

BAB III

PENGUKURAN

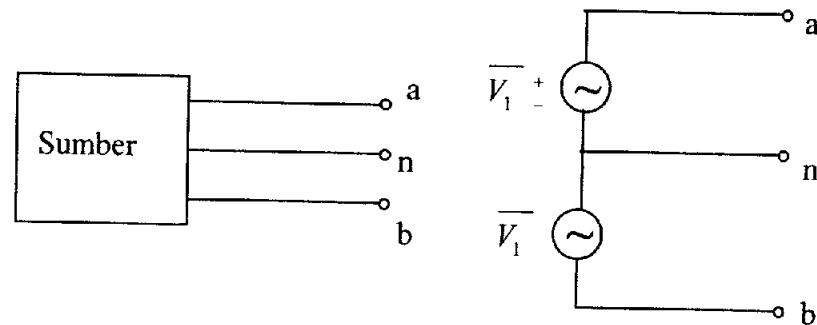
3.1. Sistim Fasa Banyak

3.1.1. Umum

Sistim yang paling sederhana yang memungkinkan transfer daya terdiri dari generator yang terhubung ke beban melalui sepasang kawat transmisi. Sistim semacam ini disebut fasa tunggal (single phase system). Dalam sistim fasa tunggal, terdapat beberapa kerugian antara lain : motor dengan fasa tunggal mempunyai output torsi yang tidak konstan sehingga mendapat pembebanan yang relatif lebih berat dibandingkan bila torsi tersebut konstan, kecuali itu konstruksi dari generator dan motor dengan sistim ini sangat tidak efisien penggunaannya.

Sistim fasa banyak adalah sistim yang mempunyai dua atau lebih tegangan yang sama, dengan beda fasa yang tetap. Sistim satu fasa (fasa tunggal) mempunyai dua kawat terminal (yaitu kawat positif dan kawat negatif). Tetapi dapat juga mempunyai tiga kawat terminal dimana terdapat satu kawat netral (kawat nol).

Sehingga bila digambarkan :



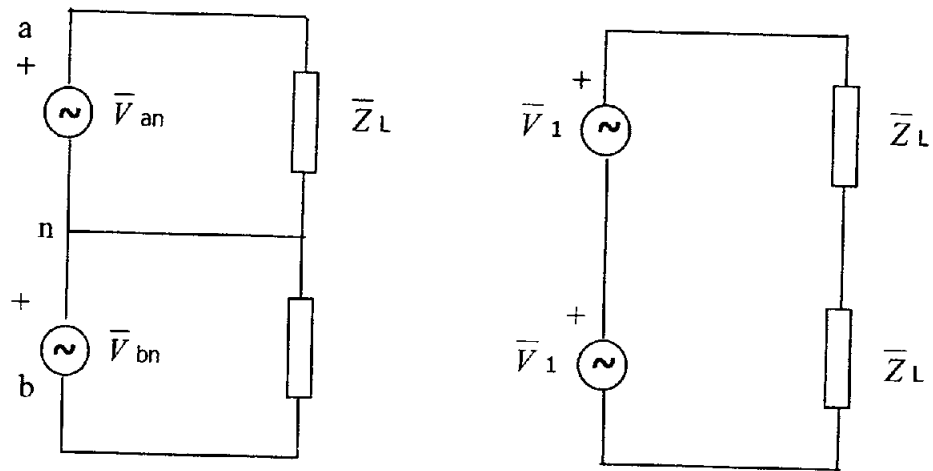
Gambar 3.1 Diagram Fasa Tunggal

$$\overline{V_{an}} = \overline{V_{nb}} = \overline{V_1}$$

$$\overline{V_{ab}} = 2\overline{V_{an}} = 2\overline{V_{nb}} = 2\overline{V_1}$$

Sistem ini tetap merupakan satu fasa karena $\overline{V_{an}} = \overline{V_{nb}}$ mempunyai fasa yang sama, atau $\overline{V_{an}}$ dan $\overline{V_{bn}}$ mempunyai beda fasa 180° (terhadap kawat netral).

Bila pada terminal out put dipasang beban yang sama $\overline{Z_L}$, maka berapapun harga impedansi kawat netral selau akan menghasilkan arus netral sama dengan nol, sehingga rangkaian dapat digambarkan menjadi dua sumber dengan dua buah beban yang sama .



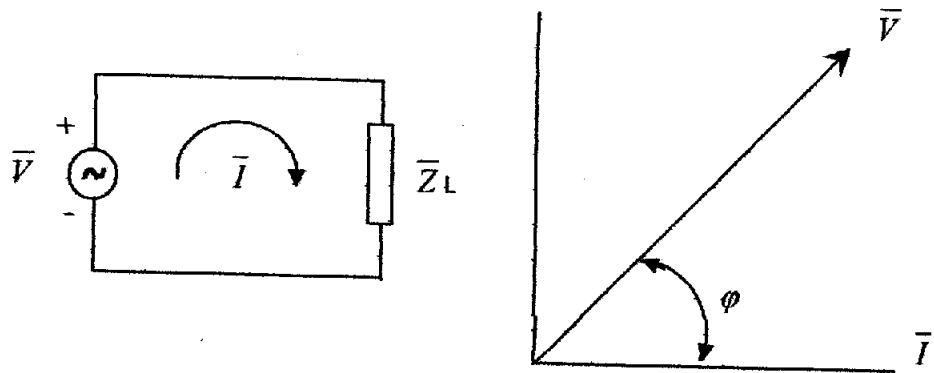
Gambar 3.2 Rangkaian fasa tunggal

Sistem dua fasa mempunyai dua buah tegangan yang sama dengan beda fasa sebesar 90° . Sistem ini pada umumnya dipergunakan pada generator dan transmisi daya. Sistem enam fasa atau lebih kadang-kadang dipakai pada penyearah fasa banyak untuk menghasilkan tegangan searah dengan ripple (gelombang) yang kecil.

