

Karakteristik Transformator 3 Fasa (Hubung Bintang dan Delta) Pada Sistem Tenaga Listrik AC

Yusri A M Ambabunga^{1*}, Henrianto Masiku², Eliyah Acantha M Sampetoding³

¹ Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja


² Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Toraja, Tana Toraja

³ Teknik Informatika, STIK Rajawali Talaud, Kepulauan Talaud

^{1*} ambabungayusri@gmail.com, ² henrimasiku@yahoo.co.id, ³ eacantha@gmail.com

| INFORMASI ARTIKEL | ABSTRAK |
|---|--|
| Kata Kunci: Inti Trafo Minyak Trafo, Lilitan Primer dan Sekunder Isolasi Penghantar | Trafo atau Transformator merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah nilai suatu arus atau tegangan dari nilai yang satu kenilai lainnya melalui suatu gandengan magnet dan menggunakan prinsip kerja elektromagnetik. Prinsip kerja trafo yaitu berdasarkan hukum Faraday. Jenis dan bentuk trafo bermacam- macam tergantung pada fungsi dan besarnya tegangan dan arus yang bekerja pada trafo tersebut. |
| Keywords: Transformer Core Transformer Oil, Primary and Secondary winding, Conductor Insulation. | ABSTRACT Transformer or transformer is an electrical device that functions to change the value of a current or voltage from one value to another through a magnetic coupling and using electromagnetic working principles. The working principle of the transformer is based on Faraday's law. Types and shapes of transformers vary depending on the function and magnitude of the voltage and current acting on the transformer. |

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. Pendahuluan

Trafo adalah suatu peralatan listrik yang berguna untuk mengubah nilai tegangan atau arus dari nilai yang satu ke nilai lainnya sesuai dengan kebutuhan. Trafo bekerja berdasarkan pada Hukum Faraday [1]. Jenis trafo sangat beragam tergantung pada tegangan kerja, fasa yang dipakai, dan untuk apa trafo tersebut digunakan. Salah satu jenis trafo yang akan dibahas kali ini adalah trafo tiga fasa, yang umumnya memiliki tegangan kerja yang tinggi dan biasanya berada pada gardu induk yang berfungsi untuk menurunkan tegangan transmisi (tegangan tinggi.) menjadi tegangan distribusi (tegangan menengah).

Transformator tiga fasa berfungsi menyalurkan energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Sesuai dengan namanya maka trafo tiga fasa bekerja pada tegangan yang memiliki tiga buah fasa. Sesuai trafo tiga fasa secara prinsip sama dengan sebuah transformator satu fasa, perbedaan yang paling mendasar adalah pada sistem kelistrikkannya yaitu sistem satu fasa dan tiga fasa. Sehingga sebuah transformator tiga fasa bisa dihubungkan bintang, segitiga, atau zig-zag [2].

Transformator tiga fasa banyak digunakan pada sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik karena pertimbangan ekonomis. Selain itu, Transformator tiga fasa mengurangi berat dan lebar kerangka, sehingga harganya dapat dikurangi bila dibandingkan dengan penggabungan tiga buah transformator satu fasa dengan "rating" daya yang sama [3].

II. Metode

Pada penyusunan artikel penulisan, ada beberapa metode pendekatan yang digunakan seperti, metode Analisis dan Observasi pada transformator 3 fasa untuk mengetahui tingkat karakteristik kerja dari

transformator 3 fasa baik transformator yang rangkaiannya terhubung bintang atau delta pada beban 3 fasa sehingga mendapatkan hasil pengukuran dan pengujian yang akurat terkait kinerja trafo pada system daya listrik 3 fasa.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Konstruksi Trafo Tiga Fasa

Secara umum sebuah transformator tiga fasa mempunyai konstruksi hampir sama, yang membedakan adalah alat bantu dan sistem pengamannya, tergantung pada letak tempat pemasangannya, sistem pendinginan, pengoperasian, fungsi dan pemakaiannya. Bagian utama, alat bantu, dan sistem pengamanan yang ada pada sebuah transformator daya.

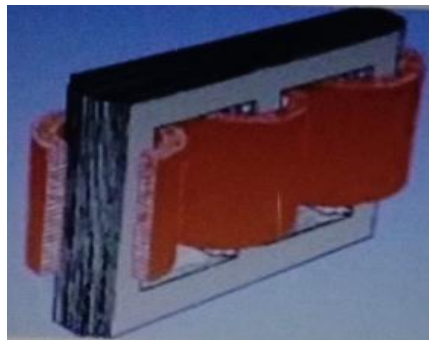


Gambar 1. Bagian dalam Trafo Tiga Fasa

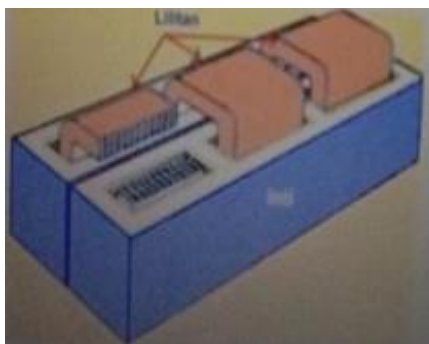
1) Inti Transformator

Seperti halnya pada transformator satu fasa inti besi berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks dari kumparan primer ke kumparan sekunder sehingga akan didapatkan induksi medan magnet yang lebih kuat. Sama seperti transformator satu fasa, berdasarkan cara melilit kumparan, ada 2 jenis, yaitu transformator tipe inti dan transformator tipe cangkang.

