

KERJA PARALEL TRANSFORMATOR DAYA

Oleh: Hery Setijasa¹, Triyono², Amir Subagyo³, Haris Santosa⁴

Staf Pengajar Teknik Elektro Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof.H.Sodarto,SH Tembalang 50275

E-mail : hery.setijasa@gmail.com

Abstrak

Transformator adalah alat listrik yang dapat memindahkan energi listrik dan mengubah tegangan listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lain melalui gandengan elektromagnet. Transformator daya digunakan untuk memikul beban listrik dengan arus relatif besar. Paralel transformator perlu dilakukan guna mendapatkan kapasitas suplai daya yang lebih besar sehingga tidak terjadi kelebihan beban (over load) yang dapat mengakibatkan pemadaman yang tidak dikehendaki. Beberapa syarat untuk bekerja paralel dua atau lebih transformator perlu diperhatikan yaitu antara lain faktor perbandingan belitan, polaritas kutub belitan, impedansi belitan, konfigurasi hubungan belitan primer dan sekunder, serta jam vektor tegangan primer dan sekunder. Tidak dipenuhinya syarat tersebut akan berakibat terjadi kegagalan untuk bekerja paralel. Faktor perbandingan belitan harus sama meskipun tegangan primer dan sekunder dari tiap transformator berbeda. Faktor perbandingan belitan diketahui dari perbandingan tegangan primer dan sekunder. Impedansi harus sama meskipun kapasitas daya transformator berbeda. Polaritas kutub belitan harus benar agar transformator tidak menjadi beban. Polaritas kutub belitan dapat diketahui dari hasil pengujian polaritas. Konfigurasi hubungan belitan primer dan sekunder dari transformator tiga fasa harus benar dan jam vektor tegangan harus sama agar tidak ada beda fasa. Konfigurasi hubungan belitan antara lain adalah Yy, Yd, Dd, Dy. Beda fasa vektor tegangan antara sisi primer dan sekunder yaitu tiap jam sebesar 30° yang dinyatakan berturut-turut dari jam 1 hingga jam 12.

Kata kunci : Paralel, Transformator, Vektor, Polaritas.

Abstract

A transformer is an electrical device that can transfer electrical energy and change electric voltage from one electrical circuit to another by means of an electromagnet coupling. Power transformers are used to carry electrical loads with relatively large currents. Parallel transformers need to be carried out in order to obtain a larger power supply capacity so that there is no overload (overload) which can result in unwanted blackouts. Several conditions for parallel work of two or more transformers need to be considered, namely among others the winding ratio factor, the polarity of the winding poles, the impedance of the winding, the configuration of the primary and secondary winding relationships, as well as the primary and secondary voltage vector clocks. Failure to comply with these conditions will result in failure to work parallel. The turns ratio factor must be the same even though the primary and secondary voltages of each transformer are different. The turns ratio factor is known from the comparison of the primary and secondary voltages. The impedance must be the same even if the power capacity of the transformer is different. The polarity of the winding poles must be correct so that the transformer does not become a load. The polarity of the winding poles can be known from the polarity test results. The configuration of the primary and secondary winding connections of a three-phase transformer must be correct and the clock voltage vector must be the same so that there is no phase difference. The winding connection configurations include Yy, Yd, Dd, Dy. The phase difference of the voltage vector between the primary and secondary sides, namely every hour, is 30° which is expressed successively from 1 to 12 hours.

Keywords : Parallel, Transformer, Vector, Polarity.

1. Pendahuluan

Tenaga Listrik merupakan suatu kebutuhan pokok bagi masyarakat saat ini. Oleh karena itu tenaga listrik harus dapat tersedia secara terus menerus dengan mutu

dan keandalan yang tinggi. Perkembangan sistem kelistrikan saat ini telah mengarah pada peningkatan keandalan kontinyuitas dalam penyaluran energi listrik. Untuk dapat tercapainya hal tersebut salah satu

