganda.

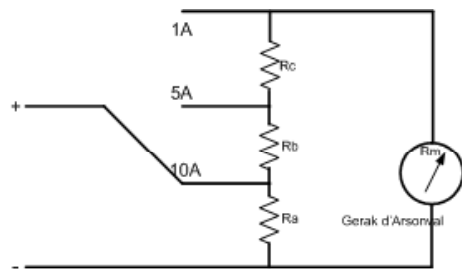


Anhar, ST, MT 02/10/2012

22

Ampermeter dng Shunt Ayrton

- Utk melindungi PMMC dr kerusakan akibat tdk terlindung oleh shunt pd saat transisi perpindahan saklar.

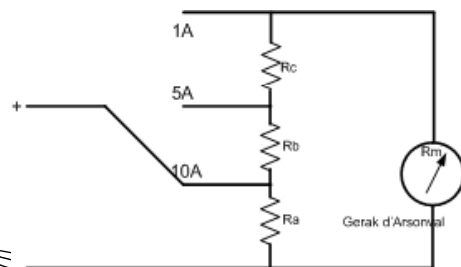


Anhar, ST, MT 02/10/2012

23

Contoh 3.3 :

Rancang sebuah shunt ayrton seperti gmbr dibawah yg menghasilkan ampermeter dng batas rangkuman 1A, 5A, dan 10A. Gerakan d'ArArsonval yg digunakan mempunyai tahanan dalam $R_m = 50\Omega$ dan defleksi penuh 1mA.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

24

Penyelesaian :

Pada batas ukur 1A :

$R_a + R_b + R_c$ paralel thdp 50Ω . Krn gerakan alat ukur memerlukan 1mA utk defleksi penuh diperlukan shunt utk mengalirkan arus sebesar $1A - 1mA = 999mA$.

$$R_a + R_b + R_c = \frac{I_m \cdot R_m}{I_s} = \frac{1 \times 50}{999} = 0,05005\Omega \quad \dots(1)$$

Pada batas ukur 5A :

$R_a + R_b$ paralel thdp $R_c + R_m$ (50 ohm). Dlm hal ini arus 1mA akan mengalir melalui $R_m + R_c$ dan 4999 mA mll $R_a + R_b$.

$$R_a + R_b = \frac{1 \times (R_c + 50\Omega)}{4,999} \quad \dots(2)$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

25

Penyelesaian :

Pada batas ukur 10A:

Dlm posisi ini, R_a menjadi shunt dan $R_b + R_c$ seri dng R_m . Arus, mll R_m adlh 1mA, dan mll shunt (R_a) adlh sisanya sebesar 9999 mA. Sehingga :

$$R_a = \frac{1 \times (R_b + R_c + 50\Omega)}{9,999} \quad \dots(3)$$

Dng menyelesaikan persamaan 1,2 dan 3 diperoleh :

$$4,999 \times (1) : 4,999R_a + 4,999R_b + 4,999R_c = 250,2$$

$$(2) : 4,999R_a + 4,999R_b - R_c = 50$$

Dng mengurangkan (2) dr (1) :

$$5,000R_c = 200,2$$

$$R_c = 0,04004\Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

26

Penyelesaian :

Dng cara yg sama :

$$9,999 \times (1) : 9,999R_a + 9,999R_b + 9,999R_c = 500,45$$

$$(2) : 9,999R_a - R_b - R_c = 50$$

$$\frac{10,000R_b + 10,000R_c}{10,000R_b + 10,000R_c} = 450,45$$

Substitusi harga R_c yg telah diperoleh ke dlm persm ini memberikan :

$$10,000R_b = 450,45 - 400,4$$

$$R_b = 0,005005 \Omega$$

$$R_a = 0,005005 \Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

27

Prosedur Umum Penggunaan Amperemeter

1. Jgn menghubungkan amperemeter ke sumber teg. Tahanan dalam amperemeter yg kecil menyebabkan arus yg besar.
2. Sebelum digunakan, atur pointer benar-benar berada pd posisi nol.
3. Periksa polaritas amperemeter. Polaritas terbalik akan menyebabkan defleksi yg terbalik.
4. Bila menggunakan amperemeter multirange, mula-mula, gunakan range yg tertinggi, kemudian turunkan. Agar akurasi pengukuran tinggi, gunakan range yg mendekati skala penuh.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