Sistem tiga fasa merupakan sistem yang paling baik ditinjau dari sudut efisiensi, kegunaan dan ekonomisnya. Penambahan fasa memang selalu akan menambah efisiensi, tetapi bila dilihat kenaikan efisiensi ini tidaklah sebanding dengan kesukaran yang dihadapi untuk menambah fasa

3.1.2. Sistem Tiga Fasa

Kita tinjau suatu sistem satu fasa sebagai berikut :



Gambar 3.3. Rangkaian Sistem Satu Fasa Dan Phasor Harga Efektif

Dengan Notasi "Time Domain" :

$$v = V \sqrt{2} \cos (wt + v) \dots\dots\dots(1)$$

$$i = I \sqrt{2} \cos wt \dots\dots\dots(2)$$

daya sesaat : $p(t) = v \times i$

$$p(t) = 2V.I.\cos(wt + v). \cos wt$$

$$p(t) = V.I.\cos v + V.I.\cos (2wt + v) \dots\dots\dots(3)$$

daya rata-rata :

$$P_a = VI \cos \varphi \dots\dots\dots(4)$$

Jadi $p(t)$ terdiri dari 2 komponen :

- a. yang berharga tetap { $=VI.\cos(2wt + \varphi)$ }
- b. yang berharga berubah terhadap frekwensi { $=VI.\cos (2wt + \varphi)$ }.

Misalkan terdapat tiga buah sumber tegangan dengan beda fasa masing-masing sebesar 120° ($= \frac{2\pi}{3}$).

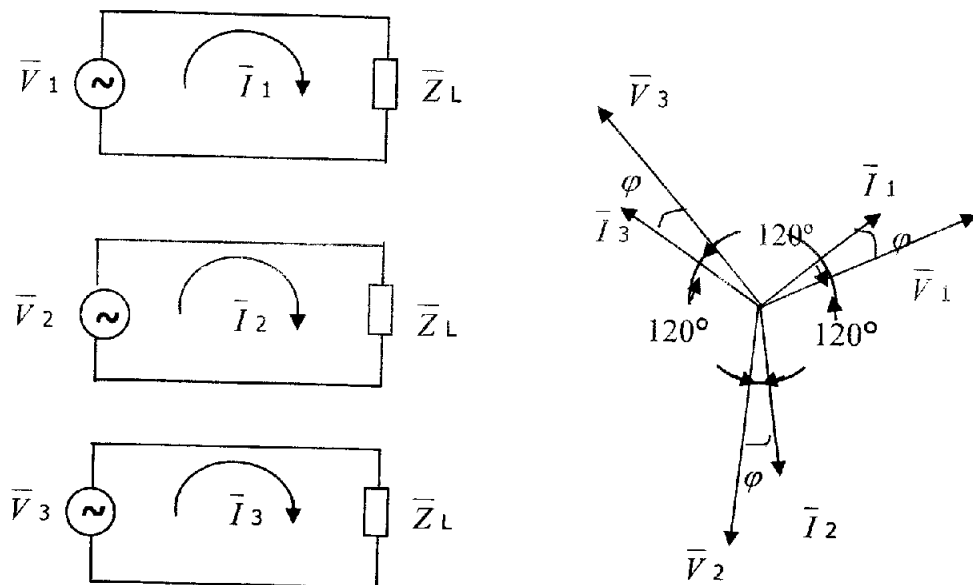
$$v_1 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos \omega t \rightarrow \bar{V}_1 = V \angle 0^\circ = \angle 0^\circ.$$

$$v_2 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \rightarrow \bar{V}_2 = V \angle -\frac{2\pi}{3} = V \angle -120^\circ.$$

$$v_3 = V \cdot \sqrt{2} \cdot \cos \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \rightarrow \bar{V}_3 = V \angle \frac{2\pi}{3} = V \angle 120^\circ.$$

Bila ketiga sumber tegangan tersebut dibebani dengan \bar{Z}_L yang sama (kapasitif),

maka :



Gambar 3.4. Rangkaian 3 buah fasa tunggal dan diagram Phasornya

$$I_1 = \left| \frac{\bar{V}_1}{\bar{Z}_L} \right| \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi) = I_1 \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi).$$

$$I_2 = \left| \frac{\bar{V}_2}{\bar{Z}_L} \right| \sqrt{2} \cdot \cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} + \varphi\right) = I_2 \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi - 120^\circ).$$

$$I_3 = \left| \frac{\bar{V}_3}{\bar{Z}_L} \right| \sqrt{2} \cdot \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3} + \varphi\right) = I_3 \sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi + 120^\circ).$$

$$P_1(t) = VI \cos \varphi + VI \cos(2\omega t + \varphi)$$

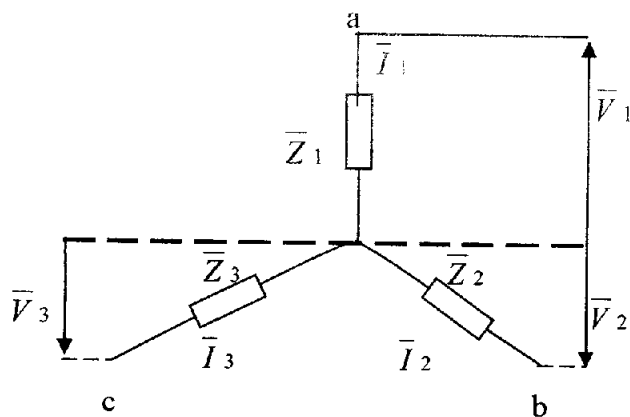
$$P_2(t) = VI \cos \varphi + VI \cos(2\omega t + \varphi - 120^\circ)$$

$$P_3(t) = VI \cos \varphi + VI \cos(2\omega t + \varphi + 120^\circ)$$

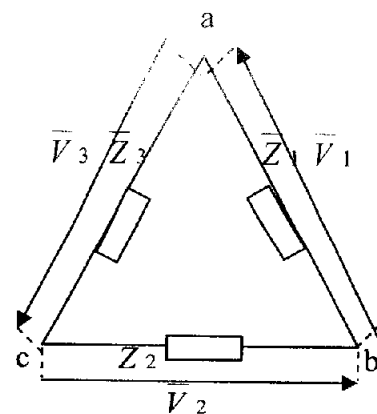
Sehingga

$$P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) = 3 VI \cos \varphi$$

3.2. Daya Listrik dalam Sistem Tiga Fasa

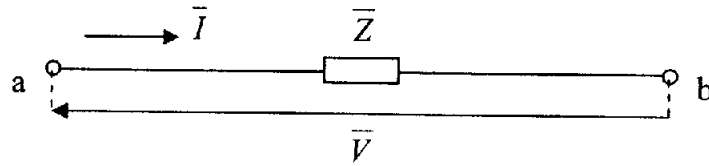


Gambar 3.5. Hubungan Bintang



Gambar 3.6. Hubungan Segitiga

Notasi :