usahanya adalah dengan meminimalisir pemadaman, baik yang disebabkan oleh gangguan maupun yang terencana akibat adanya pemeliharaan atau penggantian komponen penyaluran tenaga listrik. Salah satu komponen dalam penyaluran tenaga listrik adalah transformator atau transformer atau trafo yaitu suatu peralatan listrik elektromagnetik statis yang berfungsi untuk memindah dan mengubah energi listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya, dengan frekuensi yang sama dan perbandingan transformasi tertentu melalui suatu gandingan magnet dan bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetis. Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energy listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain melalui suatu gandingan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Transformator yang biasa diistilahkan dengan transformer atau 'trafo' adalah suatu peralatan tenaga listrik yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga/daya listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya, berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik (EMF Induction) yang terjadi antara 2 induktor (kumparan) atau lebih. Umumnya pada trafo terdapat kumparan primer dan sekunder. Bila kumparan primer dihubungkan dengan tegangan/arus bolak-balik maka pada kumparan tersebut timbul fluksi yang menginduksikan tegangan, bila pada rangkaian sekunder ditutup (rangkaiannya beban) maka akan mengalir arus pada kumparan ini. Jadi kumparan sebagai alat transformasi tegangan dan arus.

Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandingan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkaian dari rangkaian lain, dan untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak-balik antara rangkaian. Pada bidang industri, transformator digunakan sebagai penaik tegangan (Transformator step up dan digunakan sebagai penurun tegangan (Transformator step down). Transformator

tersebut biasanya dihubungkan ke beban-beban. Pada transformator keadaan berbeban, daya yang keluar dari transformator (daya output transformator) tidak selalu 100% karena terdapat rugi-rugi pada saat penyaluran ke beban, baik rugi yang disebabkan arus mengalir pada kawat tembaga, rugi yang disebabkan fluks bolak-balik pada inti besi, maupun rugi yang disebabkan arus pusar pada inti besi yang mengakibatkan daya yang keluar (daya output) dari transformator ke beban tidak sama dengan daya yang masuk (daya input) ke transformator. Hal ini di kenal sebagai efisiensi transformator.

Pada upaya peningkatan kapasitas trafo dapat juga dilakukan dengan melakukan paralel trafo. Syarat paralel dua transformator atau lebih :

- a. Perbandingan belitan harus sama.
- b. Polaritas harus sama.
- c. Tegangan kerja per fasa harus sama.
- d. Frekuensi kerja harus sama.
- e. Perbandingan antara tahanan dan reaktansi bocor harus sama.
- f. Pada transformator tiga fasa harus urutan fasa sama

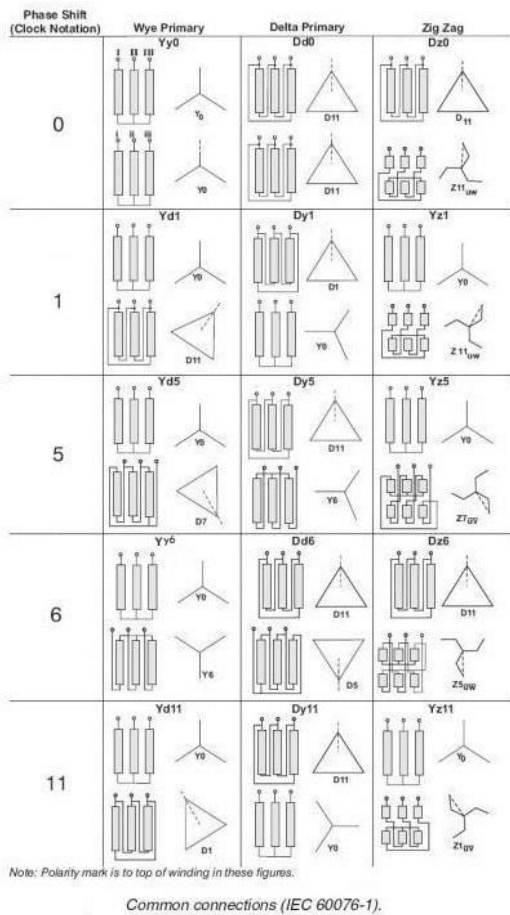
Pada transformator 3 fasa, kelompok vektor merupakan salah satu identitas yang dapat ditemukan pada name plate transformator, vektor grup menyatakan bagaimana jenis konfigurasi belitan transformator pada bagain High Voltage dan Low Voltage. Mengacu pada International Electrotechnical Commission (IEC) penulisan notasi vektor grup transformator terdiri dari dua huruf atau lebih yang diikuti dengan salah satu atau dua digit. Untuk hubungan delta menggunakan huruf D dan d, untuk hubungan star menggunakan Y dan y, untuk Hubungan zig zag menggunakan Z.

