

# INSTRUMEN PENUNJUK ARUS BOLAK-BALIK

Anhar, ST, MT.  
Lab Jaringan Komputer – UNRI  
Anhar.net63.net

## Outline

- ◉ PMMC utk arus bolak-balik
- ◉ Voltmeter dng penyearah setengah gelombang
- ◉ Voltmeter dng penyearah gelombang penuh

## PMMC utk Arus Bolak-Balik

- ⊙ Penggunaan PMMC memperhatikan polaritas tegangan.
- ⊙ Hanya dpt menerima arus dc, tdk ac.
- ⊙ Utk ac berfrekuensi rendah (0.1 Hertz), pointer berusaha mengikuti harga sesaat arus ac :
  - $\frac{1}{2}$  siklus positif  $\implies$  pointer ke kanan kemudian kembali ke 0.
  - $\frac{1}{2}$  siklus negatif  $\implies$  pointer ke kiri (tertahan) kemudian kembali ke 0.

05/11/2012

Anhar, ST, MT

3

- ⊙ Pd  $f \gg 0.1$  Hz, dinamika PMMC mencegah pointer mengikuti pergerakan arus.
- ⊙ PMMC hanya dpt menunjukkan harga rata2 dr arus.
- ⊙ Contoh :
  - Arus AC :  $I(t) = I_m \sin \frac{2\pi}{T} t$
  - Harga rata2 :

$$\begin{aligned}
 I_{av} &= \frac{1}{T} \int_0^T I(t) dt = \int_0^T I_m \sin \frac{2\pi}{T} t dt \\
 &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} I_m \sin t dt = \frac{1}{2\pi} I_m (-\cos t) \Big|_0^{2\pi} \\
 &= \frac{1}{2\pi} I_m [(-\cos 2\pi) - (-\cos 0)] = \frac{1}{2\pi} I_m [(-1) - (-1)] = 0
 \end{aligned}$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

4

- ⊙ Krn harga rata2 gel sinus adlh 0....tegangan/arus gunakan rms (root mean square).

- ⊙ Contoh :  $V(t) = V_m \sin \frac{2\pi}{T} t$

- ⊙ Harga rmsnya :  $V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V(t))^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (V_m \sin \frac{2\pi}{T} t)^2 dt}$   
 $= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_m^2 \sin^2 \frac{2\pi}{T} t dt}$

- ⊙ Diselesaikan dng  $T=2\pi$ , didpt :  $V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$

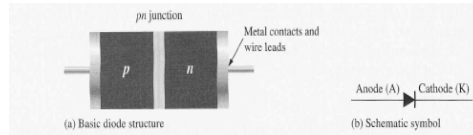
- ⊙ Jadi, bila teg tertulis 220 V, maka harga tegangan rms adlh 220 V sedangkan teg maksimumnya  $220\sqrt{2}$

## Komponen Penyearah

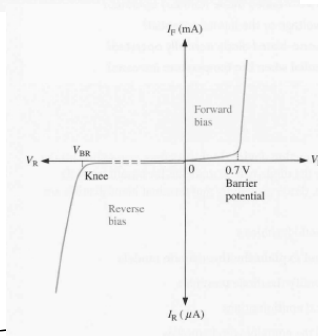
- ⊙ PMMC tdk dpt digunakan langsung utk mengukur teg/arus AC
- ⊙ Diperlukan rangk penyearah yg mengubah AC menjadi DC
- ⊙ Komponen elektronika yg biasa digunakan utk rangk penyearah dioda
- ⊙ Dioda >> dpt mengalirkan arus pd satu arah dan menahan arus pd arah sebaliknya

