

Jika perbedaannya dilipat gandakan melalui aplikasi faktor akselerasi α yang mana lebih besar daripada konvergensi (=penyatuan), iterasi-iterasi percepatannya diperoleh seperti berikut ini

$$\begin{aligned}x_1^{(n)}{}_{acc} &= x_{1acc}^{(n-1)} + \alpha \Delta x_1^{(n)} \\x_2^{(n)}{}_{acc} &= x_{2acc}^{(n-1)} + \alpha \Delta x_2^{(n)}\end{aligned}$$

Nilai-nilai percepatan x_1, x_2 ini digunakan didalam proses iterasi sebagai pengganti x_1, x_2 .

Nilai dari α diambil antara 1,5 sampai 1,7 untuk solusi persamaan beban-arus (*aliran daya*)

Metoda Newton-Raphson berdasarkan pada perluasan rangkaian seri Taylor untuk fungsi dua variabel atau lebih.

Prinsip-prinsipnya dapat digambarkan dengan mengambil kasus sederhana pada suatu sistem hanya dari dua macam tipe persamaan.

$$\begin{aligned}f_1(x_1, x_2) &= 0 \\f_2(x_1, x_2) &= 0.\end{aligned}$$

Jika $x_1^{(0)}$, dan $x_2^{(0)}$, adalah harga yang diasumsikan pada x_1 dan x_2 dan jika $\Delta x_1^{(0)}, \Delta x_2^{(0)}$ adalah variabel yang berbeda yang seharusnya ditambahkan pada harga yang diperkirakan untuk memperoleh solusi yang benar, lalu

~~=====~~

$$\begin{aligned}f_1(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}) &= 0 \\f_2(x_1^{(0)} + \Delta x_1^{(0)}, x_2^{(0)} + \Delta x_2^{(0)}) &= 0\end{aligned}\tag{4.20}$$

Dengan memperluas persamaan-persamaan ini didalam rangkaian *deret* seri Taylor,

$$\begin{aligned} f_1(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) + \Delta x_1^{(0)} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(0)} + x_2^{(0)} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_2} \right)^{(0)} + \dots &= 0 \\ f_2(x_1^{(0)}, x_2^{(0)}) + \Delta x_1^{(0)} \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right)^{(0)} + x_2^{(0)} \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_2} \right)^{(0)} + \dots &= 0 \end{aligned} \quad (4.21)$$

Simbol $\left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^{(0)}$ mengindikasikan bahwa sebagian turunan-turunan (deriyat) harus dihitung untuk $x_i = x_i^{(0)}$.

Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk vektor sebagai berikut :

$$f^{(0)} + J^{(0)} \Delta x^{(0)} \approx 0 \quad (4.22)$$

Dari persamaan (4.22) harga dari $\Delta x^{(0)}$ dapat ditentukan.

$$\Delta x^{(0)} \approx -[J^{(0)}]^{-1} f^{(0)} \quad (4.23)$$

Dimana matrik Jacobian $J^{(0)}$ dirumuskan :

$$J^{(0)} = \begin{bmatrix} \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_1}{\partial x_n} \right)^{(0)} \\ \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_2}{\partial x_n} \right)^{(0)} \\ \vdots & & \vdots \\ \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_1} \right)^{(0)} & \dots & \left(\frac{\partial f_n}{\partial x_n} \right)^{(0)} \end{bmatrix}$$

dan

$$f^{(0)} = \begin{bmatrix} f_1(x^{(0)}) \\ \vdots \\ f_n(x^{(0)}) \end{bmatrix}; \quad \Delta x^{(0)} = \begin{bmatrix} \Delta x_1^{(0)} \\ \vdots \\ \Delta x_n^{(0)} \end{bmatrix}$$

Dari harga awal untuk x , $\Delta x^{(0)}$ dapat diperoleh dan estimasi yang lebih baik dari harga dari x diperoleh dan begitu selanjutnya.

4.6 Metoda Gauss-Siedel dari Solusi Masalah-Masalah ^{aliran daya} Beban-Arus pada Komputer-komputer Digital.

Masalah-masalah ^{aliran daya} beban arus dapat dipecahkan dengan sangat tepat pada komputer digital dengan menggunakan metoda iterative. SLFE, ^{daya} aliran tenaga di dalam saluran dan ke dalam

bus-bus dapat dihitung dengan mudah dibawah kondisi-kondisi yang dihasilkan dari pengoperasiannya.

Gambar 4.7 menunjukkan diagram ^{salir} bus atau algoritma untuk penghitungan masalah-masalah ^{aliran daya} beban-arus pada komputer digital dengan menggunakan metoda Gauss-Siedel.