Inti trafo dibuat dari lempengan besi tipis dari bahan besi silikon (*Grain oriented silicon steel*) yang berisolasi, yang tujuannya adalah untuk mengurangi panas (sebagai rugi-rugi besi) yang ditimbulkan oleh "Eddy Current".



Gambar 2. Tranformator Tipe Inti



Gambar 3. Transformator tipe cangkang



Gambar 4. Inti besi dan laminasi yang diikat Fiber Glass

2) Kumbaran Transformator

Kumbaran transformator terdiri dari lilitan kawat berisolasi dan membentuk kumbaran. Kawat yang dipakai adalah kawat tembaga berisolasi yang berbentuk bulat atau plat. kumbaran-kumbaran transformator diberi isolasi baik terhadap kumbaran lain maupun inti besinya. Bahan isolasi berbentuk padat seperti kertas prespan, pertinak.

3) Minyak Transformator

Sebagian besar transformator tenaga kumbaran-kumbaran dan intinya direndam dalam minyak trafo, terutama trafo-trafo yang berkapasitas besar, karena minyak trafo mempunyai sifat sebagai media pemindah panas (disirkulasi) dan bersifat pula sebagai isolasi (daya tegangan tembus tinggi) sehingga berfungsi sebagai media pendinginan dan isolasi [4].

Transformator dapat didinginkan saat beroperasi maka kumbaran dan inti transformator direndam di dalam minyak. Minyak juga berfungsi sebagai isolasi. Oleh karena itu minyak transformator harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

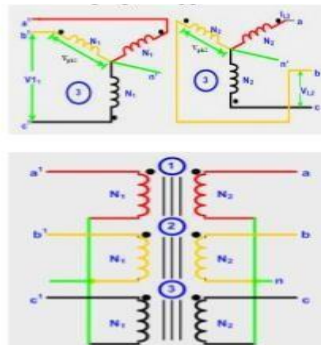
- Mempunyai kekuatan isolasi (*Dielectric Strength*)
- Penyalur panas yang baik dengan berat jenis yang kecil sehingga partikel-partikel kecil dapat mengendap dengan cepat.
- Viskositas yang rendah agar lebih mudah bersirkulasi dan kemampuan pendinginan menjadi lebih baik.
- Tidak nyala yang tinggi, tidak mudah menguap, sifat kimia yang stabil.

B. Hubungan pada Transformator 3 Fasa

Pada prinsipnya adalah metode atau cara merangkai kumbaran disisi primer dan sekunder. Umumnya dikenal tiga cara untuk merangkai kumbaran pada transformator tiga fasa, yaitu hubungan bintang, hubungan delta dan hubungan zig-zag.

1) Transformator Tiga Fasa Hubungan Bintang-bintang (Y-Y)

Pada jenis ini ujung-ujung pada masing-masing terminal dihubungkan secara bintang. Titik netral dijadikan menjadi satu. Hubungan dari tipe ini lebih ekonomis untuk arus nominal yang kecil pada trafo tegangan tinggi.



Gambar 5. Transformator hubungan bintang-bintang

Sisi Primer :

$$V_{ph1} = \frac{V_{L1}}{\sqrt{3}} \text{ Volt} \quad I_{L1} = I_{ph1}$$

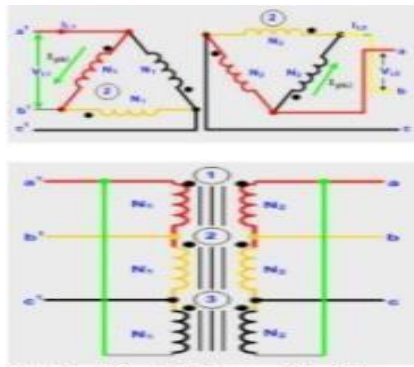
Sisi Sekunder :

$$V_{ph2} = \frac{V_{L2}}{\sqrt{3}} \text{ Volt} \quad I_{L2} = I_{ph2}$$

$$K = \frac{V_{ph2}}{V_{ph1}}$$

2) Transformator hubungan segitiga-segitiga

Pada jenis transformator ini ujung fasa dihubungkan dengan ujung netral kumparan lain yang secara keseluruhan akan berbentuk hubungan delta/segitiga. Hubungan ini umumnya digunakan pada sistem yang menyalurkan arus besar pada tegangan rendah dan yang paling utama saat keberlangsungan dari pelayanan harus dipelihara meskipun salah satu fasa mengalami kegagalan.