28

Latihan :

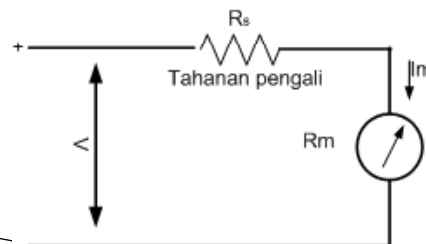
1. Tentukan tegangan skala penuh yg ditunjukkan oleh sebuah alat ukur $500\mu\text{A}$ dng tahanan dalam 250Ω jika tdk ada pengali yg digunakan.
2. Rencanakan sebuah ampermeter dc rangkuman ganda dng batas ukur 10mA , 50mA , 100mA dan 500mA . Digunakan alat d'Arsonval dng tahanan dlm $R_m=50\Omega$ dan arus defleksi penuh 1mA .
3. Sebuah PMMC dng tahanan dalam $R_m=1\text{k}\Omega$, arus maks yg dpt diterima $I_m=50\mu\text{A}$. Rancanglah shunt aryton yg masing2 memiliki batas ukur 10mA , 100mA dan 1A .

Anhar, ST, MT 02/10/2012

29

Voltmeter Arus Searah

- ▶ Tambahan tahanan seri/pengali, mengubah gerakan d'arsonval menjadi sebuah voltmeter arus searah.
- ▶ Tahanan pengali membatasi arus ke alat ukur agar tdk melebihi arus skala penuh (I_{dp}).
- ▶ Utk pengukuran, voltmeter dihubungkan paralel dng sumber tegangan/komponen.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

30

Voltmeter Arus Searah

Pd rangkaian : $V = V_s + V_m$

$$V = I_m(R_s + R_m)$$

Dimana I_m = arus defleksi dr alat ukur

R_m = tahanan dlm alat ukur

R_s = tahanan pengali

V = teg rangkuman maks

Selesaikan utk R_s :

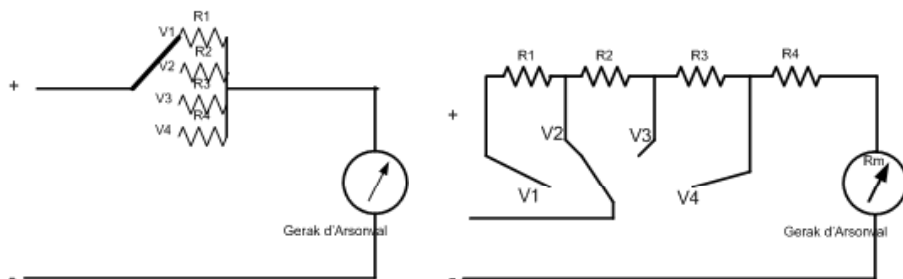
$$R_s = \frac{V - I_m R_m}{I_m} = \frac{V}{I_m} - R_m$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

31

Voltmeter Rangkuman Ganda

- Gbr kanan merupakan penyempurnaan dan memiliki keuntungan krn kita hanya perlu menentukan R_4

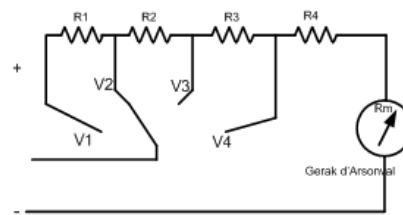


Anhar, ST, MT 02/10/2012

32

Contoh 3.3 :

sebuah gerak d'arsonval dng tahanan dalam $R_m=100$ ohm dan skala penuh $I_{dp}= 1$ mA, akan diubah menjadi voltmeter arus searah rangkuman ganda dng batas ukur 0–10V, 0–50V, 0–250V, 0–500V. Gunakan gambar berikut. Tentukan nilai tahananannya.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

33

Penyelesaian :

