

PERHITUNGAN KAPASITAS TRAFO PEMBUMIAN TITIK NETRAL PADA GENERATOR

Juara Mangapul Tambunan¹⁾, Tony Koerniawan²⁾, Ganjar Ramadhan³⁾,

Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik - PLN

¹juaramangapult_stmsi@yahoo.com

²tonykoerniawan84@gmail.com

³ganjarramadhan@gmail.com

Abstract : *Generator is an important component of plant. Therefore the reliability and sustainability of a generator in generating electricity depends on the grounding system used. The transformer capacity generated from the calculation of 33.045 kVA in the event of interference. So the capacity of the transformer used must exceed the capacity of the transformer during interruption.*

Keywords: *Trafo capacity, grounding, generator.*

Abstrak : *Generator adalah komponen penting pada pembangkitan. Maka dari itu keandalan dan keberlangsungan suatu generator dalam membangkitkan listrik sangat bergantung pada sistem pembumian yang digunakan. Kapasitas trafo yang dihasilkan dari perhitungan sebesar 33,045 kVA pada saat terjadi gangguan. Sehingga kapasitas trafo yang digunakan harus melebihi kapasitas trafo pada saat terjadi gangguan.*

Kata Kunci : *Kapasitas trafo, pembumian, generator*

1. PENDAHULUAN

Listrik sangat berguna baik dalam pemenuhan kebutuhan rumah tangga ataupun kebutuhan dunia industri. Kebutuhan listrik dari tahun ke tahun semakin meningkat seiring dengan laju pertumbuhan penduduk. Maka dibangunlah pembangkit - pembangkit energi listrik untuk memenuhi kebutuhan listrik, salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) Gunung Salak.

Generator berfungsi untuk membangkitkan listrik pada suatu pembangkit. Komponen listrik ini menjadi salah satu komponen yang harus diperhatikan. Pembumian titik netral pada suatu generator sangat diperlukan untuk meminimalisir arus hubung singkat fasa ke-bumi yang terjadi. Sehingga keandalan generator dapat terjaga.

Dalam penelitian ini penulis menghitung kapasitas trafo pembumian titik netral pada generator unit 3 PLTP Gunung Salak pada saat terjadi gangguan hubung singkat satu fasa ke-bumi untuk menentukan kapasitas trafo yang

digunakan. Dimana hasil yang didapatkan akan dibandingkan dengan kapasitas trafo pembumian yang terpasang.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Generator sinkron atau sering disebut alternator merupakan mesin sinkron yang digunakan untuk mengubah daya mekanik menjadi daya listrik. Perubahan energi terjadi adanya perubahan induksi medan magnet pada kumparan jangkar, dimana tempat dibangkitkannya tegangan pada generator. Dikatakan generator sinkron karena bekerja pada kecepatan dan frekuensi yang konstan "steady state". Generator sinkron dapat berupa generator tiga fasa atau generator sinkron AC satu fasa, tergantung dari kebutuhan.

2.2 Pembumian Titik Netral

Sesuai dengan batasan yang diberikan IEEE, suatu pembumian netral dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Pembumian melalui tahanan (*resistance grounding*).
2. Pembumian langsung (*solid grounding*).
3. Pembumian dengan kumparan Petersen (*petersen coil*).
4. Pembumian dengan impedansi tinggi.
5. Pembumian dengan impedansi rendah

2.3 Tujuan Pembumian Titik Netral Sistem

Adapun tujuan pembumian titik netral sistem adalah sebagai berikut :

1. Menghilangkan gejala-gejala busur api pada suatu sistem.
2. Membatasi tegangan-tegangan pada fasa yang tidak terganggu (pada fasa yang sehat).
3. Meningkatkan keandalan (*reliability*) pelayanan dalam penyaluran tenaga listrik.
4. Mengurangi/membatasi tegangan lebih transient yang disebabkan oleh penyalaan bunga api yang berulang-ulang (*restrike ground fault*).
5. Memudahkan dalam menentukan sistem proteksi serta memudahkan dalam menentukan lokasi gangguan.