Gambar 3.7. Hubungan \bar{V} , \bar{I} dan \bar{Z}

$\bar{V}_1, \bar{V}_2, \bar{V}_3$ = tegangan fasa

$\bar{I}_1, \bar{I}_2, \bar{I}_3$ = arus fasa

Daya nyata : $P = P_{nyata} = V I \cos \varphi$

$$P_1 = V_1 I_1 \cos \varphi_1$$

$$P_2 = V_2 I_2 \cos \varphi_2$$

$$P_3 = V_3 I_3 \cos \varphi_3$$

$$P_{total} = P_1 + P_2 + P_3 = V_1 I_1 \cos \varphi_1 + V_2 I_2 \cos \varphi_2 + V_3 I_3 \cos \varphi_3$$

Untuk beban seimbang (balance) :

Hubungan bintang (Y) :

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_f = I_L$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}}$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$$

$$P_{total} = 3xV_f xI_f .\cos \varphi$$

$$P_{total} = 3x\frac{V_L}{\sqrt{3}} xI_L .\cos \varphi$$

$$P_{total} = \sqrt{3}xV_L.I_L.\cos\varphi$$

dimana :

$$I_f = \text{ arus fasa}$$

$$I_L = \text{ arus jala-jala}$$

$$V_f = \text{ tegangan fasa}$$

$$V_L = \text{ tegangan jala-jala}$$

Hubungan segitiga (Δ) :

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_f = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V_f = V_L$$

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi_3 = \varphi$$

$$P_{total} = 3xV_f x I_f . \cos\varphi$$

$$P_{total} = 3xV_L x \frac{I_L}{\sqrt{3}} . \cos\varphi$$

$$P_{total} = \sqrt{3}xV_L . I_L . \cos\varphi$$

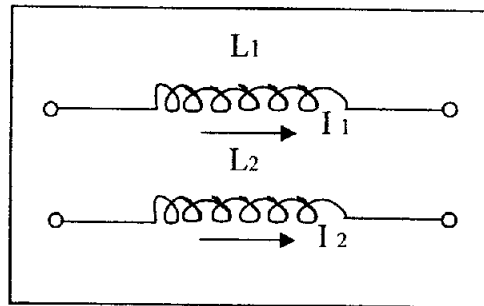
3.3. Pengukuran Daya Listrik pada Sistem Tiga Fasa

Watt meter : mengukur daya nyata, menggunakan sistem elektro dinamis mempunyai dua macam kumparan nyata :

- a. kumparan tetap
- b. kumparan yang berputar

Kumparan tetap umumnya adalah kumparan arus.

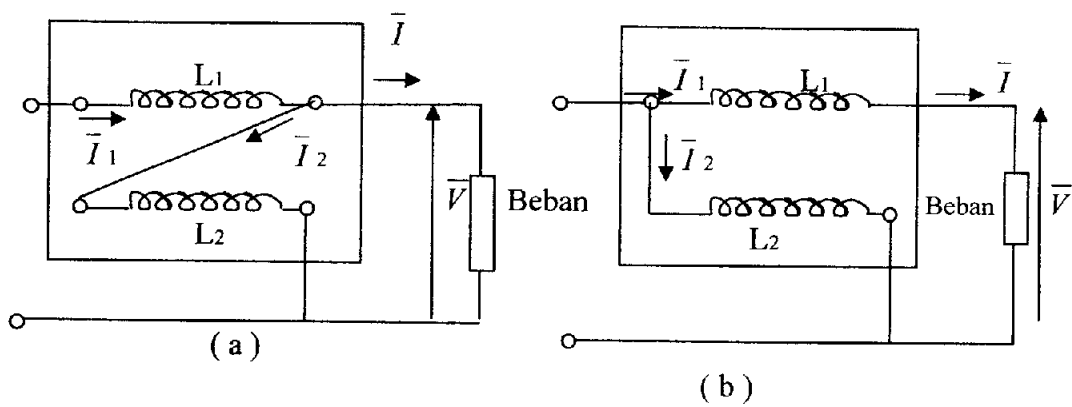
Blok diagram :



Gambar 3.8 Blok diagram kumparan wattmeter

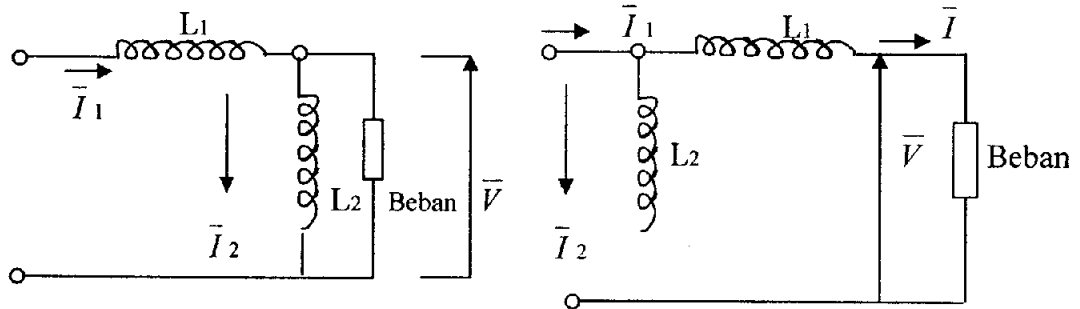
- arus I_1 sama dengan arus melalui beban
- arus I_2 sebanding dengan tegangan beban
- Simpangan jarum wattmeter = α sebanding dengan $P = V I \cos \varphi$