# Dioda

● Struktur dan simbol dioda



● Kurva teg vs arus



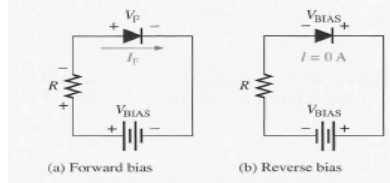
05/11/2012

Anhar, ST, MT

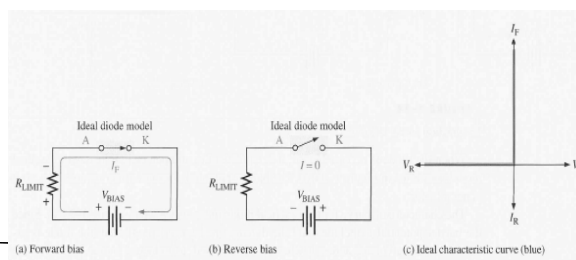
7

# Model

● Bias maju dan bias mundur pd dioda



● Model dioda ideal



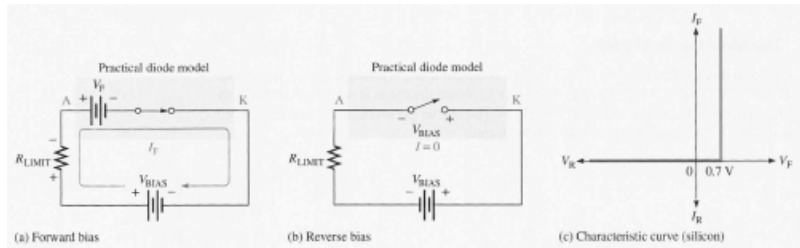
05/11/2012

Anhar, ST, MT

8

## Model dioda

- Model dioda yg perhitungkan potensial barrier (teg ambang dioda)



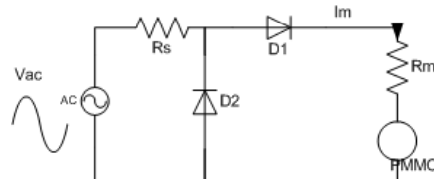
05/11/2012

Anhar, ST, MT

9

## Voltmeter dng Penyearah 1/2 Gelombang

- Menggunakan 2 dioda agar PMMC dpt terdefleksi pd arah positif.



- Pd siklus positif  $V_{ac}$ , D1 short dan D2 open. Aliran arus : sumber-Rs-D1-Rm-PMMC-sumber.
- Pd siklus negatif  $V_{ac}$ , D1 open dan D2 short. Aliran arus : sumber-D2-Rs-sumber.
- Meskipun harga besaran AC yg diukur dinyatakan dlm rms, namun PMMC memberikan respon thdp nilai rata2 gelombang yg telah disearahkan.

05/11/2012

Anhar, ST, MT

10

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- Nilai rata2 didpt eng mencari luasan gelombang pd satu periode (mengintegralkan) dan membagi dng periodenya.
- Misal. Gel sinus disearahkan ½ gelombang, dng  $T=2\pi$  :

$$V(t) = V_m \sin t \quad \text{untuk } 0 < t < \pi$$

$$V(t) = 0 \quad \text{untuk } \pi < t < 2\pi$$

$$V_{av} = V_{dc} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} V(t) dt \quad (1)$$

- Krn penyearah hanya ½ gelombang, maka integral hanya sepanjang  $0 < t < \pi$ , dng  $T=2\pi$ .

$$V_{av} = V_{dc} = \frac{1}{2} \int_0^{2\pi} V(t) dt = \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\pi} V(t) dt + \int_{\pi}^{2\pi} V(t) dt \right]$$

$$= \frac{1}{2\pi} \left[ \int_0^{\pi} V(t) dt + 0 \right]$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

11

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- Sehingga :  $V_{av} = V_{dc} = \frac{1}{2} \int_0^{\pi} V(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_m \sin t dt$

$$= \frac{V_m}{2\pi} (-\cos t) \Big|_0^{\pi} = \frac{V_m}{2\pi} (-\cos \pi - (-\cos 0))$$

$$= \frac{V_m}{2\pi} (-(-1) - (-1)) = \frac{V_m}{2\pi} = 0,318V_m \quad (2)$$

- Defleksi PMMC sebanding dng harga rata2 sedangkan besaran yg akan diukur biasanya dinyatakan dlm rms. Sehingga hubungannya adlh :

$$V_{av} = V_{dc} = 0,45 V_{rms} \quad (3)$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

12

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- ◉ Krn penunjukan PMMC sedanding dng arus rata2, maka  $I_m$  skala penuh =  $I_{av}$  skala penuh.
- ◉ Seperti pd voltmeter dc :  $R_m + R_s = \frac{V}{I_m}$
- ◉ Krn PMMC hanya dpt merespon arus rata2, maka  $V$  juga merupakan teg rata2. Utk penyearah ½ gelombang  $V = V_{av} = 0,45 V_{rms}$ . Sehingga :

$$R_m + R_s = \frac{V}{I_m} = \frac{V_{av}}{I_m} = \frac{0,45 V_{rms}}{I_m} \quad (4)$$

- ◉ Rumusan ini hanya utk penyearah ½ gelombang dng model dioda ideal.