Beragam langkah dapat diterangkan seperti di bawah :

Block 1. Load data: Read primitive Y matrix

Take slack bus voltage as $(|V_1|, \delta_1)$

Real bus powers P_i for $i = 2, 3, \dots, n$

Reactive bus powers Q_i for $i = m+1, \dots, n$ (for PQ buses)

Specified voltage magnitudes $|V_i|_{\text{spec}}$ for $i = 2$ to m

Reactive power limits $Q_{i \min}, Q_{i \max}$ for $i = 2$ to m (for PV buses)

Block 2. Form bus matrix

$$Y_{bus} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \dots & Y_{nn} \end{bmatrix}$$

Block 3. Make initial assumptions: $Q_i^{(0)}$ and $V_i^{(0)}$ for $i = 2, 3, 4, \dots, n$; $i \neq 1$.

Block 4. Calculate constants A_i and $B_{i\mu}$

$$\frac{P_i - jQ_i}{Y_{ii}} = A_i \quad \text{for } i = 2, 3, 4, \dots, n$$

$$Y_{i\mu} \rightarrow \frac{Y_{i\mu}}{Y_{ii}} = B_{i\mu} \quad \text{for } i = 2, 3, 4, \dots, n$$

$$B_{i\mu} \quad \text{and for } \mu = 1, 2, \dots, n \\ \text{except } \mu = i$$

Block 5. Set iteration count $r = 0$

Block 6. Set bus count $i = 2$ and $\Delta V_{\max} = 0$

Block (i) Test for type of bus: whether PQ bus or PV bus

Block (ii) Replace $|V_i^{(0)}|$ by $|V_i|_{\text{spec}}$

Leave δ_i as it is.

Block (iii) Compute $Q_i^{(v)}$

$$P_i - jQ_i - Y_{i1} V_1 V_i^* - Y_{i2} V_2 V_i^* - \dots - Y_{in} V_n V_i^* = 0$$

where $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Block (iv) Check whether $Q_i^{(v)} \leq Q_{i \max}$