3.3.1. Pengukuran Daya Satu Fasa



Gambar 3.9. Rangkaian Pengukuran Daya 1 Fasa

Rangkaian Penggantinya



Gambar 3.10. Rangkaian Pengganti Pengukuran Daya 1 Fasa

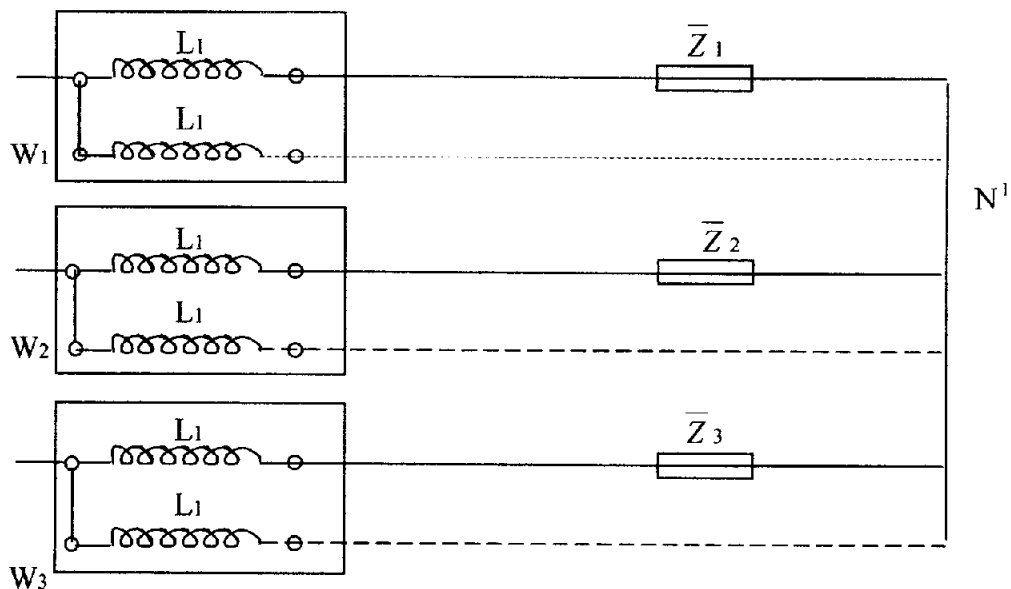
Rangkaian pada gambar (a) digunakan bila arus I sangat besar, atau $\bar{I}_1 \ll \bar{I}_2$ sehingga $\bar{I}_1 \approx \bar{I}$,

I_2 sebanding dengan \bar{V} .

Sedangkan pada gambar (b) digunakan bila I kecil, sehingga voltage drop pada L_1 dapat diabaikan, maka $V_{L2} \approx V$ sehingga I_2 sebanding dengan V dan $\bar{I}_1 \approx \bar{I}$

3.3.2. Pengukuran Daya Tiga Fasa

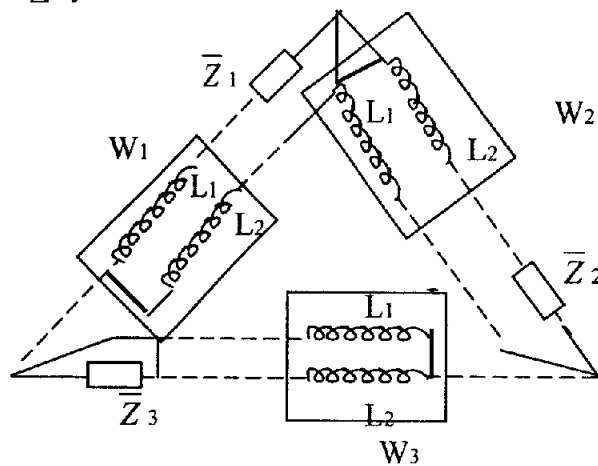
Hubungan Y :



Gambar 3.11. Pengukuran Daya 3 ϕ hubungan Y

Pada Hubungan bintang (Y) harus diperoleh hubungan antara L_2 dengan titik N^1

Hubungan Δ :



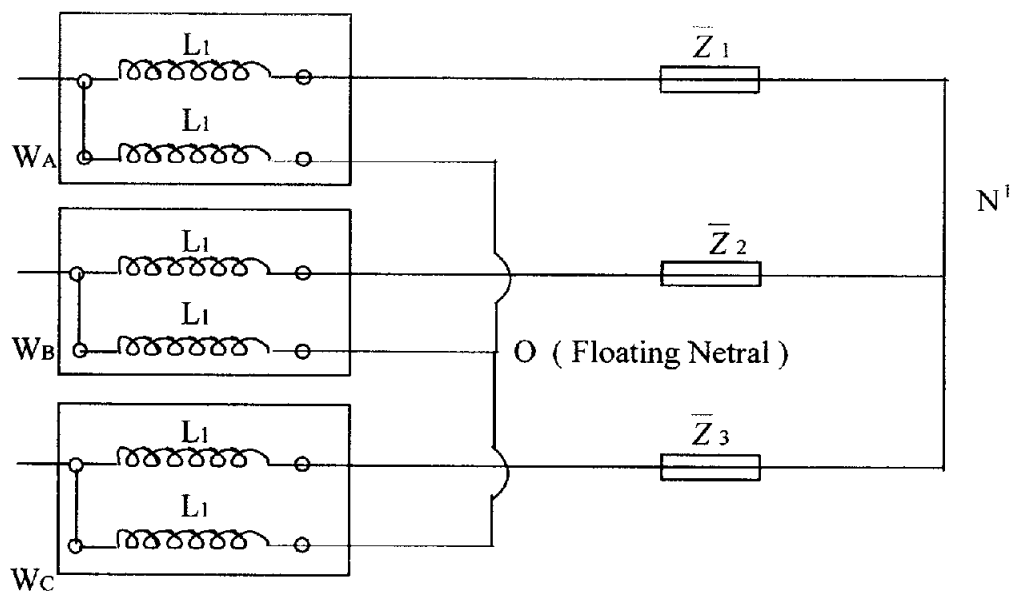
Gambar 3.12. Pengukuran daya 3 φ Pada hubungan Δ

Pada hubungan segi tiga (Δ), beban harus dapat diputuskan untuk memasang wattmeter.