Untuk menentukan jenis vektor grup mengacu pada hal berikut :

- a. Pada bagian sisi primer ditetapkan sebagai High Voltage dan sisi sekunder sebagai Low Voltage.
- b. Angka pada notasi transformator yaitu dari jam 1 – 12 satu putaran jam adalah

360 derajat dan terdiri dari 12 angka. Setiap sudut antar jam angka yang berurutan besarnya adalah 30 derajat.

Berikut kelompok vektor berdasarkan standar IEC 60076.



Gambar 1.1 kelompok vector berdasarkan standar IEC 60076

2. Transformator 3 Fasa

2.1. Pengertian Transformator 3 fasa

Transformator tigafasa padaprinsipnya sama dengan transformator satu fasa, perbedaannya adalah pada transformator tiga fasa mengenal adanya hubungan bintang, segitiga dan hubungan zig-zag, dan juga sistem bilangan jam yang sangat menentukan kerja paralel tiga fasa. Untuk menganalisa transformator tiga fasa dilakukan dengan cara menganggap bahwa transformator tiga fasa sebagai tiga transformator satu fasa.

Transformator tiga fasa dikembangkan untuk alasan ekonomis, biaya lebih murah

karena bahan yang digunakan lebih sedikit dibandingkan tiga buah transformator satu fasa dengan jumlah daya yang sama dengan satu buah transformator tiga fasa, pengerjaannya lebih cepat.

- a. Transformator tiga fasa adalah transformator yang sering dipakai hal ini dikarenakan : Untuk daya yang sama tidak memerlukan ruang yang besar.
- b. Mempunyai nilai ekonomis.
- c. Pemeliharaan persatuan barang lebih murah dan lebih mudah

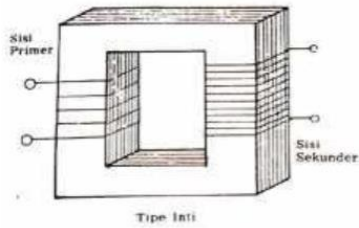
2.2. Konstruksi Transformator

Pada dasarnya transformator terbentuk dari kumparan primer dan sekunder yang dibelitkan pada ferromagnetik. Transformator yang jadi fokus pokok bahasan ini adalah transformator daya, desain transformator terdapat 2 jenis yaitu jenis inti (core type) dan jenis cangkang (shell type) kedua jenis ini menggunakan inti berlaminasi yang terpisah satu sama lainnya, dengan tujuan untuk menyusutkan rugi-rugi arus eddy.

Dalam jenis inti (core type) kumparan dililitan sekitar dua kaki inti magnetik persegi cangkang (shell type) kumparan dililitan sekitar kaki tengah dari inti berkaki tiga dengan laminasi silicon-shell umumnya digunakan untuk transformator yang bekerja pada frekuensi di bawah beberapa ratus Hz silicon-shell memiliki sifat-sifat yang yang dikehendaki yaitu murah, rugi inti rendah dan permeabilitas tinggi pada rapat fluks tinggi. Inti transformator yang digunakan dalam rangkaian komunikasi pada frekuensi tinggi dan tingkat energi rendah kadang kadang ini di buat dari campuran tepung ferromagnetic yang dimanfaatkan sebagai permalloy.

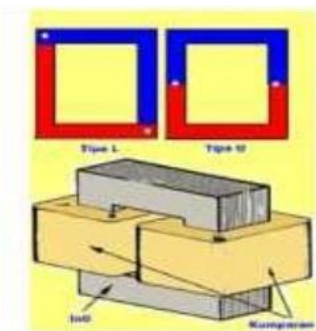
- a. Tipe inti (Core Form)

Tipe ini dibentuk dari lapisan besi berisolasi bermodel bujur sangkar dan kumparan transformator dibelitkan di 2 sisi bujur sangkar.pada desain ini tipe ini, lilitan yang memutari inti besi yang disebut dengan kumparan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1. di bawah ini.



