ISSN: 1979-6870

AKIBAT KETIDAKSEIMBANGAN BEBAN TERHADAP ARUS NETRAL DAN LOSSES PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI

Moh. Dahlan 1

email: dahlan_kds@yahoo.com surat_dahlan@yahoo.com

ABSTRAK

Ketidakseimbangan beban pada suatu sistem distribusi tenaga listrik selalu terjadi dan penyebab ketidakseimbangan tersebut adalah pada beban-beban satu fasa pada pelanggan jaringan tegangan rendah.

Akibat ketidakseimbangan beban tersebut timbullah arus di netral trafo. Arus yang mengalir di netral trafo ini menyebabkan terjadinya losses (rugi-rugi), yaitu losses akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah.

Setelah dianalisis, diperoleh bahwa bila terjadi ketidakseimbangan beban yang besar, maka arus netral yang muncul juga besar, dan losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah semakin besar pula.

Kata kunci: Ketidakseimbangan Beban, Arus Netral, Losses

ABSTRACT

The unbalanced load in electric power distribution system always happen and it is caused by single phase loads on low voltage system.

The effect of the unbalanced load is appear as a neutral current. These neutral current cause losses, those are losses caused by neutral current in neutral conductor on distribution transformers and losses caused by neutral current flows to ground.

In conclusion, when high unbalanced load happened, then the neutral current that appear is also high, ultimately the losses that caused by the neutral current flows to ground will be high too.

Key words: Unbalanced Load, Neutral Current, Losses

_

¹ Dosen Fakultas Teknik Universitas Muria Kudus

1. Pendahuluan

Pada sistem tenaga listrik arus bolak-balik, frekwensi standard untuk Indonesia adalah 50 Hz, dan sistem distribusi di kelompokkan kedalam dua bagian yaitu ; sistem jaring distribusi primer dan biasa disebut Jaring Tegangan Menengah (JTM), dan sistem jaring distribusi sekunder dan biasa disebut Jaring Tegangan Rendah (JTR). Fungsi pokok dari sistem distribusi adalah menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk ke pusat-pusat atau kelompok beban (gardu distribusi) dan pelanggan, dengan mutu yang memadai.

Kelangsungan pelayanan tergantung dari macam sarana penyalur dan peralatan pengamannya. Sarana penyalur (jaring distribusi) tingkatan kelangsungannya tergantung pada macam struktur jaring yang dipakai dan juga cara pengoperasiannya, yang pada hakekatnya direncanakan dan dipilih untuk memenuhi kebutuhan dan sifat beban.

Saluran distribusi tenaga listrik merupakan salah satu komponen yang mendistribusikan energi listrik dari gardu induk ke pusat beban atau konsumen. Dalam pendistribusian tenaga listrik harus diusahakan sebaik mungkin, untuk itu gangguan yang terjadi pada sistem distribusi harus di selesaikan secara tepat dan cepat. Karena gangguan tersebut dapat menyebabkan pemadaman, sehingga dapat mengurangi kontinuitas dan kualitas pendistribusian tenaga listrik bagi konsumen.

2. Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai , dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Penggunaan transformator yang sederhana dan handal memungkinkan dipilihnya tegangan yang sesuai dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan serta merupakan salah satu sebab penting bahwa arus bolak-balik sangat banyak dipergunakan untuk pembangkitan dan penyaluran tenaga listrik.

Prinsip kerja transformator adalah berdasarkan hukum Ampere dan hukum Faraday, yaitu: arus listrik dapat menimbulkan medan magnet dan sebaliknya medan magnet dapat menimbulkan arus listrik. Jika pada salah satu kumparan pada

transformator diberi arus bolak-balik maka jumlah garis gaya magnet berubah-ubah. Akibatnya pada sisi primer terjadi induksi. Sisi sekunder menerima garis gaya magnet dari sisi primer yang jumlahnya berubah-ubah pula. Maka di sisi sekunder juga timbul induksi, akibatnya antara dua ujung terdapat beda tegangan

3. Ketidakseimbangan Beban pada Transformator

Daya transformator bila ditinjau dari sisi tegangan tinggi (primer) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$S = \sqrt{3} \cdot V \cdot I$$

dimana :

S: daya transformator (kVA)

V: tegangan sisi primer trafo (kV)

I : arus jala-jala (A)

Sehingga untuk menghitung arus beban penuh (full load) dapat menggunakan rumus :

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} V}$$

dimana:

I_{FL}: arus beban penuh (A)

S: daya transformator (kVA)