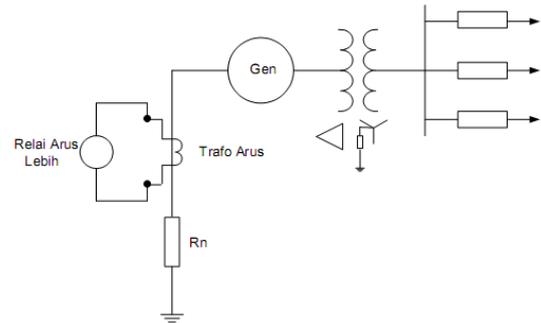
2.4 Pembumian Generator Sinkron

Dalam hal ini pembumian netral generator bertujuan semata-mata untuk kepentingan generator itu sendiri, terutama untuk melindungi generator dari gangguan satu fasa ke-bumi. Untuk sistem seperti ini biasanya dipakai pada unit pembangkit yang besar, yaitu 25 MW ke atas.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Suatu sistem dikatakan di kebumikan, apabila terdapat hubungan galvanik antara titik netral tersebut dengan bumi, hubungan galvanik ini bisa berupa tahanan, reaktansi atau terhubung langsung ke-bumi.

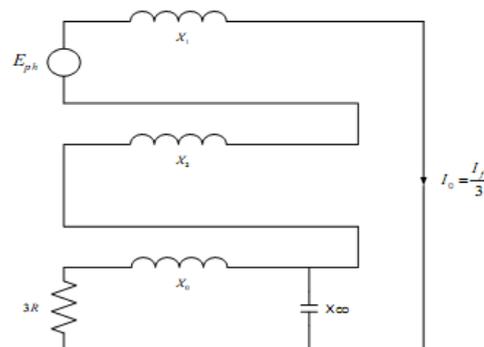


Gambar 3.1 Pembumian Titik Netral Generator Melalui Tahanan Tinggi

3.2 Arus Gangguan Satu Fasa Ke-bumi

Untuk menghitung besarnya arus gangguan satu fasa ke-bumi, maka dapat dilakukan dengan analisa komponen simetris sebagai berikut :

Diagram urutan dari generator yang titik netralnya di bumikan dengan menggunakan tahanan tinggi, pada saat terjadi gangguan satu fasa ke-bumi dapat digambarkan seperti pada gambar 3.2. sebagai berikut :



Gambar 3.2 Jaringan urutan sistem generator-trafo gangguan satu fasa ke bumi dengan tahanan.

Dimana :

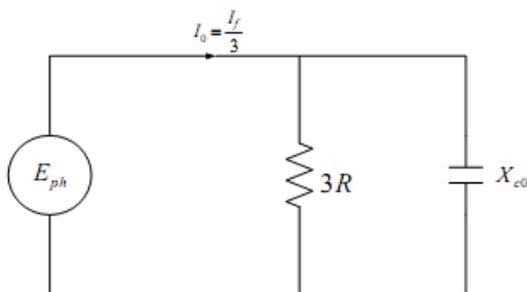
- E_{ph} = Tegangan fasa ke netral generator.
- X_1 = Komponen urutan positif dari sistem generator-trafo.
- X_2 = Komponen urutan negatif dari sistem generator-trafo.
- X_0, X_{20} = Komponen urutan nol dari sistem generator-trafo.
- $3R$ = Tahanan pembumian sistem generator-trafo.
- I_0 = Arus urutan nol yang mengalir pada saat gangguan.
- I_f = Arus gangguan satu fasa ke-bumi

Dalam menghitung besarnya arus gangguan satu fasa ke-bumi pada sistem generator yang titik netralnya dibumikan dengan tahanan tinggi, pengaruh komponen urutan positif X_1 ; komponen urutan negatif X_2 ; dan komponen urutan nol X_0 sangat kecil sehingga dapat diabaikan. Dengan demikian dalam perhitungan arus urutannya adalah :

$$X_c = -j \frac{10^6}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

$$Z_b = \frac{KV^2}{MVA}$$

Sehingga diagram urutan gambar 3.2 dapat disederhanakan menjadi gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Diagram urutan sistem generator dalam keadaan gangguan(satu fasa ke-bumi)