Gambar 6. Transformator hubungan delta-delta

Perhitungan pada hubung segitiga :

Sisi Primer :

$$V_{L2} = \frac{V_{ph1}}{\sqrt{3}} \text{ Volt} \quad I_{L2} = 3 I_{ph1}$$

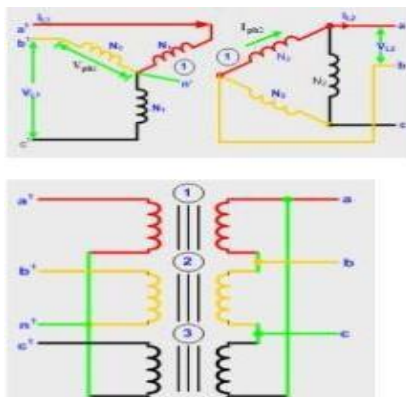
Sisi Sekunder :

$$V_{L2} = \frac{V_{ph2}}{\sqrt{3}} \text{ Volt} \quad I_{L2} = I_{ph2}$$

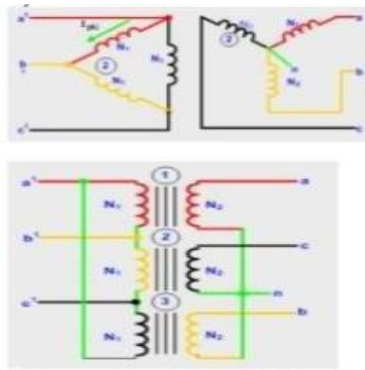
$$K = \frac{V_{ph2}}{V_{ph1}}$$

3) Transformator hubungan Segitiga Bintang (Y)

Pada hubungan ini, kumparan pada sisi primer dirangkai secara bintang (wye) dan sisi sekundernya dirangkai delta.



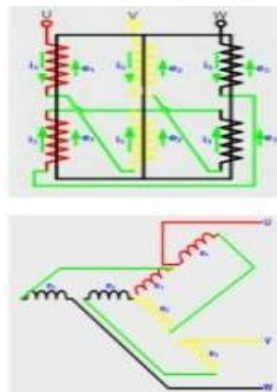
Gambar 7. Transformator Hubungan Bintang Delta



Gambar 8. Transformator hubungan Delta Bintang

4) Transformator Hubungan zig-zag

Pada hubung ini, sisi primer trafo dirangkai secara delta sedangkan pada sisi sekundernya terdapat titik netral. Biasanya digunakan untuk menaikkan tegangan (*Step-Up*) pada awal sistem transmisi tegangan tinggi. Dalam hubungan ini perbandingan tegangan 3 kali perbandingan lilitan trafo dan tegangan sekundernya mendahului sebesar 30 dari tegangan primernya.



Gambar 9. Transformator hubungan Zig-Zag

5) Transformator Tiga Fasa dengan Dua Kumparan

Kebanyakan transformator distribusi selalu dihubungkan bintang, salah satu syarat yang harus dipenuhi oleh transformator tersebut adalah ketiga fasanya harus diusahakan seimbang. Apabila beban tidak seimbang akan menyebabkan timbulnya tegangan titik bintang yang tidak diinginkan, karena tegangan pada peralatan yang digunakan pemakai akan berbeda-beda. Untuk menghindari terjadinya tegangan titik bintang, diantaranya dilakukan dengan menggunakan sisi sekunder terdiri atas enam kumparan yang dihubungkan secara khusus. Setiap ujung dari kumparan sekunder disambungkan sedemikian rupa, supaya arah aliran arus didalam tiap-tiap kumparan menjadi bertentangan. Karena el tersambung secara berlawanan dengan gulungan e2, sehingga jumlah vektor dari kedua tegangan itu menjadi :

$$\begin{aligned} eZ1 &= e1 - e2 \\ eZ2 &= e2 - e3 \\ eZ3 &= e3 - e1 \\ eZ1 + eZ2 + eZ3 &= 0 = 3 e_b \end{aligned}$$

6) Transformator Tiga Fasa dengan Dua Kumparan

Selain hubungan transformator seperti telah dijelaskan pada sub-sub sebelumnya ada transformator tiga fasa dengan dua kumparan, Tiga jenis hubungan yang umum digunakan adalah :

- V-V atau “ Open “

- “ Open Y – Open “
- Hubungan T-T

Hubungan Open Delta ini dimungkinkan untuk menransformasi sistem tegangan tiga fasa yang hanya menggunakan dua buah transformator yang terhubung secara open delta. Hubungan open delta identik dengan hubungan delta-delta tetapi salah satu trafo tidak dipasang hubungan ini jarang digunakan karena load capacity nya hanya 86,6 % dari kapasitas terpasangnya.