Pd rangkuman 10V, tahanan totalnya adlh :

$$R_T = 10V/1 \text{ mA} = 10 \text{ kohm}$$

$$R_4 = R_T - R_m = 10 \text{ kohm} - 100 \text{ ohm} = 9.900 \text{ ohm}$$

Pd rangkuman 50V

$$R_T = 50V/1 \text{ mA} = 50 \text{ kohm}$$

$$R_3 = R_T - (R_4 + R_m) = 40 \text{ kohm}$$

Pd rangkuman 250V

$$R_T = 250V/1 \text{ mA} = 250 \text{ kohm}$$

$$R_2 = R_T - (R_3 + R_4 + R_m) = 200 \text{ kohm}$$

Pd rangkuman 500V

$$R_T = 500V/1 \text{ mA} = 500 \text{ kohm}$$

$$R_1 = R_T - (R_2 + R_3 + R_4 + R_m) = 250 \text{ kohm}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

34

Sensivitas Voltmeter

Nilai Ohm per Volt

- ▶ Sensivitas/nilai ohm per volt suatu voltmeter dirumuskan dng : $S = \frac{1 \Omega}{I_{dp} V}$

- ▶ Sensivitas voltmeter dpt digunakan utk menentukan tahanan pengalinya :

$$R_T = S \times V$$

$$R_s = (S \times V) - R_m$$

- ▶ Dimana :

- S = sensitivitas voltmeter
- V = rangkuman tegangan
- R_m = tahanan dalam alat ukur
- R_s = tahanan pengali

Anhar, ST, MT 02/10/2012

35

Contoh 3.4

- ▶ Contoh :

Ulangi soal sebelumnya, dan gunakan metode sensitivitas utk menentukan tahanan pengalinya.

- ▶ Penyelesaian :

$$S = 1\Omega / I_{dp} = 1 / 0,001A = 1000$$

$$R_4 = (S \times V) - R_m = (1000 \times 10V) - 100\Omega = 9.900\Omega$$

$$R_3 = (S \times V) - R_m = (1000 \times 50V) - 10000\Omega = 40k\Omega$$

$$R_2 = (S \times V) - R_m = (1000 \times 250V) - 50k\Omega = 200k\Omega$$

$$R_1 = (S \times V) - R_m = (1000 \times 500V) - 250k\Omega = 250k\Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

36

Efek Pembebanan

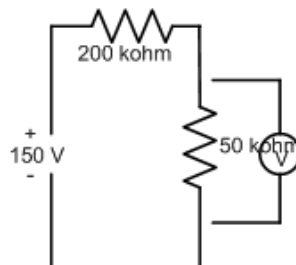
- ▶ Sensivitas voltmeter merupakan faktor penting dlm pemilihan sebuah alat ukur utk pengukuran teg tertentu.
- ▶ Voltmeter sensitivitas rendah menghasilkan pembacaan yg tepat bila mengukur teg dlm rangkaian2 tahanan rendah.
- ▶ Tapi menghasilkan pembacaan yg tdk tepat dlm rangkaian tahanan 2 tinggi krn voltmeter bertindak sbg shunt bagi rangkaian tsb

Anhar, ST, MT 02/10/2012

37

Efek Pembebanan

- ▶ Disebut efek pembebanan instrumen yg terutama disebabkan instrumen2 sensitivitas rendah



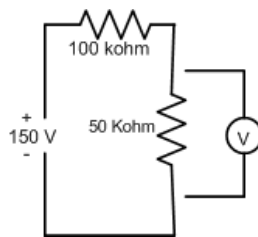
Anhar, ST, MT 02/10/2012

38

Contoh :

Diinginkan utk mengukur tegangan antara ujung2 tahanan 50 kohm dlm rangkaian dibwh. Utk pengukuran ini tersedia 2 voltmeter : voltmeter 1 dng sensitivitas $1000 \Omega/V$ dan voltmeter 2 dng sensitivitas $20000 \Omega/V$. Kedua voltmeter dipakai pd rangkuman 50 V. Tentukan :

- Pembacaan tiap voltmeter
- Kesalahan dlm tiap pembacaan, dinyatakan dlm persen.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

39

Penyelesaian :