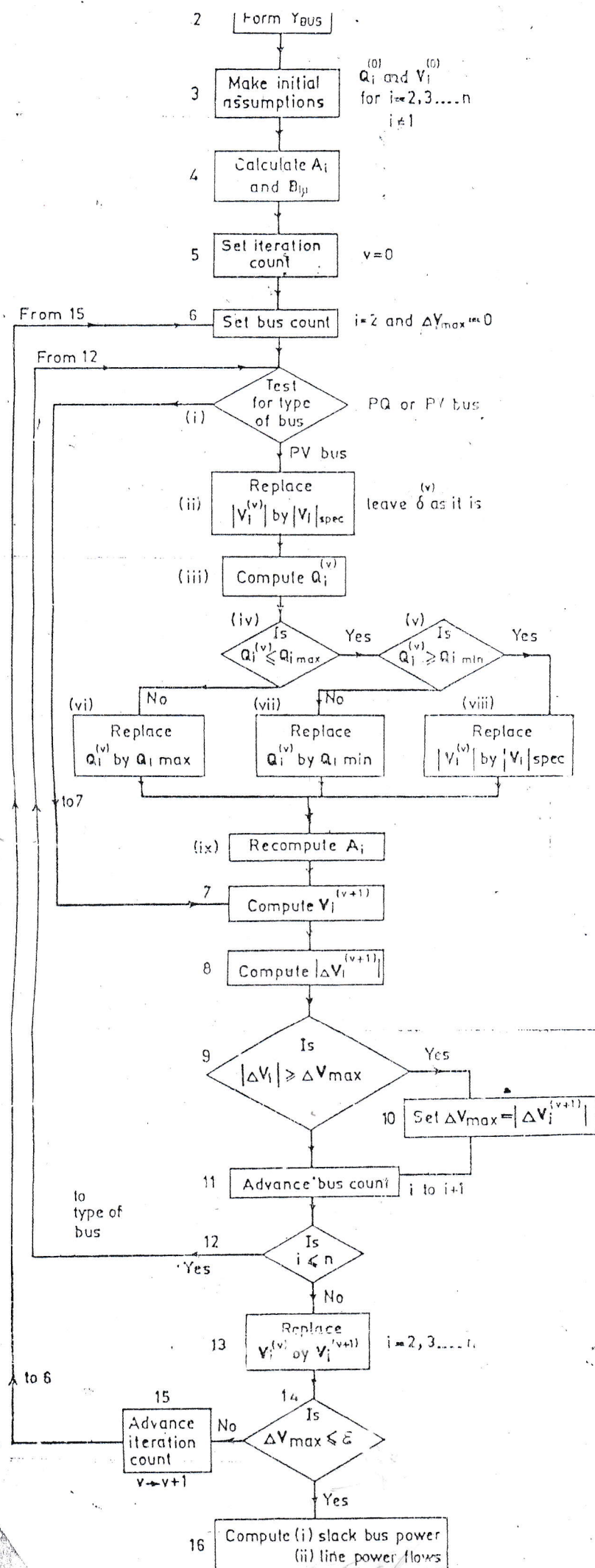


Fig. 4.7 Flow diagram for computation of load-flow problems

Block (v). Check whether $Q_i^{(n)} \geq Q_{\text{imtn}}$

Block (vi). Replace $Q_i^{(n)}$ by Q_{imax}

Block (vii) Replace $Q_i^{(n)}$ by Q_{imtn}

Block (viii) Replace $|V_i^{(n)}|$ by $|V_i|_{\text{spec}}$

Block (ix) Recompute A_i

Block 7 Iteration for PQ bus comes after Block 6 to Block 7 directly without going through steps (i) to (ix) which are cases with PV buses.

$$V_i^{(n+1)} = \frac{A_i}{(V_i^{(n)})^*} - \sum_{\substack{\mu=1 \\ \mu \neq i}}^n B_{i\mu} V_\mu^{(n)}$$

for $i = 2, 3, 4, \dots, n$

Block 8 Compute $|\Delta V_i^{(n+1)}|$

$$|\Delta V_i^{(n+1)}| = |V_i^{(n+1)} - V_i^{(n)}| < \epsilon$$

for $i = 2, 3, 4, \dots, n$

Block 9 Check whether $|\Delta V_i| \geq \Delta V_{\text{max}}$

Block 10 Set $\Delta V_{\text{max}} = |\Delta V_i^{(n+1)}|$

Block 11 Advance bus count $i \rightarrow i + 1$

Block 12 Check is $i \leq n$?

Block 13 Replace $V_i^{(n)}$ by $V_i^{(n+1)}$

$i = 2, 3, 4, \dots, n$

Block 14 Is $\Delta V_{\text{max}} \leq \epsilon$?

Block 15 Advance iteration count $v \rightarrow v + 1$

Block 16 Compute (i) Slack bus power

(ii) line power flows

$$P_i - jQ_i = V_i^* [Y_{i1} V_1 + Y_{i2} V_2 + \dots + Y_{in} V_n]$$

Then bus power $S_i = P_i + jQ_i$

Line power in line ij , is

$$S_{ij} = P_{ij} + jQ_{ij} = V_i I_{ij}^*$$

$$S_{ij} = V_i (V_i^* - V_j^*) Y_{ij}^* + V_i V_i^* Y_{i0}$$

Masalah-masalah ^{aliran daya/arus} beban-~~arus~~ untuk sistem bus-n dibawah kondisi-kondisi yang ada dapat di pecahkan dengan mudah dengan menggunakan komputer, seperti yang diindikasikan diatas.

4.7 Metoda Newton Raphson

Metode ini menggunakan satu metode iterasi-Gauss untuk memperoleh tegangan-tegangan awal yang ^{baik} ~~bagus~~ sebagai harga mula-mula untuk metoda Newton-Raphson. Tegangan-tegangan ini digunakan untuk menghitung ^{daya} ~~tenaga~~ aktif P pada setiap bus, kecuali bus ayunnya dan juga ^{daya} ~~tenaga~~ reaktif Q dimana saja ^{daya} ~~tenaga~~ reaktif ditentukan. Perbedaan antara harga/nilai yang telah ditentukan dengan harga yang telah dihitung, digunakan untuk mendapatkan kebenaran tegangan busnya. Proses iterasi bersambung sampai perbedaan didalam nilai P, Q, dan $|V|$ baik yang ditentukan maupun yang dihitung berada pada batas ketepatan yang dihasilkan.

Expresi umum untuk ^{daya} ~~tenaga~~ adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^n Y_{in} V_n \rightarrow P_i - jQ_i = V_i^* \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^n Y_{in} V_n$$

$$V_i = a_i + j b_i \rightarrow V_i = a_i + j b_i \quad (4.24)$$

$$Y_{in} = G_{in} - j B_{in} \quad \dots \quad (4-25)$$

Dengan menggunakan harga dari V_i dan Y_{in} , ekspresi untuk ^{daya} ~~tenaga~~ pada bus i adalah :

$$P_i - jQ_i = (a_i - j b_i) \sum_{n=1}^n (G_{in} - j B_{in}) (a_n + j b_n) \quad \dots \quad (4-26)$$

~~Besaran~~ ~~Kuantitas~~ riil yang disamakan menghasilkan P_i , dan ~~Besaran~~ ~~Kuantitas~~ imajiner yang disamakan menghasilkan Q_i .