Kedua hal tersebut di atas tidak selalu dapat dilakukan.

b. Pengukuran daya dengan tiga watt meter dan netral mengambang (floating neutral)

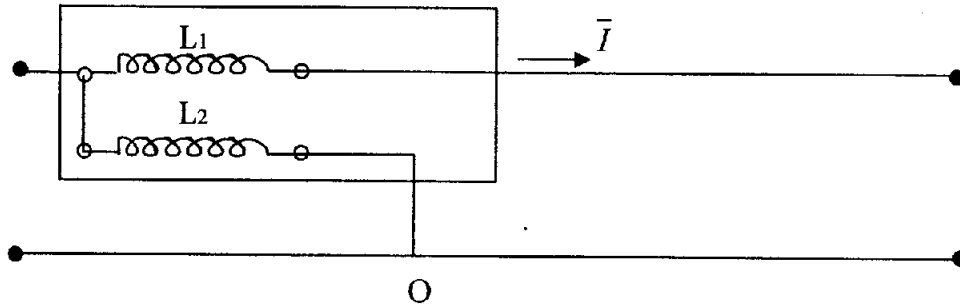
Hubungan Y :



Gambar 3.13. Pengukuran daya 3 φ dengan Netral mengambang

Kita lihat sebuah rangkaian watt meter dari gambar di atas.

Hubungan Y :



Gambar 3.14. Rangkaian sebuah watt meter

$$P = V_{10} \cdot I \cdot \cos(\angle V_{10} \cdot I)$$

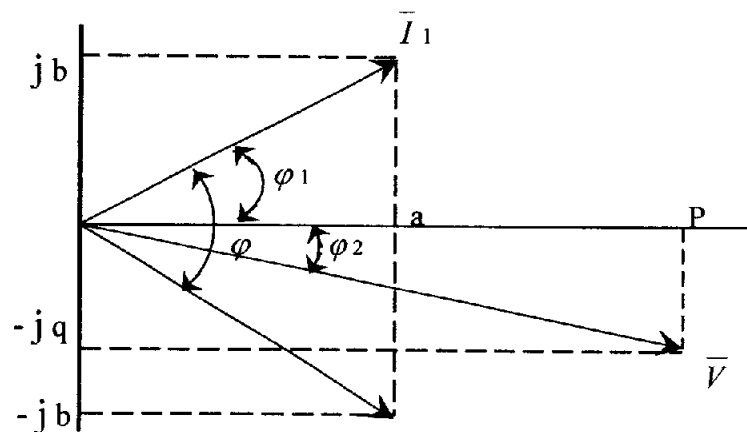
$$P = \text{Re} \cdot [\bar{V}_{10} \cdot I]$$

$$= VI \cdot \cos \varphi = |\bar{V}| \cdot |\bar{I}| \cos \varphi$$

$$P = \text{Re} \cdot [\bar{V} \bar{I}]$$

$$I^* = \text{Conjugate } \bar{I}$$

Dapat dibuktikan bahwa :



Gambar 3.15. Diagram Phasor \bar{V} & \bar{I}

$$\begin{aligned} \operatorname{Re}[\bar{V} \cdot \dot{I}] &= P = |\bar{V}| \cdot |\dot{I}| \cos \varphi \\ \operatorname{Re}[\bar{V} \cdot \dot{I}] &= \operatorname{Re}[(p - jq)(a - jb)] \\ &= \operatorname{Re}[ap - bq - jbp - jaq] \\ &= ap - bq \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= |\bar{V}| \cdot |\dot{I}| \cos \varphi \\ &= |\bar{V}| \cdot |\dot{I}| \cos(\varphi_1 + \varphi_2) \\ &= VI (\cos \varphi_1 \cos \varphi_2 - \sin \varphi_1 \sin \varphi_2) \\ &= VI \left(\frac{a}{I} \times \frac{p}{V} - \frac{b}{I} \times \frac{q}{V} \right) \\ &= VI \left(\frac{ap}{VI} - \frac{bq}{VI} \right) \\ &= ap - bq \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

dari persamaan (1) dan (2) di atas, terbukti bahwa :

$$\operatorname{Re}[\bar{V} \cdot \dot{I}] = |\bar{V}| \cdot |\dot{I}| \cos \varphi$$

Pembacaan pada masing-masing watt meter adalah sebagai berikut :

$$P_A = \operatorname{Re}[\bar{V}_{10} \cdot \dot{I}_1] = V_{10} \cdot I_1 \cos(V_{10}, I_1)$$

$$P_B = \operatorname{Re}[\bar{V}_{20} \cdot \dot{I}_2] = V_{20} \cdot I_2 \cos(V_{20}, I_2)$$

$$P_C = \operatorname{Re}[\bar{V}_{30} \cdot \dot{I}_3] = V_{30} \cdot I_3 \cos(V_{30}, I_3)$$

$$P_A + P_B + P_C = \operatorname{Re}[\bar{V}_{10} \cdot \dot{I}_1] + \operatorname{Re}[\bar{V}_{20} \cdot \dot{I}_2] + \operatorname{Re}[\bar{V}_{30} \cdot \dot{I}_3] \dots\dots(3)$$

Dalam hal ini :

$$\bar{V}_{10} = \bar{V}_{1N'} + \bar{V}_{N'0} = \bar{V}_{1N'} - \bar{V}_{0N'}$$

$$\bar{V}_{20} = \bar{V}_{2N'} + \bar{V}_{N'0} = \bar{V}_{2N'} - \bar{V}_{0N'}$$

$$\bar{V}_{30} = \bar{V}_{3N'} + \bar{V}_{N'0} = \bar{V}_{3N'} - \bar{V}_{0N'}$$

Dari persamaan (3) dan (4) didapat :

$$\begin{aligned} P_A + P_B + P_C &= \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{1N'} \cdot \bar{I}_1^* + \bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_2^* + \bar{V}_{3N'} \cdot \bar{I}_3^* \right] \\ &= \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{0N'} \cdot \bar{I}_1^* + \bar{V}_{0N'} \cdot \bar{I}_2^* + \bar{V}_{0N'} \cdot \bar{I}_3^* \right] \end{aligned}$$