Dari penyederhanaan tersebut, maka besarnya impedansi urutan nol (Z_{0g}) dan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perhitungan dari sistem generator yang dibumikan dengan tahanan tinggi, dalam keadaan gangguan satu fasa ke-bumi dapat digunakan rumus-rumus berikut:

$$Z_0 = \frac{(X_{cpu})(-jX_{cpu})}{(X_{cpu} - jX_{cpu})}$$

$$I_f = 3I_0 = 3xI_0$$

$$R_p = \frac{X_c}{3}$$

$$R_s = R_p \times \left(\frac{1}{\alpha}\right)^2$$

$$I_{OC} = I_{OR} = \frac{V \text{ sisi primer}}{XC}$$

$$3 I_{OR} = 3 \times I_{OR}$$

$$I_s = 3 I_{OR} \times \alpha$$

$$V_0 = I_s \times R_s$$

Daya trafo distribusi dalam kVA adalah :

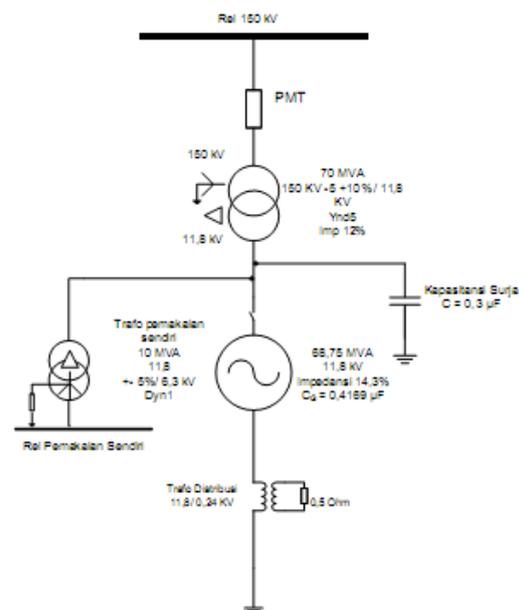
$$I_{OC} \times \text{Tegangan sisi primer}$$

$$R_N = \frac{1}{6\pi f C}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

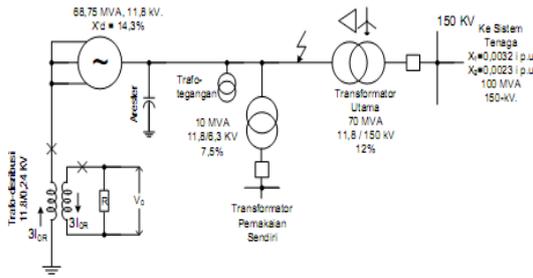
4.1 Data Generator dan Transformator

Pada gambar 4.1. merupakan diagram satu garis unit sistem generator-trafo unit 3 PLTP Gunung Salak. Berikut adalah data-data dari sistem generator Unit 3 PLTP Gunung Salak yang diperoleh dari PT. Indonesia Power UBP Kamojang Sub Unit PLTP Gunung Salak:



Gambar 4.1 Diagram satu garis unit 3 generator-trafo PLTP Gunung Salak

Besarnya arus gangguan satu fasa ke-bumi pada sistem generator yang di bumikan dengan tahanan tinggi adalah berkisar 1 s/d 10 Ampere. Arus gangguan satu fasa ke-bumi akan mencapai maksimum, apabila gangguan terjadi pada terminal generator. Untuk sistem generator-trafo yang di bumikan dengan tahanan tinggi, besarnya arus gangguan satu fasa ke-bumi dapat dihitung seperti penjelasan di bawah ini.