V: tegangan sisi sekunder trafo (kV)

Sebagai akibat dari ketidakseimbangan beban antara tiap-tiap fasa pada sisi sekunder trafo (fasa R, fasa S, fasa T) mengalirlah arus di netral trafo. Arus yang mengalir pada penghantar netral trafo ini menyebabkan *losses* (rugi-rugi). *Losses* pada penghantar netral trafo ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_N = I_N^2 \cdot R_N$$

dimana:

P_N: losses penghantar netral trafo (watt)

 I_N : arus pada netral trafo (A)

 R_N : tahanan penghantar netral trafo (Ω)

Sedangkan *losses* yang diakibatkan karena arus netral yang mengalir ke tanah (*ground*) dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$P_G = I_G^2 \cdot R_G$$

dimana:

 $P_{G}: \emph{losses}$ akibat arus netral yang mengalir ke tanah (watt)

I_G: arus netral yang mengalir ke tanah (A)

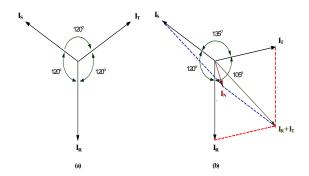
 R_G : tahanan pembumian netral trafo (Ω)

Yang dimaksud dengan keadaan seimbang adalah suatu keadaan di mana:

- Ketiga vektor arus / tegangan sama besar.
- Ketiga vektor saling membentuk sudut 120° satu sama lain.

Sedangkan yang dimaksud dengan keadaan tidak seimbang adalah keadaan di mana salah satu atau kedua syarat keadaan seimbang tidak terpenuhi. Kemungkinan keadaan tidak seimbang ada 3 yaitu:

- Ketiga vektor sama besar tetapi tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar tetapi membentuk sudut 120° satu sama lain.
- Ketiga vektor tidak sama besar dan tidak membentuk sudut 120° satu sama lain.



Gambar 1. Vektor Diagram Arus

Gambar 1(a) menunjukkan vektor diagram arus dalam keadaan seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) adalah sama dengan nol sehingga tidak muncul arus netral (I_N). Sedangkan pada Gambar 1(b) menunjukkan vektor diagram arus yang tidak seimbang. Di sini terlihat bahwa penjumlahan ketiga vektor arusnya (I_R , I_S , I_T) tidak sama dengan nol sehingga muncul sebuah besaran yaitu arus netral (I_N) yang besarnya bergantung dari seberapa besar faktor ketidakseimbangannya.

4. Daya pada Saluran Distribusi

Misalnya daya sebesar P disalurkan melalui suatu saluran dengan penghantar netral. Apabila pada penyaluran daya ini arus-arus fasa dalam keadaan seimbang, maka besarnya daya dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = 3 \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi$$

dimana:

P : daya pada ujung kirim

V : tegangan pada ujung kirim

cos φ : faktor daya

Daya yang sampai ujung terima akan lebih kecil dari P karena terjadi penyusutan dalam saluran.

Jika [I] adalah besaran arus fasa dalam penyaluran daya sebesar P pada keadaan seimbang, maka pada penyaluran daya yang sama tetapi dengan keadaan tak seimbang besarnya arus-arus fasa dapat dinyatakan dengan koefisien a, b dan c sebagai berikut :

$$[I_R] = a [I]$$

$$[I_S] = b[I]$$

$$[I_T] = c[I]$$

dengan I_R, I_S dan I_T berturut-turut adalah arus di fasa R, S dan T.

Bila faktor daya di ketiga fasa dianggap sama walaupun besarnya arus berbeda, besarnya daya yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai :

$$P = (a + b + c) \cdot [V] \cdot [I] \cdot \cos \varphi$$

Apabila persamaan P=(a+b+c). [V]. [I]. $\cos \phi$ dan persamaan P=3. [V]. [I]. $\cos \phi$ menyatakan daya yang besarnya sama, maka dari kedua persamaan itu dapat diperoleh persyaratan untuk koefisien a, b, dan c yaitu:

$$a + b + c = 3$$

dimana pada keadaan seimbang, nilai a = b = c = 1

5. Analisis Beban Trafo

Misalkan data dari sebuah trafo distribusi sbb. :

Daya : 200 kVA

Tegangan Kerja : 21/20,5/20/19,5/19 kV // 400 V

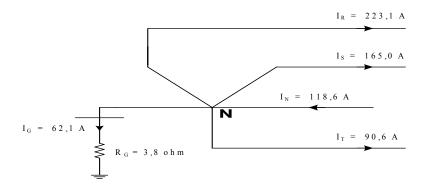
Arus : 6,8 - 359 A

In dan Rn : 118,6 A dan 0,6842 Ohm

 I_G dan R_G : 62,1 A dan 3,8 Ohm

Hubungan : Dyn5 Impedansi : 4%

Trafo : 1 x 3 phasa



Gambar 2. Skema Aliran Arus di Sisi Sekunder Trafo distribusi.