05/11/2012

Anhar, ST, MT

13

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- ◉ Jika menggunakan model dioda praktis (memperhitungkan potensial barrier/ $V_F$ ), maka :

$$R_m + R_s = \frac{V_{av} \text{ pada PMMC}}{I_m} = \frac{V_{av-PMMC}}{I_m} \quad (5)$$

- ◉ Krn adanya teg drop/potensial barrier tsb, maka teg puncak input PMMC  $\neq$  teg puncak input yg diukur

$$V_{\max-PMMC} \neq V_{\max-in}$$

- ◉ Oleh karna itu :  $V_{\max-PMMC} = V_{\max-in} - V_F$  (6)

- ◉ Dng menggunakan hub teg puncak dan teg rms input, maka

$$V_{\max-in} = \frac{V_{rms-in}}{0,707}$$

$$V_{\max-PMMC} = \frac{V_{rms-in}}{0,707} - V_F \quad (7)$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

14

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- Hub antara teg puncak dng teg rata2 penyearah ½ gelombang pd PMMC :

$$V_{av-PMMC} = 0,318 V_{max-PMMC}$$

- Substitusikan ke pers. (7), menghasilkan :

$$V_{av-PMMC} = 0,318 \cdot \left( \frac{V_{rms-in}}{0,707} - V_F \right) \quad (8)$$

- Dng mensubstitusikan per. (8) ke pers. (5) dihasilkan pers. (9) yg merupakan rumusan dlm perencanaan voltmeter AC penyearah ½ gelombang dng asumsi dioda praktis.

$$R_m + R_s = \frac{0,318 \cdot \left( \frac{V_{rms-in}}{0,707} - V_F \right)}{I_m} \quad (9)$$

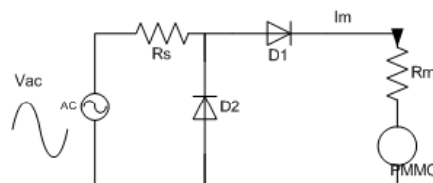
05/11/2012

Anhar, ST, MT

15

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- Contoh :
- PMMC dng  $I_m = 100\mu A$  dan  $R_m = 1k\Omega$  akan digunakan sebagai voltmeter AC multirange dengan batas ukur 10Vrms dan 100V rms seperti pd gambar berikut ini. Hitung nilai tahanan pengali  $R_s$  yang dibutuhkan untuk masing-masing range dengan asumsi dioda ideal dan dioda tdk ideal ( $V_f = 0,3 V$ )



05/11/2012

Anhar, ST, MT

16



## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- ⊙ Penyelesaian :
- ⊙ Untuk dioda ideal :
  - Range 10 Vrms :  $1k\Omega + R_s = \frac{(0,45)(10V)}{100\mu A}$   
 $R_s = 44 k\Omega$
  - Range 100 Vrms :  $1k\Omega + R_s = \frac{(0,45)(10V)}{100\mu A}$   
 $R_s = 44 k\Omega$
- ⊙ Utk dioda tdk ideal :

- Range 10 Vrms :

$$1k\Omega + R_s = \frac{0,318 \cdot \left( \frac{10V}{0,707} - 0,3V \right)}{100 \mu A}$$

$$R_s = 43 k\Omega$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

17

## Voltmeter dng Penyearah ½ Gelombang

- Untuk range 100 Vrms :

$$1k\Omega + R_s = \frac{0,318 \cdot \left( \frac{100V}{0,707} - 0,3V \right)}{100 \mu A}$$

$$R_s = 447,8 k\Omega$$

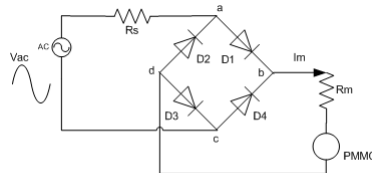
05/11/2012

Anhar, ST, MT

18

## Voltmeter dng Penyearah Gelombang Penuh

- Utk meningkatkan sensitivitas voltmeter ac, maka dikembangkan voltmeter ac penyearah gelombang penuh.



- Ketika  $V_{ac}$  pd siklus positif, D1 dan D3 short, D2 dan D4 open.  
Arus  $I_m$  : sumber-Rs-a-b-PMMC(+)-d-c-sumber
- Ketika  $V_{ac}$  pd siklus negatif, D2 dan D4 short, D1 dan D3 open.  
Arus  $I_m$  : sumber-c-d-PMMC(+)-d-a-Rs-sumber