... karena :

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{1N'} \cdot \bar{I}_1^* \right] &= \bar{V}_{1N'} \cdot \bar{I}_1^* \cdot \cos(\bar{V}_{1N'}, \bar{I}_1^*) \\ &= P_1 = \text{Daya nyata yang diambil } Z_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_2^* \right] &= \bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_2^* \cdot \cos(\bar{V}_{2N'}, \bar{I}_2^*) \\ &= P_2 = \text{Daya nyata yang diambil } Z_2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{3N'} \cdot \bar{I}_3^* \right] &= \bar{V}_{3N'} \cdot \bar{I}_3^* \cdot \cos(\bar{V}_{3N'}, \bar{I}_3^*) \\ &= P_3 = \text{Daya nyata yang diambil } Z_3 \end{aligned}$$

$(\bar{V}_{1N'}, \bar{I}_1^*)$ adalah selisih sudut antara vektor tegangan $V_{1N'}$ dengan Vektor arus I_1 ,

sehingga :

$$P_A + P_B + P_C = P_1 + P_2 + P_3 - \operatorname{Re} \left[\bar{V}_{0N'} (\bar{I}_1^* + \bar{I}_2^* + \bar{I}_3^*) \right]$$

.....(5)

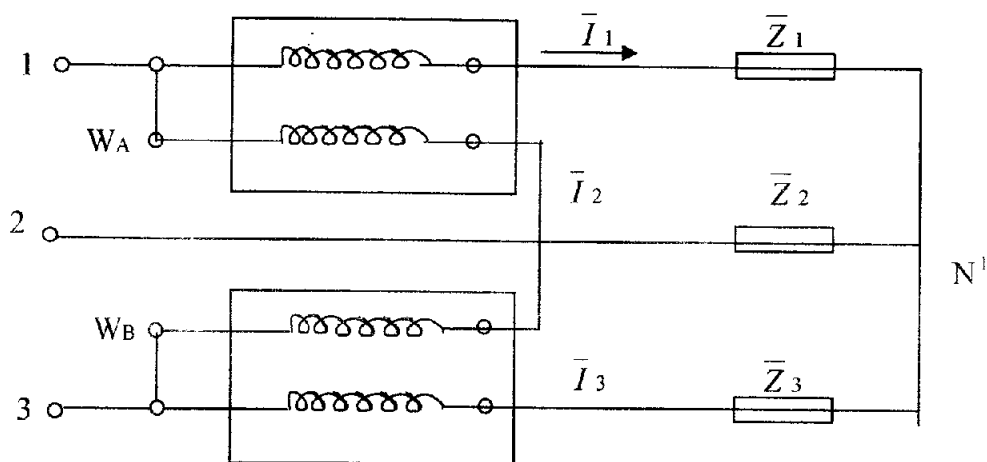
Hubungan ini berlaku umum (untuk beban balanced dan imbalanced)

$$\bar{I}_1 = \bar{I}_2 = \bar{I}_3 = 0, \text{ maka } \bar{I}_1^* = \bar{I}_2^* = \bar{I}_3^* = 0$$

Sehingga persamaan (5) menjadi :

$$P_A + P_B + P_C = P_1 + P_2 + P_3$$

c. Pengukuran daya dengan dua buah watt meter (untuk beban balance dan tidak balance)



Gambar 3.16. Pengukuran daya 3 ϕ dengan 2 wattmeter

Pembacaan masing-masing watt meter :

$$P_A = \operatorname{Re} [\bar{V}_{12} \cdot \bar{I}_1^*] = V_{12}^* \cdot I_1 \operatorname{Cos}(\angle V_{12}, I_1)$$

$$\bar{V}_{12} = \bar{V}_{1N'} + \bar{V}_{N'2} = \bar{V}_{1N'} + \bar{V}_{2N'}$$

$$P_A = \text{Re}[(\bar{V}_{1N} - \bar{V}_{2N'}) \cdot \bar{I}_1^*]$$

$$P_B = \text{Re}[\bar{V}_{32} \cdot \bar{I}_3] = \bar{V}_{32} \cdot I_3 \cos(\theta_{V_{32}}, \theta_{I_3})$$

$$P_B = \text{Re}[(\bar{V}_{3N} - \bar{V}_{2N'}) \cdot \bar{I}_3^*]$$

$$P_A + P_B = \text{Re}[\bar{V}_{1N'} \cdot \bar{I}_1^* + \bar{V}_{3N'} \cdot \bar{I}_3^*] - \text{Re}[\bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_1^* + \bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_3^*]$$

Apabila :

$$\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 = 0, \text{ maka } \bar{I}_1^* + \bar{I}_2^* + \bar{I}_3^* = 0$$

$$\bar{I}_1^* + \bar{I}_3^* = -\bar{I}_2^*$$

Sehingga :

$$P_A + P_B = \text{Re}[\bar{V}_{1N'} \cdot \bar{I}_1^* + \bar{V}_{2N'} \cdot \bar{I}_2^* + \bar{V}_{3N'} \cdot \bar{I}_3^*]$$

$$P_A + P_B = P_1 + P_2 + P_3$$

Pernyataan di atas berarti jumlah pembacaan kedua watt meter ($P_A + P_B$)

sama dengan jumlah daya nyata yang diambil oleh beban ($P_1 + P_2 + P_3$).