Pada bus-bus dimana besar tegangan dikontrol misal : pada bus k :

(4.27)

$$|V_k|^2 = a_k^2 + b_k^2 \quad \dots \quad (4-27)$$

Harga P_i , Q_i , atau $|V_i|^2$ baik yang dihitung dan yang ditentukan kemudian akan dibandingkan dan dicatat perbedaan-perbedaannya.

$$\begin{aligned} \Delta P_i &= P_{i,spec} - P_{i,cal} \\ \Delta Q_i &= Q_{i,spec} - Q_{i,cal} \end{aligned} \quad \dots \quad (4-28)$$

$$\Delta Q_i = Q_{i,spec} - Q_{i,cal} \quad \dots \quad (4-29)$$

Jika tegangan V_i ditentukan besarnya, maka :

$$\Delta |V_i|^2 = |V_{i,spec}|^2 - |V_{i,cal}|^2 \quad \dots \quad (4-30)$$

Metode Newton-Raphson memerlukan satu urutan persamaan yang mengekspresikan hubungan antara perubahan-perubahan ~~daya~~ ^{daya} riil maupun ~~tenaga~~ ^{daya} reaktif serta komponen-komponen pada tegangan.

Matriks segiempat dari sebagian derivat-derivatnya (turunan) disebut Jacobian.

$$\begin{bmatrix} \Delta P_1 \\ \vdots \\ \Delta P_n \\ \vdots \\ \Delta Q_1 \\ \vdots \\ \Delta Q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial P_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial a_n} & \frac{\partial P_1}{\partial b_1} & \dots & \frac{\partial P_1}{\partial b_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots \\ \frac{\partial P_n}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial a_n} & \frac{\partial P_n}{\partial b_1} & \dots & \frac{\partial P_n}{\partial b_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots \\ \frac{\partial Q_1}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial a_n} & \frac{\partial Q_1}{\partial b_1} & \dots & \frac{\partial Q_1}{\partial b_n} \\ \vdots & & \vdots & & & \vdots \\ \frac{\partial Q_n}{\partial a_1} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial a_n} & \frac{\partial Q_n}{\partial b_1} & \dots & \frac{\partial Q_n}{\partial b_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta a_1 \\ \vdots \\ \Delta a_n \\ \vdots \\ \Delta b_1 \\ \vdots \\ \Delta b_n \end{bmatrix} \quad (4.31)$$

Langkah-langkah untuk memecahkan masalah beban ^{arus} dengan menggunakan metode Newton-Raphson adalah :

1. Hitung P_i dan Q_i atau $|V_i|^2$ dari tegangan-tegangan diperoleh pada awalnya dengan menggunakan iterasi Gauss-Siedel dan kemudian dengan iterasi berikutnya menggunakan metoda ini.
2. Hitung ΔP_i dan ΔQ_i atau $\Delta |V_i|^2$ (kecuali $i=1$) dan jika ini semua masih didalam batas yang diijinkan/diperbolehkan, hitung P_i , Q_i , dan tulis solusi seluruhnya dengan lengkap.
3. Jika perbedaannya tidak dalam batas yang diperbolehkan, evaluasi elemen-elemen Jacobian dengan memperoleh sebagian derivat(turunan-turunan) dengan cara membedakan persamaan untuk P_i dan Q_i .
4. Carilah pemecahan untuk persamaan 4.31 cari Δa_{ij} , Δb_{ij} (kecuali $n = 1$).
5. Tentukan tegangan-tegangan baru pada bus-bus, dengan menambahkan perubahan-perubahan tegangan untuk harga-harga sebelumnya pada tegangannya.

Kembalilah pada langkah pertama, dan ulangi iterasi-iterasi sampai perbedaan ^{daya} tenaga aktif dan ^{daya} tenaga reaktif berada pada batas yang diperbolehkan/diijinkan.

4.8 Perbandingan pada Metoda-metoda Beban Arus (aliran daya)

Metoda Gauss-Seidel menggunakan iterasi-iterasi yang diperbarui segera setelah semuanya dapat digunakan, dan dengan demikian lebih menguntungkan atas metoda Gauss iteratif yang memakan waktu lebih lama.