05/11/2012

Anhar, ST, MT

19

## Voltmeter dng Penyearah Gelombang Penuh

- Pd saat teg  $V_{ac}$  siklus positif/negatif, arus  $I_m$  selalu mengalir melewati PMMC(+).
- Penyearah gelombang penuh melewati siklus positif dan membalikkan siklus negatif sehingga terbentuk deretan setengah siklus positif yg berulang2.
- Krn jmlh siklus positif hasil penyearahan gel penuh = 2x penyearahan  $\frac{1}{2}$  gel, maka hub antara harga rata2, harga mak/puncak dan harga rms menjadi :
  - $V_{av} = 2 \times (0,318 V_m)$
  - $V_{av} = 0,637 V_m$
  - $V_{av} = V_{dc} = 2 \times (0,45 V_{rms})$
  - $V_{av} = V_{dc} = 0,9 V_{rms}$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

20

## Voltmeter dng Penyearah Gelombang Penuh

- Rumus perencanaan voltmeter ac penyearah gelombang penuh adlh :

$$R_m + R_s = \frac{V}{I_m} = \frac{V_{av}}{I_m} = \frac{0,9V_{rms}}{I_m}$$

- Utk asumsi dioda praktis, menjadi :

$$R_m + R_s = \frac{0,637 \cdot \left( \frac{V_{rms-in}}{0,707} - 2 \cdot V_F \right)}{I_m}$$

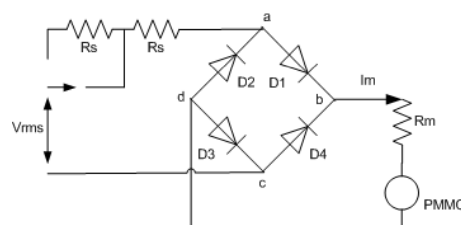
05/11/2012

Anhar, ST, MT

21

## Voltmeter dng Penyearah Gelombang Penuh

- Contoh :
- PMMC dng  $I_m=100\mu A$  dan  $R_m=1k\Omega$  akan digunakan sebagai voltmeter AC multirange jenis seri dng penyearah gelombang penuh seperti gambar berikut. Dioda yg digunakan adlh dioda germanium dng potensial barrier 0,3V. Jika diinginkan range 10 Vrms dan 100 Vrms, hitung R1 dan R2 yg dibutuhkan.



05/11/2012

Anhar, ST, MT

22

## Voltmeter dng Penyearah Gelombang Penuh

● Utk range 10Vrms :  $R_m + R_2 = \frac{0,637 \cdot \left( \frac{V_{rms-in}}{0,707} - 2 \cdot V_F \right)}{I_m}$   
 $1k\Omega + R_2 = \frac{0,637 \cdot \left( \frac{10V}{0,707} - 2(0,3V) \right)}{100 \mu A}$   
 $R_2 = 85,28 k\Omega$

● Utk range 100Vrms :  
 $R_m + R_2 + R_1 = \frac{0,637 \cdot \left( \frac{V_{rms-in}}{0,707} - 2 \cdot V_F \right)}{I_m}$   
 $1k\Omega + 85,28 k\Omega + R_1 = \frac{0,637 \cdot \left( \frac{10V}{0,707} - 2(0,3V) \right)}{100 \mu A}$   
 $R_1 = 810,9 k\Omega$

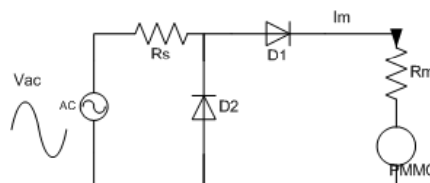
05/11/2012

Anhar, ST, MT

23

## Latihan

- PMMC dng  $I_m=50\mu A$  dan  $R_m=1,2k\Omega$  akan digunakan sebagai voltmeter AC multirange dengan batas ukur 10Vrms dan 100V rms seperti pd gambar berikut ini. Hitung nilai tahanan pengali  $R_s$  yang dibutuhkan untuk masing-masing range dengan asumsi dioda ideal dan dioda tdk ideal ( $V_f = 0,7 V$ )



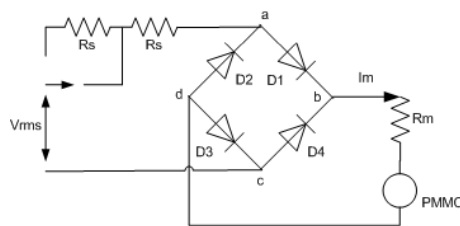
05/11/2012

Anhar, ST, MT

24

## Latihan....

- ⊙ PMMC dng  $I_m=75\mu\text{A}$  dan  $R_m=1,5\text{k}\Omega$  akan digunakan sebagai voltmeter AC multirange jenis seri dng penyearah gelombang penuh seperti gambar berikut. Dioda yg digunakan adlh dioda germanium dng potensial barrier  $0,7\text{V}$ . Jika diinginkan range  $10\text{ Vrms}$  dan  $100\text{ Vrms}$ , hitung  $R_1$  dan  $R_2$  yg dibutuhkan.