3.4 Pengawatan Meter kWh

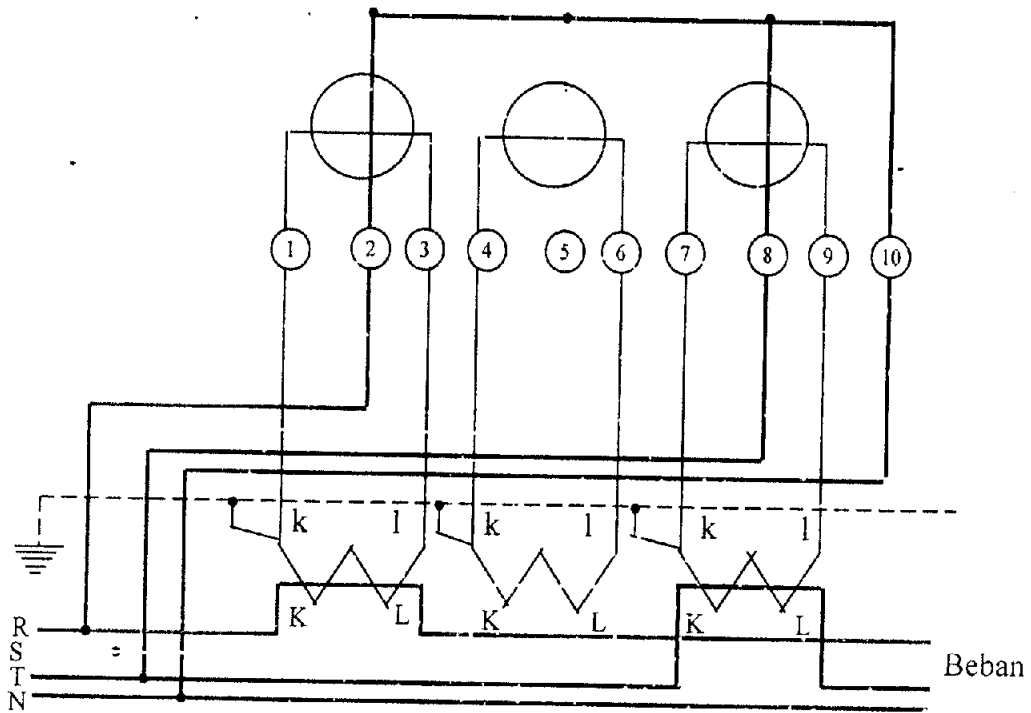
Meter kWh yang biasa digunakan oleh PT. PLN adalah meter kWh tipe induksi. Pengawatan pada meter kWh tipe induksi adalah seperti pengawatan pada watt meter elektrodinamis.

Kumparan-kumparan pada meter kWh dapat dipandang sebagai kumparan medan dan kumparan putar dari wattmeter elektrodinamis, dimana kumparan tegangan dipasang parallel dengan beban yang akan di ukur, sedangkan kumparan arus dipasang seri dengan beban.

Kedua kumparan tersebut dililitkan pada sebuah kerangka logam dengan disain khusus melengkapi dua rangkaian magnet.

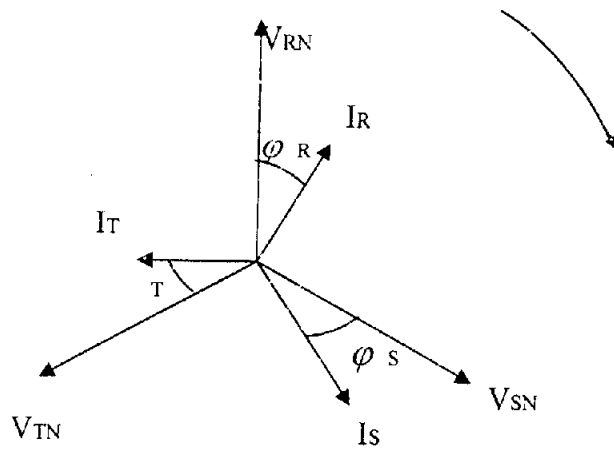
Meter kWh yang digunakan untuk mengukur energi listrik, salah satunya adalah meter kWh fasa tiga empat kawat (sesuai SPLN no. 55 / 1984). Seperti yang telah diuraikan dalam Bab I bahwa pembahasan disini dibatasi dengan cara pengukuran tidak langsung, sehingga meter kWh yang digunakan adalah meter kWh fasa tiga, empat kawat dengan menggunakan Trafo Arus (Current Transformator). Sistim pengukuran ini digunakan pada pelanggan industri sambungan tegangan rendah.

Untuk pengawatan pada meter kWh tersebut tersedia 10 (sepuluh) terminal jepitan yang sudah tersambung didalam meter kWh tersebut. Terminal 1, 3, 4, 6, 7, dan 9 adalah terminal yang tersambung pada kumparan arus, sedangkan terminal 2, 5, dan 8 adalah terminal yang tersambung pada kumparan tegangan. Untuk jelasnya cara pengawatan meter kWh dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.17 Meter kWh fasa tiga, empat kawat dengan trafo arus

Pengawatan yang benar dari suatu meter kWh fasa tiga, empat kawat dengan trafo arus diperlihatkan pada gambar diagram vector di bawah ini.



Gambar 3.18 Diagram vector dengan urutan fasa tegangan dan polaritas arus yang benar

Pada umumnya system tegangan rendah merupakan system dengan hubungan bintang (Y), maka daya untuk masing-masing fasa (di sisi skunder trafo arus) adalah :

$$P_1 = V_{RN} \cdot I_R \cdot \text{Cos } \varphi_R$$

$$P_2 = V_{SN} \cdot I_S \cdot \text{Cos } \varphi_S$$

$$P_3 = V_{TN} \cdot I_T \cdot \text{Cos } \varphi_T$$

Bila beban tersambung pada system ini dianggap seimbang, sehingga :

$$V_{RN} = V_{SN} = V_{TN} = V_f$$

$$I_R = I_S = I_T = I_{sek}$$

$$\varphi_R = \varphi_S = \varphi_T = \varphi$$

Maka daya total adalah :

$$P_{sek} = 3 \cdot V_f \cdot I_{sek} \cdot \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots(\text{ watt })\dots\dots\dots(1)$$

Oleh karena $V_f = \frac{V}{\sqrt{3}}$, maka :

$$P_{sek} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{sek} \cdot \text{Cos } \varphi \dots\dots\dots(\text{ watt })\dots\dots\dots(2)$$