Gambar 2.1 Konstruksi Transformator Jenis Inti

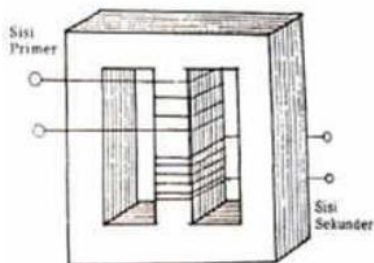
Sedangkan desain pada intinya berbentuk huruf L dan huruf U dapat kita lihat pada gambar 2.2. di bawah ini



Gambar 2.2 Konstruksi Lempengan Logan Berbentuk L dan U

b. Tipe Cangkang (Shell Form)

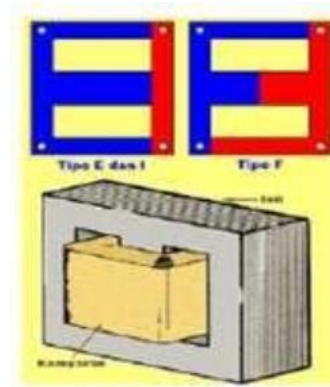
Jenis desain transformator yang kedua itu jenis cangkang yang dibentuk dari lapisan inti berisolasi, dan kumparan dibelitkan di pusat inti, bisa dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Transformator tipe Cangkang

Pada transformator ini, kumparan atau belitan transformator di kelilingi oleh inti. Sedangkan desain intinya pada umumnya berbentuk huruf E, huruf I atau huruf F

seperti terlihat pada gambar 2.4. dibawah ini.



Gambar 2.4 Konstruksi Lempengan Inti Transformator bentuk E dan I

2.3. Prinsip Kerja Transformator

Transformator terdiri dari 2 buah kumparan (Primer dan Sekunder) yang bersifat induktif. Kedua kumparan ini terpisah secara elektrik namun berhubungan secara magnetis melalui jalur yang reluktansi (Reluctance) rendah. Apabila kumparan primer di hubungkan dengan sumber tegangan bolak balik maka fluks bolak balik akan muncul didalam inti yang dilaminasi karena kumparan tersebut membentuk jaringann tertutup maka mengalirlah arus primer akibat adanya fluks kumparan primer maka dikumparan primer terjadi induksi (self induction) dan terjadi pula induksi dikumparan sekunder karena pengaruh dari kumparan primer atau disebut sebagai induksi bersama (mutual induction) yang menyebabkan timbulnya fluks magnet dikumparan sekunder, maka mengalirlah arus sekunder jika rangkaian sekunder dibebani, sehingga energi listrik dapat di transfer keseluruhan (secara magnetisasi).

$$e = -N (d Q/dt) \quad (2.1)$$

... .. d

Dimana : e = gaya gerak listrik (ggl)

[volt]

-N = Jumlah Belitan

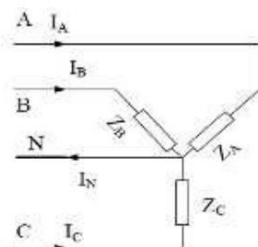
d = Perubahan Fluks Magnet

Perlu di ingat bahwa hanya tegangan listrik arus bolak balik yang dapat ditransformasikan oleh transformator, sedangkan dalam bidang elektronika, transformator digunakan sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban untuk menghambat arus searah sambil tetap melakukan arus bolak balik antara rangkaian. Tujuan utama menggunakan inti pada transformator adalah untuk mengurangi reluktansi (tahanan magnetis) dari rangkaian magnetis (common magnetic circuit).