05/11/2012

25

## Ampermeter dng penyearah

- ⊙ Ampermeter AC harus memiliki tahanan dalam yg rendah agar efek pembebanan dpt dihindari.
- ⊙ Kalau tahanan dalam rendah berarti drop tegangan pd ampermeter jg rendah.
- ⊙ Bila langsung menggunakan dioda spt pd voltmeter AC, akan menyebabkan drop tegangan  $0,6\text{V}$  hingga  $1,4\text{V}$ .

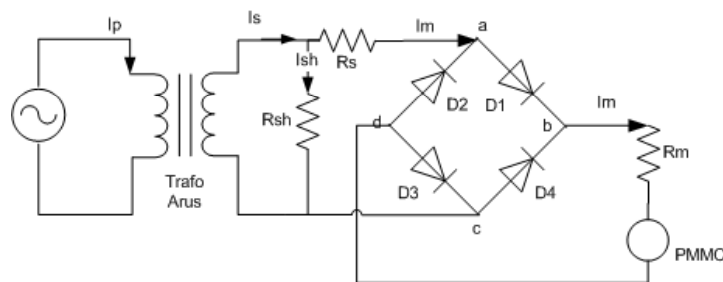
05/11/2012

Anhar, ST, MT

26

## Ampermeter dng penyearah

- Sehingga perlu digunakan trafo spt gmbr berikut ini.
- Perbandingan arus pd trafo : 
$$\frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$



05/11/2012

Anhar, ST, MT

27

## Contoh :

- Ampermeter AC spt pd gbr berikut akan direncanakan dng PMMC yg memiliki arus  $I_m$  FSD = 1mA dan  $R_m=1700\Omega$ . Trafo arus memiliki jumlah lilitan primer ( $N_p$ )=4 dan jumlah lilitan sekunder ( $N_s$ )=500. Dioda yg digunakan adlh jenis silikon. Tahanan pembatas arus  $R_s=20k\Omega$ . Hitung tahanan shunt  $R_{sh}$  yg dibutuhkan supaya ampermeter AC memiliki batas ukur arus primer sebesar 250 mA rms ( $I_p$ ).

05/11/2012

Anhar, ST, MT

28

## Penyelesaian :

- PMMC memberikan respon thdp arus rata2, maka :

$$I_{av-PMMC} \text{ FSD} = I_m \text{ FSD} = 1 \text{ mA}$$

- Harga puncak dr arus PMMC pd FSD :

$$I_{p-PMMC} = \frac{I_{av-PMMC}}{0,637} = \frac{I_m \text{ FSD}}{0,637} = \frac{1 \text{ mA}}{0,637} = 1,57 \text{ mA}$$

- Tegangan puncak pd trafo sekunder :

$$\begin{aligned} V_{p-sekunder} &= I_{p-PMMC}(R_s + R_m) + 2V_F \\ &= 1,57 \text{ mA} (20 \text{ k}\Omega + 1,7 \text{ k}\Omega) + 2(0,7 \text{ V}) \\ &= 35,5 \text{ V (puncak)} \end{aligned}$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

29

- Tegangan rms pd trafo sekunder :

$$\begin{aligned} V_{rms-sekunder} &= (0,707)V_{p-sekunder} \\ &= (0,707)(35,5 \text{ V}) = 25,1 \text{ V} \end{aligned}$$

- Arus rms pd PMMC :  $I_{rms-PMMC} = \frac{I_{p-PMMC}}{\sqrt{2}} = \frac{1,57 \text{ mA}}{\sqrt{2}} = 1,11 \text{ mA}$

- Arus rms trafo sekunder :

$$I_s = I_p \cdot \frac{N_p}{N_s} = 250 \text{ mA} \cdot \frac{4}{500} = 2 \text{ mA}$$

- Arus rms shunt ( $I_{sh}$ ) :

$$I_{sh} = I_s - I_{rms-PMMC} = 2 \text{ mA} - 1,11 \text{ mA} = 0,89 \text{ mA}$$

$$R_{sh} = \frac{V_{rms-sekunder}}{I_{sh}} = \frac{25,1 \text{ V}}{0,89 \text{ mA}} = 28,2 \text{ k}\Omega$$

05/11/2012

Anhar, ST, MT

30