Pemeriksaan rangk menunjukkan bhw teg pd tahanan 50 kohm adlh :

$$(50 \text{ kohm} / 150 \text{ kohm}) \times 150 \text{ V} = 50 \text{ V}$$

Ini adlh nilai teg sebenarnya pd tahanan 50 V

(a) Voltmeter 1 memiliki tahanan $50 \text{ V} \times 1000 \Omega/V = 50 \text{ kohm}$ pd rangkuman 50 V. Menghubungkan voltmeter antara tahanan 50 kohm menyebabkan pertambahan tahanan paralel ekuivalen menjadi 25 kohm dan tahanan total rangkaian menjadi 125 kohm. Beda potensial pd gabungan voltmeter dan tahanan 50 kohm menghasilkan penunjukan voltmeter sebesar

$$V_1 = (25 \text{ kohm} / 125 \text{ kohm}) \times 150 \text{ V} = 30 \text{ V}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

40

Penyelesaian :

Voltmeter 2 memiliki tahanan $50\text{ V} \times 20\text{ kohm/v} = 1\text{ mohm}$ pd rangkuman 50 V . Bila voltmeter ini dihubungkan ke tahanan 50 kohm , tahanan ekuivalen paralel adlh $47,6\text{ kohm}$. Gabungan ini menghasilkan penunjukan teg pd voltmeter sebesar :

$$V1 = (47,6\text{ kohm} / 147,6\text{ kohm}) \times 150\text{V} = 48,36\text{ V}$$

(b) Kesalahan pembacaan voltmeter 1 adlh :

$$\begin{aligned} \% \text{kesalahan} &= \frac{\text{teg sebenarnya} - \text{teg yg diukur}}{\text{teg sebenarnya}} \times 100\% \\ &= \frac{50\text{V} - 30\text{V}}{50\text{V}} \times 100\% = 40\% \end{aligned}$$

Kesalahan pembacaan voltmeter 2 adlh :

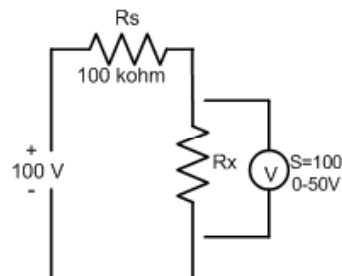
$$\begin{aligned} \% \text{kesalahan} &= \frac{\text{teg sebenarnya} - \text{teg yg diukur}}{\text{teg sebenarnya}} \times 100\% \\ &= \frac{50\text{V} - 48,36\text{V}}{50\text{V}} \times 100\% = 3,28\% \end{aligned}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

41

Contoh :

Satu-satunya voltmeter yg tersedia di seluruh lab memiliki sensitivitas $100\ \Omega/\text{V}$ dan tiga skala, 50V , 150V , dan 300V . Bila dihubungkan ke rangkaian berikut, voltmeter membaca $4,65\text{ V}$ pd skala terendah (50V). Tentukan R_x .



Anhar, ST, MT 02/10/2012

42

Penyelesaian :

Tahanan voltmeter pd skala 50V adlh :

$$R_v = 100 \Omega/V \times 50V = 5 \text{ kohm}$$

Bila R_p = tahanan paralel R_x dan R_v

$$R_p = (V_p/V_s) \times R_s = (4,65/95,35) \times 100 \text{ kohm} = 4,878 \text{ kohm}$$

Maka

$$R_x = \frac{R_p \times R_v}{R_v - R_p} = \frac{4,878 \times 5}{0,122} = 200 \text{ k}\Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

43

Pencegahan yg dilakukan bila menggunakan voltmeter :

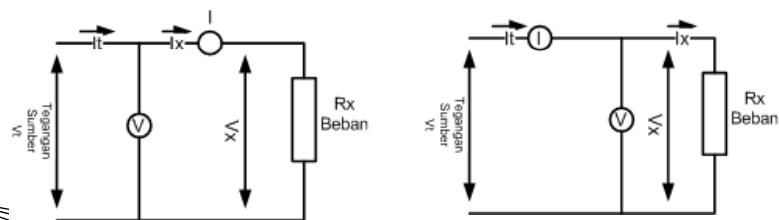
- ▶ Periksa polaritas dng benar. Kalau salah bila menyebabkan voltmeter kesumbat dan jarum rusak.
- ▶ Hubungkan voltmeter secara paralel thdp komponen yg diukur
- ▶ Bila menggunakan voltmeter rangkuman ganda, gunakan rangkuman tertinggi dan turunkan sampai diperoleh pembacaan naik yg baik
- ▶ Hati2 thdp efek pembebanan, dpt diminimalkan dng penggunaan rangk setinggi mungkin dan sensitivitas setinggi mungkin