Gambar 4.2 Diagram satu garis sistem generator – trafo PLTP Gunung Salak

Urutan positif dan negatif

- Generator :

$$X_{1G} \text{ pada basis } 100 \text{ MVA} = i \left(\frac{100}{68,75} \right) \times 0,143 = 0,208 \text{ i p.u}$$

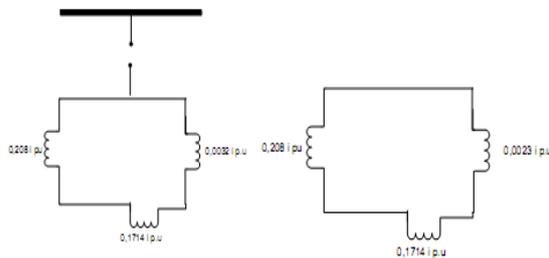
- Transformator:

$$X_{1T} \text{ pada basis } 100 \text{ MVA} = i \left(\frac{100}{70} \right) \times 0,12 = 0,1717 \text{ i p.u}$$

- Sistem

$$X_{1S} \text{ pada basis } 100 \text{ MVA} = i \left(\frac{100}{1249} \right) \times 0,04 = 0,0032 \text{ i p.u}$$

$$X_{2S} \text{ pada basis } 100 \text{ MVA} = i \left(\frac{100}{1249} \right) \times 0,029 = 0,0023 \text{ i p.u}$$



Gambar 4.4 Rangkaian Urutan positif dan negatif

$$X_1 = i \left(\frac{0,208 \times 0,1746}{0,3826} \right) = 0,09492 \text{ i p.u}$$

$$X_2 = i \left(\frac{0,208 \times 0,1737}{0,3817} \right) = 0,09465 \text{ i p.u}$$

Kapasitansi bumi perfasa generator 0,4169 μF

Kapasitansi bumi perfasa trafo daya 0,04 μF

Kapasitansi bumi perfasa trafo pemakaian sendiri 0,0009 μF

Kapasitansi bumi perfasa saluran terdistribusi 0,0001 μF

Kapasitansi bumi perfasa trafo tegangan 0,00012 μF

Kapasitansi bumi perfasa surja 0,3 μF

Total Kapasitansi Bumi Perfasa 0,758 μF

$$X_c = -i \frac{1}{2\pi f C} = \frac{10^6}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,758} = 4201,47 \Omega / \text{fasa}$$

Reaktansi Kapasitif, pada basis 100 MVA; 11,8 KV

$$Z_{\text{base}} = \frac{11,8^2}{100} = 1,39 \Omega$$

$$X_c \text{ p.u} = \frac{4201,47}{1,39} = 3022,64 \text{ p.u}$$

Pemilihan tahanan pembumian sama dengan reaktansi kapasitif, 3R pada urutan nol sebesar 3022,64 p.u

Sehingga Z_0 dapat dicari,

$$Z_0 = \frac{3022,64 \times (3022,64 \angle -90^\circ)}{3022,64 - 3022,64 i} = 2137,33 \angle -45^\circ \text{ p.u} = 1511,32 + 1511,32 i$$

Tahanan dipilih dengan 3R sama dengan X_c , sehingga

$$R = \frac{4201,47}{3} = 1400,49 \Omega \text{ pada } 11,8 \text{ KV}$$

Nilai nilai tahanan pada sisi sekunder trafo adalah

$$R = 1400,49 \times \left(\frac{240}{11800} \right)^2 = 0,579 \Omega$$

Karena nilai reaktansi urutan positif dan reaktansi urutan negatif sangat kecil dibandingkan dengan Z_0 , maka keduanya diabaikan

$$I_1 = I_2 = I_0 = \frac{1}{Z_0} = \frac{1}{2137,33 \angle -45^\circ} = 0,00047 \angle 45^\circ \text{ p.u}$$