2.4. Hubungan 3 Fasa Transformator

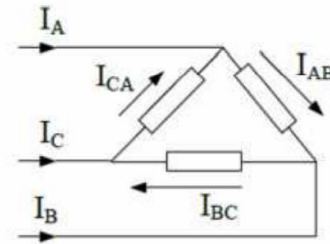
Secara umum ada 3 macam jenis hubungan pada transformator tiga fasa yaitu :

a. Hubungan bintang ialah hubungan transformator tiga fasa, dimana ujung-ujung awal atau akhir lilitan disatukan. Titik dimana tempat penyatuan dari ujung-ujung lilitan merupakan titik netral. Arus transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan bintang yaitu; IA, IB, IC masing-masing berbeda 120°



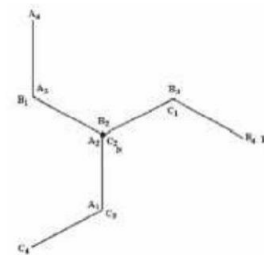
Gambar 2.5 Hubungan Bintang

b. Hubungan segitiga adalah suatu hubungan transformator tiga fasa, dimana cara penyambungannya ialah ujung akhir lilitan fasa pertama disambung dengan ujung mula lilitan fasa kedua, akhir fasa kedua dengan ujung mula fasa ketiga dan akhir fasa ketiga dengan ujung mula fasa pertama. Tegangan transformator tiga fasa dengan kumparan yang dihubungkan segitiga yaitu; VA, VB, VC masing-masing berbeda 120°



Gambar 2.6 Hubungan Segitiga

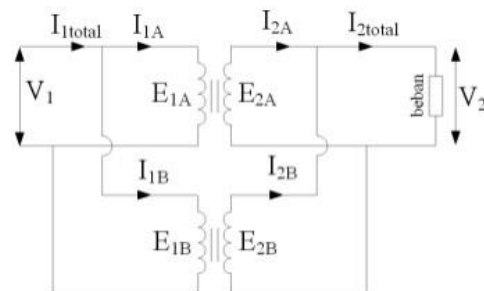
c. Transformator zig-zag merupakan transformator dengan tujuan khusus. Salah satu aplikasinya adalah menyediakan titik netral untuk sistem listrik yang tidak memiliki titik netral. Pada transformator zig-zag masing-masing lilitan tiga fasa dibagi menjadi dua bagian dan masing-masing dihubungkan pada kaki yang berlainan.



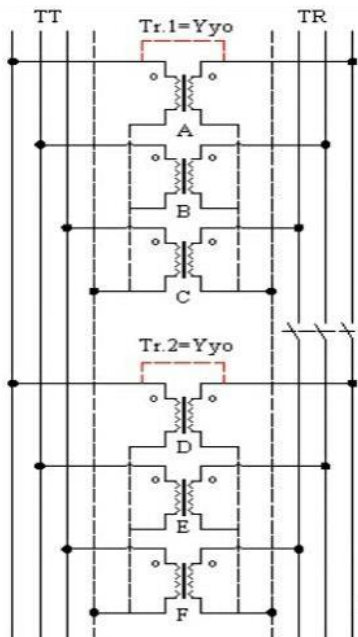
Gambar 2.7 Hubungan ZigZag

3. Pembahasan

Dua buah transformator dikatakan bekerja secara paralel apabila kedua sisinya (primer dan sekunder) dihubungkan untuk melayani beban. Tujuan utama kerja paralel adalah agar beban yang dipikul sebanding dengan kemampuan kVA masing-masing transformator, hingga tidak terjadi pembebanan lebih dan pemanasan lebih.



Gambar 3.1 Rangkaian Ekuivalen Paralel Trafo 1 fasa



Gambar 3.2 Rangkaian Ekuivalen Pararel Trafo 3 fasa

Untuk maksud diatas diperlukan beberapa syarat yaitu :

- a. 1. Perbandingan tegangan harus sama
Jika perbandingan tidak sama, maka tegangan induksi pada kumparan sekunder masing-masing transformator tidak sama. Perbedaan ini menyebabkan terjadinya arus pusar pada kumparan sekunder ketika transformator dibebani. Arus ini menimbulkan panas pada kumparan sekunder tersebut.
- b. 2. Polaritas transformator harus sama.
- c. Tegangan impedansi pada keadaan beban penuh harus sama.
- d. Perbandingan transformasi (a) harus sama.
- e. Frekuensi kerja harus sama.
- f. Perbandingan antara tahanan dan reaktansi bocor harus sama.
- g. Pada transformator tiga fasa urutan fasa harus sama.