Perhitungan metoda-metoda yang menggunakan studi beban ^{aliran daya}

arus adalah metoda Gauss-Siedel atau metoda Newton-Raphson. Kebaikan dan kekurangan dari kedua metoda tersebut dapat dibandingkan seperti berikut ini :

Metoda Gauss-Siedel :

1. Metoda ini menggunakan koordinat rectangular pada saat membuat programnya.
2. Memerlukan pengoperasian aritmatik dengan jumlah paling sedikit untuk melengkapi suatu iterasi karena jarangya matriks jaringan dan kesederhanaan teknik solusinya. Untuk per-iterasi membutuhkan waktu yang sedikit.
3. Di dalam metoda ini, tingkat konvergensi^{cepat}nya (~~penyatuan~~) pelan dan penyatuan (=unity) bersifat linear.
4. Metoda Gauss-Siedel mudah untuk membuat programnya dan mempunyai efisiensi terbanyak dalam penggunaan memory inti.
5. Biasanya digunakan untuk solusi pada masalah-masalah sistem yang kecil.

Metoda Newton-Raphson

1. Metoda ini lebih suka menggunakan koordinat kutub, sebab jika menggunakan koordinat rektangular, memerlukan lebih banyak memory.
2. Membutuhkan waktu yang lebih lama, karena untuk tiap iterasi, elemen-elemen jacobian-nya akan dihitung. Waktu per iterasi untuk kedua metoda secara langsung meningkat seperti sejumlah bus-bus di dalam jaringan (=network).
3. Metoda Newton-Raphson mempunyai karakteristik-karakteristik kuadrat penyatuan. Untuk sistem-sistem yang besar, metoda ini lebih cepat, lebih akurat dan

Komponen simetris (Symmetrical Component)

$$\begin{aligned} \text{Daya 3 } \phi \text{ simbang} &= \sqrt{3} V_{LL} I_L \cos \phi \\ &= 3 \cdot V_{LN} \cdot I_L \cos \phi \\ V_{LN} \cdot I_L \cos \phi &= \text{daya per fase} \end{aligned}$$

1. Tujuan komponen simetris

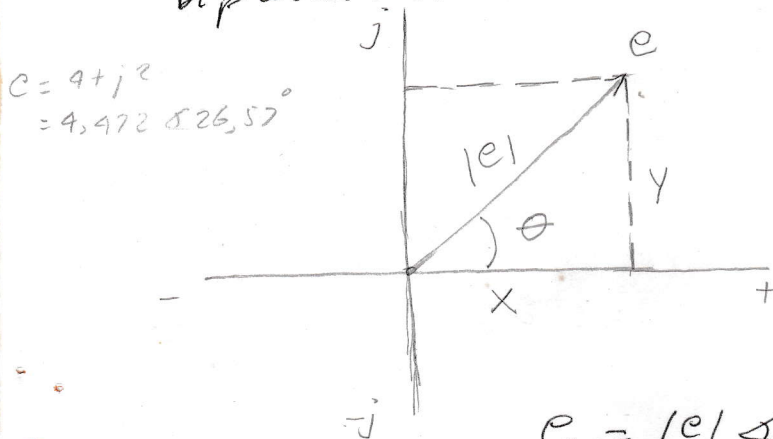
Pada sistem tiga fase yg simetris untuk menghitung besarnya arus dapat dapat dihitung sebagai satu fase (fase tunggal) kemudian bisa diperluas utk menghitung daya kebelakangan dengan mengalikan 3. Dengan demikian bila suatu sistem tiga fase tidak simbang, sistem ini diubah menjadi 3 buah sistem yang simbang yaitu :

- urutan Positif (Positive sequence)
- urutan Negatif (Negative sequence)
- urutan Nol. (Zero sequence)

Melalui ketiga sistem ini simbang dapat dihitung seperti fase tunggal (satu fase) dan hasilnya merupakan penjumlahan ketiga sistem tersebut...

Operator

Diperai untuk memudahkan perhitungan :



$e = (x, y)$ koordinat

$e = x + jy \rightarrow$ Cartesian (RP-Rata polar)

$e = |e| \angle \theta$ polar (PR)/Komplex

$e = x + jy \rightarrow |e| = \text{polar}$

$$|e| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$e = |e| \angle \theta \rightarrow |e| \cos \theta + j |e| \sin \theta$
Bil Komplex

Hasil perkalian dari 2 buah bilangan kompleks

ialah perkalian dari magnitude dan jumlah sudutnya

Bil kompleks: $a \angle \alpha$
 $b \angle \beta$ } di kalikan hasilnya $ab \angle \alpha + \beta$