Sehingga dari data di atas dapat dihitung:

$$S = 200 \text{ kVA}$$

V = 0.4 kV phasa - phasa

$$I_{FL} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{200000}{\sqrt{3} \times 400} = 288,68 \text{ Ampere}$$

$$I_{\text{rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{223,1 + 165,0 + 90,6}{3} = 159,67 \text{ Ampere}$$

Persentase pembebanan trafo adalah:

$$\frac{I_{rata}}{I_{EL}} = \frac{159.67}{288.68} = 55.31 \%$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa pada (WBP = Waktu Beban Puncak) persentase pembebanan yaitu 55,31 %.

Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Trafo

Dengan menggunakan persamaan, koefisien a, b, dan c dapat diketahui besarnya, dimana besarnya arus fasa dalam keadaan seimbang (I) sama dengan besarnya arus rata-rata (Irata).

$$I_R = a . I \text{ maka}: \qquad a = \frac{I_R}{I} = \frac{223,1}{159,67} = 1,40$$

$$I_S = b . I maka : b = \frac{I_S}{I} = \frac{165,0}{159,67} = 1,03$$

$$I_T = c \cdot I \text{ maka}: \qquad c = \frac{I_T}{I} = \frac{90.6}{159.67} = 0.57$$

Pada keadaan seimbang, besarnya koefisien a, b dan c adalah 1. Dengan demikian, rata-rata ketidakseimbangan beban (dalam %) adalah :

$$= \frac{\left(|a-1|+|b-1|+|c-1|\right)}{3} \times 100\%$$

$$= \frac{\left(|1,40-1|+|1,03-1|+|0,57-1|\right)}{3} \times 100\%$$

$$= 28.7\%$$

Dari persamaan *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo dapat dihitung besarnya, yaitu:

$$P_N = I_N^2$$
. $R_N = (118,6)^2$. 0,6842 = 9623,92 Watt \approx 9,62 kW

dimana daya aktif trafo (P):

$$P = S \cdot \cos \varphi$$
, dimana $\cos \varphi$ yang digunakan adalah 0,85

$$P = 200.0,85 = 170 \text{ kW}$$

Sehingga, persentase *losses* akibat adanya arus netral pada penghantar netral trafo adalah :

%
$$P_N = \frac{P_N}{P} \times 100\% = \frac{9.62 \text{ kW}}{170 \text{ kW}} \times 100\% = 5.66\%$$

Losses akibat arus netral yang mengalir ke tanah dapat dihitung besarnya dengan menggunakan persamaan (4), yaitu :

$$P_G = I_G^2$$
. $R_G = (62,1)^2$. $3.8 = 14654.4$ Watt ≈ 14.65 kW

Dengan demikian persentase losses-nya adalah:

%
$$P_G = \frac{P_G}{P} \times 100\% = \frac{14,65 \text{ kW}}{170 \text{ kW}} \times 100\% = 8,62\%$$

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis di atas, terlihat bahwa ketidakseimbangan beban pada trafo tiang semakin besar karena penggunaan beban listrik tidak merata. Dengan demikian semakin besar ketidakseimbangan beban pada trafo tiang maka arus netral yang mengalir ke tanah (I_G) dan *losses* trafo tiang semakin besar.

Salah satu cara mengatasi *losses* arus netral adalah dengan membuat sama ukuran kawat netral dan fasa.

Daftar Pustaka

- [1] Abdul Kadir, Distribusi dan Utilisasi Tenaga Listrik, Jakarta: UI Press, 2000.
- [2] *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)*, Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [3] James J.Burke, *Power Distribution Engineering Fundamentals And Applications*, New York: Marcel Dekker Inc., 1994.
- [4] Sudaryatno Sudirham, Dr., *Pengaruh Ketidakseimbangan Arus Terhadap Susut Daya pada Saluran*, Bandung: ITB, Tim Pelaksana Kerjasama PLN-ITB, 1991.
- [5] Zuhal, Dasar Tenaga Listrik, Bandung: ITB, 1991.
- [6] Abdul Kadir, Transformator, Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 1989.