Jika dua buah trafo 50 kVA dihubungkan secara open delta, maka kapasitas terpasang yang seharusnya adalah $2 \times 50 = 100\text{kVA}$, sebelum trafo mengalami *overhaeat*. Hubungan open delta umumnya digunakan dalam situasi darurat.

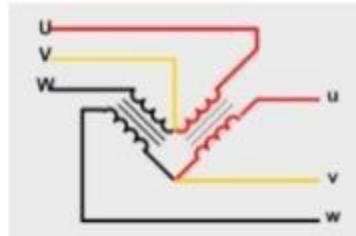
Perhitungan pada open delta daya saat dihubungkan delta

$$3 V_L I_L \sqrt{3} VA$$

$I_{ph2} = I_L$ menjadi arus jala-jala

Daya saat dihubungkan

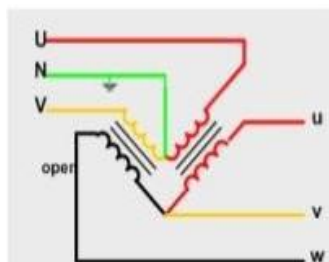
$$V - \sqrt{3} V_L I_L = V_L I_L \sqrt{3} VA$$



Gambar 10. Transformator hubungan open delta V – V

Kekurangan trafo ini adalah :

- Faktor daya rata-rata, pada V – V beroperasi lebih kecil P.f beban, kira-kira 86,6 % dari faktor daya beban seimbang.
- Tegangan terminal sekunder cenderung tidak seimbang, apalagi saat beban bertambah.



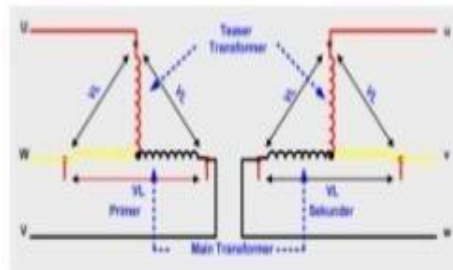
Gambar 11. Transformator Hubungan Open Y dengan open Delta

Hubungan Open Y – Open Delta diperlihatkan pada gambar diatas, ada perbedaan dari hubungan V-V karena penghantar titik tengah pada sisi primer dihubungkan ke netral (*ground*). Hubungan ini bisa digunakan pada transformator distribusi.

7) Hubungan Scott atau T-T

Hubungan ini merupakan transformator tiga fasa ke tiga fasa dengan bantuan dua buah transformator (kumparan) satu dari transformator mempunyai “center tap” pada sisi primer dan sekundernya dan disebut “*main transformer*” trafo yang biasanya mempunyai “0,866 Tap” dan disebut “*Teaser Transformer*” . salah

satu ujung dari sisi primer dan sekunder “teaser transformer” disatukan ke “centre taps” dari “main transformer”. “Teaser Transformer” beroperasi hanya 0,866 dari kemampuan tegangannya dan kumparan “main transformer” beroperasi pada $\cos 30 = 0.866$ dari kemampuan tegannya dan kumparan. “main transformer” bekerja pada 86,6 % dari kemampuan daya semuanya.



Gambar 12. Hubungan scott atau T – T

IV. Kesimpulan

Transformator 3 fasa banyak diaplikasikan untuk menangani listrik dengan daya yang besar. Terdapat berbagai macam hubungan pada trafo tiga fasa yang dalam penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan dan rating tegangan yang akan dipikulnya. Salah satu hubungan pada trafo tiga fasa yang sering dipakai adalah hubungan delta bintang dan bintang delta. Kedua jenis hubungan ini biasanya dipakai dalam sistem tenaga listrik khususnya pada bagian transmisi listrik untuk menaikkan tegangan (-Y) dan digunakan untuk menurunkan tegangan (Y-).

Daftar Pustaka

- [1] T. Wildi, *Electrical Machines, Drives and Power Systems*, New Jersey: Pearson New International Edition, 1997.
- [2] Y. Ambabunga, "Peningkatan Efisiensi Kerja Motor Induksi 3 Phasa (Pengujian Karakteristik Motor Induksi 3 Phasa)," *Journal Dynamic SainT*, vol. 5, no. 1, pp. 884-889, 2020
- [3] P. Sumardjati, S. Yahya and A. Mashar, *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 3 untuk SMK*, Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.
- [4] J. O. Wuwung, "Pengaruh Pembebanan Terhadap Kenaikan Suhu Pada Belitan Transformator Daya Jenisterendam Minyak," *TEKNO*, vol. 7, no. 52, pp. 29-38, 2010