Anhar, ST, MT 02/10/2012

44

Metode Voltmeter–Ampermeter

- ▶ Suatu cara utk mengukur tahanan krn instrumen ini yg biasa tersedia.
- ▶ Pengukuran berdasarkan hk. Ohm : $R_x = \frac{V}{I}$
- ▶ Ada 2 cara metode pengukuran tahanan dng metode voltmeter–ampermeter :



Anhar, ST, MT 02/10/2012

45

Metode Voltmeter–Ampermeter

Metode (a)

- ▶ Ampermeter membaca arus beban (I_x) yg sebenarnya, voltmeter mengukur tegangan sumber (V_t).
- ▶ Jika $R_x \gg r_d$ (ampermeter), kesalahan yg diakibatkan penurunan teg didlm ampermeter dpt diabaikan, dan $V_t \approx$ teg beban sebenarnya.
- ▶ Cocok utk pengukuran tahanan yg tinggi.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

46

Metode Voltmeter–Ampermeter

Metode (b)

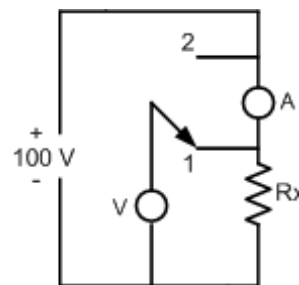
- ▶ Voltmeter membaca tegangan beban (V_x) yg sebenarnya, ampermeter mengukur arus sumber (I_t).
- ▶ Jika $R_x \ll r_d$ dr voltmeter, arus yg mengalir ke voltmeter tdk begitu berpengaruh thdp arus sumber, dan $I_t \approx$ arus beban sebenarnya.
- ▶ Cocok utk pengukuran tahanan yg rendah.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

47

Metode Voltmeter–Ampermeter

- ▶ Bagaimana bila R_x tdk diketahui??
- ▶ Prosedurnya adlh :
 - a) Hubungkan voltmeter thdp R_x dng saklar pd posisi 1 dan amati pembacaan ampermeter.
 - b) Pindahkan saklar ke posisi 2. Jika pembacaan ampermeter tdk berubah, kembalikan saklar ke posisi 1. Gejala ini menunjukkan pengukuran tahanan rendah. Catat pembacaan arus dan teg dan hitung R_x dng menggunakan rumus.
 - c) Jika pembacaan ampermeter berkurang sewaktu memindahkan saklar dr posisi 1 ke posisi 2, biarkan voltmeter pd posisi 2. Gejala ini menunjukkan pengukuran tahanan tinggi.

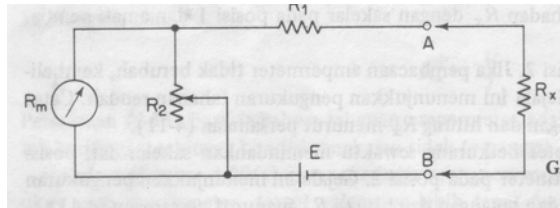


Anhar, ST, MT 02/10/2012

48

Ohmmeter Tipe Seri

- ▶ Memiliki gerak d'arsonval yg dihubungkan seri dng sebuah tahanan dan baterai ke sepasangan terminal utk hub ke tahanan yg tdk diketahui.