Bila persamaan (2) dikalikan dengan factor rasio trafo arus C dan factor waktu t. (dalam sekon), maka diperoleh besaran energi yang diukur oleh meter kWh, yaitu:

$$E_1 = \sqrt{3} \cdot C \cdot V \cdot I_{sek} \cdot t \cdot \text{Cos } \varphi \dots\dots(\text{ watt-sekon })\dots\dots(3)$$

$$E_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot C \cdot V \cdot I_{sek} \cdot t \cdot \text{Cos } \varphi}{3600} \dots\dots(\text{ watt-hour }) \dots\dots(4)$$

$$E_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-6} C V_f I_{sek} t \cdot \cos \varphi}{3,6} \dots\dots(\text{kWh}) \dots\dots(5)$$

Atau

$$E_1 = \frac{3 \cdot 10^{-6} C V_f I_{sek} t \cdot \cos \varphi}{3,6} \dots\dots(\text{kWh}) \dots\dots(6)$$

Diamana :

$V_{RN}, V_{SN}, V_{TN}, V_f$ = Tegangan fasa

V = Tegangan antara fasa-fasa

I_R, I_S, I_T, I_f = Arus sekunder trafo arus pada masing-masing fasa R,S,T

P_1, P_2, P_3, P_{sek} = Daya pada masing-masing fasa R,S,T pada sisi sekunder trafo arus

$\cos \varphi$ = Faktor daya

P_{sek} = Daya total sisi sekunder trafo arus

T = Waktu dalam sekon / hour

C = Rasio trafo arus

E_1 = Energi terukur pada beban seimbang

Apabila beban yang tersambung pada sistem merupakan beban tidak seimbang, maka energi elektrik yang terukur adalah :

$$E_1 = \frac{10^{-6}}{3,6} \cdot C \cdot t \cdot [(V_{RN} \cdot I_R \cdot \cos \varphi_R) + (V_{SN} \cdot I_S \cdot \cos \varphi_S) + (V_{TN} \cdot I_T \cdot \cos \varphi_T)]$$

kWh.....(7)

3.5 Energi Listrik Terukur Dengan Pengawatan Yang Benar

3.5.1 Beban Tiga Fasa Seimbang

Untuk perhitungan beban tiga fasa seimbang ini diperlukan permisalan besaran-besaran dari Daya Semu (S), Faktor Daya (Cos ϕ), dan Waktu (T) tertentu yang tersambung pada sistem.

Dimisalkan : Sistem tegangan yang ada adalah 220/380 volt.

$$\text{Daya Semu (S)} = 150 \text{ kVA} = 150000 \text{ VA}$$

$$\text{Cos } \phi = 0,8$$

$$T = 1 \text{ jam} = 3600 \text{ sekon}$$

Besaran tersebut dianggap tetap selama waktu t. Untuk mentransformasikan arus agar sesuai dengan system pengukuran tersebut diatas

$$\text{diperlukan trafo arus (CT) } \frac{300}{5} = A$$

Sehingga :

$$C = \frac{1}{a} = \frac{300}{5} = 60$$

$$I_{\text{primer}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{150000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 288 \text{ A}$$

$$I_{\text{sek}} = I_{\text{primer}} \times A = 288 \times \frac{5}{300} = 3,8 \text{ A}$$

Dimana :

$$a = \frac{I_2}{I_1} = \frac{I_{\text{sekunder}}}{I_{\text{primer}}}$$

$$\frac{1}{a} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{I_{primer}}{I_{sekunder}}$$

V = tegangan antar fasa-fasa

Dengan menggunakan persamaan (5) akan didapat besaran energi elektrik yang terukur oleh meter kWh, yaitu :

$$E_T = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-6}}{3,6} \times C \times V \times I_{sek} \times t \times \cos \varphi \dots\dots\dots \text{kWh}$$

$$E_T = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^{-6}}{3,6} \times 60 \times 380 \times 3,8 \times 3600 \times 0,8 \dots\dots\dots \text{kWh}$$

$$E_T = 120 \text{ kWh}$$

3.5.2 Beban Tiga Fasa Tidak Seimbang

Dalam perhitungan energi listrik terukur oleh meter kWh tiga fasa, empat kawat pada beban tiga fasa tidak seimbang, harus diketahui besaran-besaran dari arus, tegangan dan $\cos \varphi$ di masing-masing fasanya.

Bila besaran-besaran tersebut telah diketahui dari hasil ukur, maka energi listrik terukur oleh meter kWh dapat ditentukan (dihitung) dengan menggunakan persamaan (7).

Penunjukan dari meter kWh akan tergantung kepada besar dan sifat beban yang tersambung pada masing-masing fasa dari sistem yang diukur.

3.6 Energi Listrik Terukur akibat Kesalahan Pengawatan

Kesalahan pengawatan yang umum terjadi pada saat pemasangan meter kWh diantaranya, dapat dikelompokkan menjadi sebagai berikut :

1. Kumparan tegangan tersambung salah dan kumparan arus tersambung benar, kesalahan pada kelompok ini diantaranya :
 - a. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa R-T-S-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa dan polaritas yang benar.
 - b. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa S-T-R-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa dan polaritas yang benar.
 - c. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa T-R-S-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa dan polaritas yang benar.
2. Kumparan Tegangan Tersambung Benar dan Kumparan Arus Tersambung Salah, kesalahan pada kelompok ini diantaranya :
 - a. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa yang benar R-S-T-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa yang benar tetapi polaritas arus fasa R terbalik.
 - b. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa yang benar R-S-T-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa yang benar tetapi polaritas arus fasa R dan S terbalik.

- c. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa yang benar R-S-T-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa yang benar tetapi polaritas arus ketiga fasanya terbalik.
- d. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa yang benar R-S-T-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa R-T-S dan polaritas arus fasa S dan T terbalik.
- e. Kumparan tegangan mendapat tegangan dengan urutan fasa yang benar R-S-T-N, kumparan arus mendapat arus dengan urutan fasa S-T-R dan polaritas arus ketiga fasanya terbalik.