Dari rangkaian ekuivalen, bisa diketahui:

$$V_1 = I_1 Z_{ek} + V_2 \quad (3.1)$$

Dua transformator yang diparalelkan dapat digambarkan sebagai berikut:

$$V_{1total} = I_{1A} + I_{1B} \quad (3.2)$$

Karena

$$V_1 = I_1 Z_{ek} + V_2 \quad (3.3)$$

maka untuk keadaan beban penuh

$$V_1 - V_2 = I_{1A}Z_{1A} = I_{1B}Z_{1B} \quad (3.4)$$

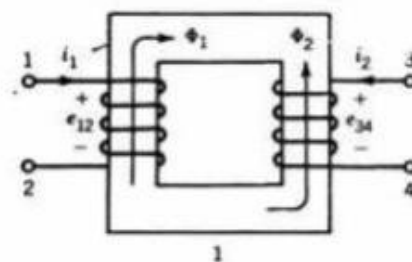
Persamaan di atas mengandung arti, agar kedua transformator membagi beban sesuatu dengan kemampuan kVA-nya, sehingga tegangan impedansi pada keadaan beban penuh kedua transformator tersebut harus sama

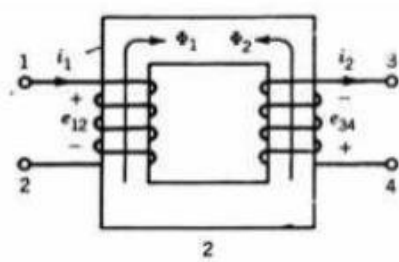
$$I_{1A}Z_{1A} = I_{1B}Z_{1B} \quad (3.5)$$

Dengan demikian dapat juga dikatakan bahwa kedua transformator tersebut mempunyai impedansi per unit (pu) yang sama.

3.1. Polaritas Transformator Harus Sama

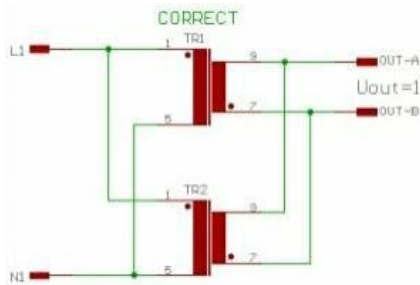
Dengan melihat arah lilitan kumparan transformator dapat ditentukan arah tegangan induksi yang dibangkitkan serta polaritas transformator tersebut. Bila kumparan primer yang merupakan kumparan tegangan tinggi diberi suplai tegangan, cara melilit seperti pada gambar 3.3. -1 di bawah menghasilkan arah tegangan induksi dan fluks magnet seperti ditunjukkan oleh masing-masing anak panah. Artinya terminal 1 (+) mempunyai polaritas yang sama dengan terminal 3 (+), sedangkan terminal 2 (-) mempunyai polaritas yang sama dengan terminal 4 (-). Jenis polaritas ini disebut polaritas pengurangan. Bila polaritas terminal 1 (+) sama dengan terminal 4 (+) dan polaritas terminal 2 (-) sama dengan terminal 3 (-), berarti cara melilit kumparan tegangan rendah transformator seperti pada gambar 3.3-2. Hubungan ini disebut polaritas penjumlahan.



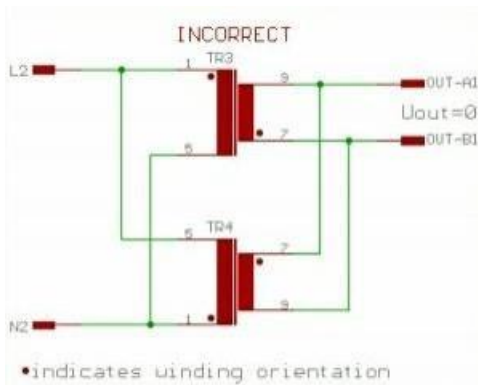


Gambar 3.3 Arah lilitan kumparan transformator dengan (1) polaritas pengurangan dan (2) polaritas penjumlahan