- R1 = tahanan pembatas arus
- R2 = tahanan pengatur nol
- E = baterai di dlm alat ukur
- Rm = tahanan dalam d'arsonval
- Rx = tahanan yg tdk diketahui

Anhar, ST, MT 02/10/2012

49

Ohmmeter Tipe Seri

- ▶ Nilai Rx membuat defleksi setengah skala dr ohmmeter. Pd saat ini, tahanan antara titik A dan B = tahanan pd posisi ½ skala Rh.
- ▶ Sehingga, Rh = tahanan dalam total ohmmeter

$$Rh = R1 + \frac{R2Rm}{R2 + Rm}$$

- ▶ Tahanan yg diberikan ke baterai 2 Rh, arus baterai yg diperlukan utk memberikan defleksi ½ skala adlh :

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

Anhar, ST, MT 02/10/2012

50

Ohmmeter Tipe Seri

- ▶ Utk menghasilkan defleksi skala penuh, arus baterai harus didobel, berarti :

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

- ▶ Arus shunt mll R2 adlh : $I_2 = I_t - I_{dp}$

- ▶ Teg pd jarak shunt = teg pd jarak gerakan

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

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

Anhar, ST, MT 02/10/2012

51

Ohmmeter Tipe Seri

- ▶ Substitusikan pers. : $R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_t - I_{dp}} = \frac{I_{dp} R_m R_h}{E - I_{dp} R_m}$

- ▶ Selesaikan utk R1 :

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

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

Anhar, ST, MT 02/10/2012

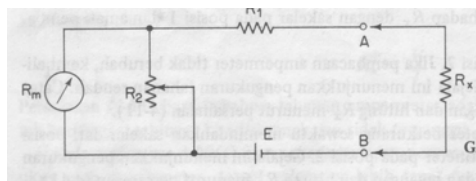
52

Ohmmeter Tipe Seri

► Contoh :

► Ohmmeter pd gbr berikut menggunakan gerak dasar 50Ω memerlukan arus skala penuh sebesar 1 mA . Tegangan baterai 3 V . Tanda skala yg diinginkan utk defleksi setengah skala adlh 2000Ω . Tentukan :

- Nilai R_1 dan R_2 .
- Nilai R_2 terbesar utk mengkompensir penurunan tegangan 10% dlm baterai.



Anhar, ST, MT 02/10/2012

53

Ohmmeter Tipe Seri

► Penyelesaian :

(a) Arus total batere pada defleksi skala penuh adalah

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

Lalu arus melalui tahanan pengatur nol R_2 adalah

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

Nilai R_2 adalah

$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2} = \frac{1 \text{ mA} \times 50 \Omega}{0,5 \text{ mA}} = 100 \Omega$$

Tahanan paralel gerakan dan shunt (R_p) adalah

$$R_p = \frac{R_2 R_m}{R_2 + R_m} = \frac{50 \times 100}{150} = 33,3 \Omega$$

Nilai tahanan pembatas arus R_1 adalah

$$R_1 = R_h - R_p = 2,000 - 33,3 = 1966,7 \Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

54

Ohmmeter Tipe Seri

(b) Pada penurunan 10% tegangan batere

$$E = 3 \text{ V} - 0,3 \text{ V} = 2,7 \text{ V}$$

maka arus total batere menjadi

$$I_t = \frac{E}{R_h} = \frac{2,7 \text{ V}}{2000 \Omega} = 1,35 \text{ mA}$$

Arus shunt adalah

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

maka tahanan pengatur nol R_2 adalah :

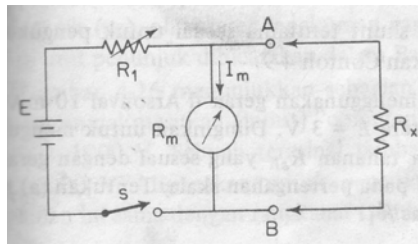
$$R_2 = \frac{I_{dp} R_m}{I_2} = \frac{1 \text{ mA} \times 50 \Omega}{0,35 \text{ mA}} = 143 \Omega$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

55

Ohmmeter Tipe Shunt

► Gbr ohmmeter tipe shunt :



- Diperlukan saklar on-off utk memutuskan hub baterai ke rangkaian bila instrumen tdk digunakan.
- Sesuai utk pengukuran tahanan yg rendah, spt tahanan tanah.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

56

Ohmmeter Tipe Shunt

- ▶ Analisa ohmmeter tipe shunt=tipe seri. Bila $R_x = \sim$:

$$I_{dp} = \frac{E}{R_1 + R_m}$$

- ▶ dimana E : tahanan baterai
R1 : tahanan pembatas arus
Rm : tahanan dalam

- ▶ Selesaikan utk R1, menghasilkan : $R_1 = \frac{E}{I_{dp}} - R_m$

- ▶ Utk setiap nilai Rx yg dihubungkan ke terminal, arus mll alat ukur berkurang dan diberikan oleh :

$$I_m = \left\{ \frac{E}{R_1 + [R_m R_S / (R_m + R_S)]} \right\} \times \frac{R_S}{R_m + R_S}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