Arus dasar dengan basis 100 MVA = $\frac{100000}{\sqrt{3} \times 11,8} = 4892,798 \text{ A pada } 11,8 \text{ KV}$

$$I_1 = I_2 = I_0 = 0,00047 \times 4892,798 = 2,289 \text{ A pada } 11,8 \text{ KV}$$

$$I_a = 3I_0 = 3 \times 2,289 = 6,87 \text{ A pada } 11,8 \text{ KV}$$

Arus pada pembumian atau pada kapasitansi

$$3I_0 = 3I_{0C} + 3I_{0R} = 6,87 \angle 45^\circ = 4,858 + 4,858 i$$

Sehingga nilai $3I_{0R} = 4,858 \text{ A}$ dan $3I_{0C} = 4,858 i$

Arus pada sisi sekunder trafo distribusi :

$$= 4,86 \times a = 4,86 \times \left(\frac{11800}{240} \right) = 238,95 \text{ A}$$

Tegangan V_0 yang diperoleh dari sisi sekunder pada tegangan fasa ke-bumi adalah :

$$V_0 = 238,95 \times 0,579 = 138,35 \text{ Volt}$$

Daya yang diserap oleh tahanan sewaktu terjadi gangguan satu fasa ke-bumi adalah :

$$238,95^2 \times 0,579 = 33,059 \text{ kW}$$

Dari data yang didapatkan, maka dapat dihitung nilai kapasitas trafo distribusi dalam kVA

$$4,86 \times \frac{11,8}{\sqrt{3}} = 33,109 \text{ kVA}$$

$$\text{Nilai } R_N \text{ dapat dihitung dengan, } R_N = \frac{1}{6\pi f C} = \frac{10^6}{6 \times 3,14 \times 50 \times 0,758} = 1400,4896 \Omega$$

Pada kondisi normal, charging current (karena kapasitansi) dapat dihitung,

$$I_c = \frac{11800}{\sqrt{3} \times 4201,5} = 1,62 \text{ A}$$

Berdasarkan arus gangguan yang telah dihitung didapat arus sekunder sebesar $3I_{OR} = 4,86 \text{ A}$, dengan tegangan sistem sebesar $11,8 / \sqrt{3} \text{ kV}$, maka mendapatkan daya sebesar 33,109 kVA.

Sehingga kapasitas trafo yang dipasang pada titik netral generator sebesar 35 kVA, karena kapasitas trafo yang dipasang harus lebih besar dari kapasitas trafo pada saat terjadi gangguan.

5. KESIMPULAN

1. Untuk menghindari atau membatasi potensi tegangan peralihan ke-bumi, menurut AR. Van C. WARRINGTON, tahanan maksimum pembumian $R_N \leq \frac{X_c}{3}$, dengan kapasitansi terdistribusi terhadap bumi sebesar 0,758 μF , maka diperoleh nilai $R_N = 1400,4896 \Omega$. Tahanan pembumian titik netral generator terpasang sebesar 1400,49 Ω . Maka $1400,49 \Omega \leq 1400,49 \Omega$. Sesuai dengan standar *IEEE std. 142 - 1972*.
2. Hasil perhitungan daya tranformator pembumian didapatkan nilai kapasitas trafo pembumian sebesar 33,059 kVA. Sehingga trafo pembumian generator yang dipasang sebesar 35 kVA.

6. REFERENSI

1. A.R Van C. Warrington; Protective Relays; tahun 1976.
2. Blackburn, J.L, Ed.,” *Protective Relaying: Principles and Application*”, Marcel Dekker, Inc, New Yor, 1987
3. Benoltz de Metz-Nobalt; Frederic Dumas;Christope Poulain; Calculation of short circuit current no 158; Schneider Electric. Tahun 2005.
4. Djiteng Marsuadi, Ir..”Operasi Sistem Tenaga Listrik”, Penerbit ISTN, 1990, Jakarta
5. Hasan Basri,Ir..” Proteksi Sistem Tenaga Listrik”, Penerbit ISTN, 2003, Jakarta
6. Komari,Ir., Proteksi Sistem Tenaga Listrik,tahun 2003.
7. Wahyudi Sarimun.Ir.N.MT. Buku saku Pelayanan Teknik, 2001.