Dalam melakukan paralel trafo polaritas antara kedua trafo perlu diperhatikan. (Gambar 3.4)



(1)



(2)

Gambar 3.4 Poliratas trafo yang (1) benar dan (2) salah sebagai syarat paralel

3.2. Tegangan Harus Sama

Memparalel dua buah atau lebih trafo dapat dilakukan apabila parameter rasio trafo, persen impedansi dan rasio perbandingan X/R pada trafo - trafo tersebut adalah sama. Memparalel trafo yang salah satu parameter diatas tidak terpenuhi dapat menimbulkan arus sirkulasi

antar trafo dan pembagian pembebanan trafo tidak sesuai dengan yang di inginkan. Sehingga situasi tersebut akan menyebabkan turunnya efisiensi trafo serta menurunkan kemampuan trafo dalam melayani beban. Penjelasan terkait tidak dapatnya diparalel transformator yang salah satu parameternya tidak sama, adalah sbb :

- Pembagian arus untuk masing -masing transformator, dengan total beban yang sama dengan total kapasitas seluruh trafo yang diparalel, maka salah satu trafo akan mengalami kelebihan beban (overload).
- Arus sirkulasi antar trafo akan naik 10% dari arus pada saat kapasitas penuh.
- Gabungan antara arus sirkulasi masing-masing trafo serta arus pada saat beban penuh akan melebihi kapasitas arus pada saat beban penuh pada setiap trafo tersebut.

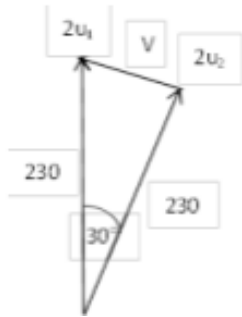
Arus sirkulasi (circulating current) merupakan arus yang mengalir pada saat transformator tidak dibebani, sedangkan arus beban penuh (full load current) merupakan arus yang mengalir pada saat transformator terhubung ke beban (load).

3.3. Urutan Fasa Harus Sama

Apabila tetap dihubung paralel akan terjadi arus pular pada kumparan kedua transformator yang besarnya dipengaruhi oleh besarnya tegangan antar terminal sekunder. Besarnya tegangan antar terminal tergantung pada besarnya selisih sudut dalam diagram fasor yang dapat diketahui dengan perhitungan trigonometri berikut:

$$\frac{A}{\sin A} = \frac{B}{\sin B} = \frac{C}{\sin C} \quad (3.6)$$

Jika tegangan fasa-nol sekunder masing-masing transformator sebesar 230 V dan selisih sudut pada diagram Fasor 30 derajat , maka beda potensial/tegangan antar terminal adalah:

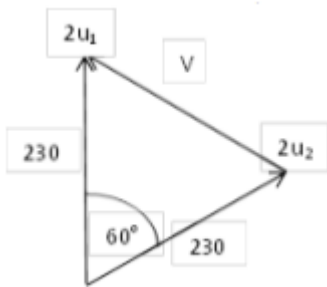


$$\frac{V}{\sin 30} = \frac{230}{\sin 75} \quad (3.7)$$

$$V = \frac{230 \times \sin 30}{\sin 75}$$

$$V = 119,79V$$

Dengan cara yang sama kita dapat mengetahui besaran tegangan pada selisih sudut yang lain. Misalnya pada selisih sudut 60 derajat , maka:

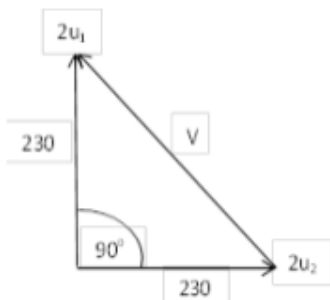


$$\frac{V}{\sin 60} = \frac{230}{\sin 60} \quad (3.8)$$

$$V = \frac{230 \times \sin 60}{\sin 60}$$

$$V = 230V$$

Dengan cara yang sama kita dapat mengetahui besaran tegangan pada selisih sudut yang lain. Misalnya pada selisih sudut 90 derajat , maka:



$$\frac{V}{\sin 90} = \frac{230}{\sin 45} \quad (3.9)$$

$$V = \frac{230 \times \sin 90}{\sin 45}$$

$$V = 325,27V$$

Agar kedua transformator dapat dihubungkan paralel, maka arah putaran (phase sequence) harus sama, dengan kata lain urutan fasa kedua transformator harus sama. Dua buah transformator dengan kelompok vektor grup berbeda masih mungkin dihubungkan paralel, dengan catatan perbedaan potensial/tegangan antara terminal sekunder kedua transformator sangat kecil (mendekati nol). Untuk mendapatkan selisih tegangan yang sangat kecil antara terminal sekunder kedua transformator, tegangan sekunder kedua transformator yang saling terhubung harus sama dan sefasa. Urutan fasa didapatkan dari sudut fasa yang sama sehingga dapatmendapatkan tegangan yang sefasa.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

- Syarat paralel harus dipenuhi agar trafo dapat stabil dan tidak over load.
- Vektor grup pada masing masing trafo mempengaruhi sudut fasa sisi sekunder.
- Ketidaksesuaian sudut fasa dapat diakibatkan hubungan vektor grup.
4. Ketidaksesuaian vector grup mengakibatkan sudut fasa tidak sesuai sehingga tidak dapat di lakukan paralel.
- Jika sudut fasa berbeda maka akan menimbulkan beda potensial di fasa yang sama.
- Dalam melakukan paralel trafo maka konfigurasi hubungan belitan trafo harus memiliki posisi vektor grup yang sama.
- Perbedaan vektor grup dapat mempengaruhi proses paralel trafo 3 fasa.

4.2. Saran

- a. Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mendapatkan vektor grup yang sesuai jika ingin melakukan paralel trafo.
- b. Pada saat melakukan paralel trafo perlu dipastikan polaritas yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

Gunawan, Diki Candra dan Jamaluddin, 2020, "Transformator Listrik", Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Husodo, B. Y dan Firmansyah, 2016, "Analisis vektor group pada hubungan paralel transformator unit gardu bergerak", vol. 7 no. 3 September 2016

Sadi, S dan Arif M, 2014, "Pengukuran perbandingan belitan pada transformator 3 fasa 50 hz 250 kVA", Jurnal Teknik, vol. 3 no. 2 Desember 2014

Alamsyah, A. A dan Suardi I, 2018, "Perancangan transformator 3 fasa dengan menggunakan transformator 1 fasa", Makassar: Universitas Muhammadiyah Makassar

<https://123dok.com/article/polaritas-transformator-tiga-fasa-vector-group.yr0v07vy>, diakses pada 28 Juli 2022

<https://dokumen.tips/documents/paralel-trafo-tiga-fasa.html?page=4>, diakses pada 28 Juli 2022

Putranto, Hari, 2015, "Percobaan paralel trafo", Makassar Universitas Negeri

<https://direktorilistrik.blogspot.com/2012/10/syarat-memparalel-transformator-trafo.html>, diakses pada 26 Juli 2022

Andriansyah, R. dkk, 2019, "Analisis operasi paralel transformator unit gardu bergerak beda jam trafo di unit pelaksana pelayanan pelanggan semarang", Semarang: Universitas Islam Sultan Agung

<https://www.sandielektronik.com/2015/07/trafo-paralel-dan-trafo-seri.html>, diakses pada 26 Juli 2022

Sudarmantoro, N. dkk, 2015, "Evaluasi hubungan paralel transformator Fakultas Teknik Universitas Riau pada kondisi beban normal dan beban puncak", Jom F. Teknik volume 2 no. 1 Februari 2015

Zuhail, 1995, "Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, Edisi ke- 5, Penerbit Gramedia, Jakarta.

Sugijono, 2000, Paralel Transformator Satu Fasa, Semarang: Politeknik Negeri Semarang

<https://www.sandielektronik.com/2015/07/trafo-paralel-dan-trafo-seri.html>, diakses pada 29 Juli 2022

<http://repository.unissula.ac.id/17917/4/Lampiran.pdf>, diakses pada 29 Juli 22

<https://www.listrik-praktis.com/2015/12/cara-memahami->