57

Ohmmeter Tipe Shunt

- ▶ Arus mll alat ukur pd setiap nilai Rx dibandingkan thdp arus skala penuh adlh :

$$s = \frac{I_m}{I_{dp}} = \frac{R_x(R_1 + R_m)}{R_1(R_m + R_x) + R_m R_x}$$

$$s = \frac{R_x(R_1 + R_m)}{R_x(R_1 + R_m) + R_1 R_m}$$

- ▶ Dng definisi : $\frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m} = R_p$

- ▶ Substitusikan pers sehingga :

$$s = \frac{R_x}{R_x + R_p}$$

Anhar, ST, MT 02/10/2012

58

Ohmmeter Tipe Shunt

- ▶ Pd pembacaan setengah skala ($I_m = 0,5 I_{dp}$), maka pers sebelumnya menjadi :

$$0,5 I_{dp} = \frac{ER_h}{R_1 R_m + R_h(R_1 + R_m)}$$

- ▶ Dimana R_h = tahanan luar yg menyebabkan defleksi setengah skala.
- ▶ Bila pers tsb diselesaikan utk R_h :

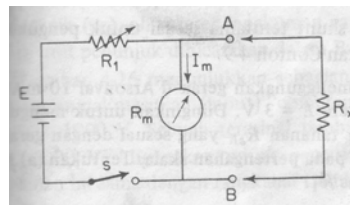
$$R_h = \frac{R_1 R_m}{R_1 + R_m}$$

Ohmmeter Tipe Shunt

- ▶ Contoh :

- ▶ Rangk gbr berikut menggunakan gerak d'arsonval 10 mA dng tahanan dalam 5Ω . Tegangan baterai $E = 3\text{ V}$. Diinginkan utk mengubah rangkaian dng menambahkan sebuah tahanan R_{sh} yg sesuai dng gerakan sehingga instrumen menunjukkan $0,5\Omega$ pd pertengahan skala. Tentukan :

- ▶ Nilai tahanan shunt R_{sh}
- ▶ Nilai tahanan batas R_1 .



Ohmmeter Tipe Shunt

► Penyelesaian :

(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 juga muncul pada R_x , arus melalui R_x adalah

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

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

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

shunt menjadi

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

Anhar, ST, MT 02/10/2012

61

Ohmmeter Tipe Shunt

(b) Arus total batere adalah

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

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

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

Anhar, ST, MT 02/10/2012

62

Latihan (Tgs 2)

1. Resistansi diukur dng metode voltmeter–ampermeter spt pd teknik pengukuran (a). Pembacaan ampermeter adlh 0,5mA dan voltmeter adlh 500V. Tahanan dalam ampermeter 10 ohm. Voltmeter memiliki sensitivitas $10\text{k}\Omega/\text{V}$ dan digunakan pd range 1000V. Hitung nilai R dng memperhitungkan tahanan dalam alat ukur.
2. Metode pengukuran resistensi pd soal no. 1 diatas diubah konfigurasinya menggunakan teknik (b). Tentukan brp nilai yg akan ditunjukkan voltmeter dan ampermeter.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

63

Latihan(lanjut...)

3. Metode voltmeter–ampermeter teknik (a) digunakan utk mengukur resistansi. Tahanan dlm ampermeter adlh 10 ohm. Jika ampermeter menunjukkan 0,5A dan voltmeter membaca 500V, tentukan nilai resistansi dr pembacaan langsung dan resistansi sebenarnya.
4. Rencanakan sebuah ohmmeter tipe seri dimana memerlukan 0,5 mA utk defleksi penuh dan mempunyai tahanan dalam sebesar 50 ohm. Tegangan baterai 3 V. Nilai yg diinginkan utk tahanan setengah skala adlh 3000 ohm. Tentukan nilai R1 dan R2.

Anhar, ST, MT 02/10/2012

64