

PERANCANGAN TRANSFORMASI DAYA LISTRIK DARI SISTEM 3 PHASA KE 9 PHASA MENGGUNAKAN TRANSFORMATOR BERINTIKAN BESI

ANTONOV BACHTIAR¹, IQBAL ADRIANSYAH²

Program Studi Teknik Elektro Sarjana, Fakultas Teknik

Institut Teknologi Padang, Padang^{1,2}

iqbaladriansyah10@gmail.com¹

Abstract: Regarding the harmonics of AC current, when the AC phase is connected to the rectifier it will cause harmonics to appear on the AC line. In addition, this rectification process requires a large enough capacitor if you want to reduce the voltage ripple from the rectification result. The larger the capacitor, the smaller the ripple, but the higher the cost of the capacitor. So the author chose the title of the final project «Design of Electrical Power Transformation from 3 Phase to 9 Phase System Using an Iron Core Transformer. Problem Formulation How to design a multi-phase transformer, especially a 3-phase to 9-phase transformer. How to design a multi-phase transformer construction. For multiphase transformers, especially transformers from 3 phases to 9 phases, 3 single phase transformers can be used which have one coil on the primary side and 5 coils on the secondary side. To get a voltage on phase 2 with the same amplitude of 100 volts with phase 1 only 40 degrees different in phase, then a voltage of 113 volts on phase 1 with a phase angle of 0 degrees, plus a voltage on phase 4 of 74 volts with a phase angle 120 degrees. Then to get a voltage on phase 3 with the same amplitude of 100 volts, it takes a voltage of 74 volts on phase 1 with an angle of 0 degrees, plus a voltage on phase 4 of 113 volts with a phase angle of 120 degrees. trying to make this 3 phase to 9 phase transformer by using the construction of 1 3 phase transformer. do the calculation of the transformer power that will be designed.

Keywords: Transformer, Multiple Phase

Abstrak: Sehubungan dengan harmonisa arus AC, ketika fasa AC dihubungkan ke penyearah akan mengakibatkan timbulnya harmonisa pada saluran AC. Selain itu, proses penyearahan ini memerlukan kapasitor yang cukup besar jika ingin memperkecil ripple tegangan dari hasil penyearahan. Semakin besar kapasitornya, ripple akan semakin kecil akan tetapi biaya kapasitor akan semakin besar juga. Perumusan Masalah Bagaimana merancang transformator multi fasa khususnya transformator 3 fasa ke 9 fasa. Bagaimana merancang konstruksi transformator multi fasa. Untuk transformator multiphase khususnya trafo dari 3 fasa ke 9 fasa dapat menggunakan 3 buah trafo fasa tunggal yang memiliki satu buah kumparan di sisi primer dan 5 buah kumparan di sisi sekundernya. Untuk mendapatkan tegangan pada fasa 2 dengan amplitudo yang sama 100 volt dengan fasa 1 hanya saja berbeda phasanya 40 derajat, maka diperlukan tegangan sebesar 113 volt pada fasa 1 dengan sudut phasanya 0 derajat, di tambah dengan tegangan pada fasa 4 sebesar 74 volt dengan sudut phasanya 120 derajat. Kemudian untuk mendapatkan tegangan pada fasa 3 dengan amplitudo yang sama 100 volt, diperlukan tegangan 74 volt pada fasa 1 dengan sudut 0 derajat, ditambah dengan tegangan pada fasa ke 4 sebesar 113 volt dengan sudut phasanya 120 derajat. mencoba membuat transformer 3 fasa ke 9 fasa ini dengan menggunakan kontruksi 1 buah trafo 3 fasa.melakukan perhitungan daya transformator yang akan di desain.

Kata Kunci: Transformator, Fasa Banyak, Inti Besi

A. Pendahuluan

Penelitian ini berkaitan dengan transformator untuk mengubah daya dari sistem tiga fasa menjadi daya dengan sistem sembilan fasa, dengan tujuan untuk dapat mengurangi harmonisa dan memperkecil riak/ripel tegangan pada sisi DC setelah disearahkan oleh dioda.

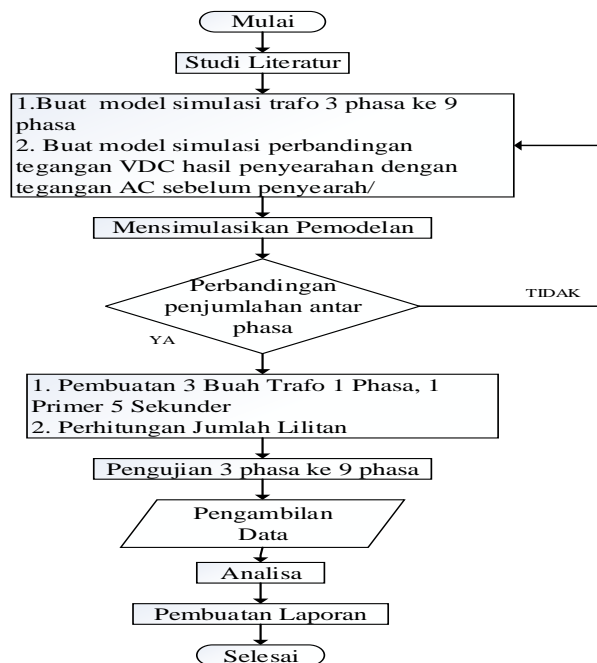
Untuk itu, penyearahan diperlukan karena beban-beban yang digunakan memerlukan sumber tegangan arus searah DC. Saat merancang konfigurasi penyearah, ada tiga pertimbangan utama yang perlu diperhatikan: biaya, harmonisa arus saluran AC, dan riak (ripple) tegangan pada bus DC. Sehubungan dengan harmonisa arus AC, ketika fasa AC

dihubungkan ke penyearah akan mengakibatkan timbulnya harmonisa pada saluran AC. Harmonik saluran AC yang disebabkan oleh suatu penyearah akan mendistorsi tegangan AC yang diberikan ke beban lain karena terhubung dalam saluran listrik yang sama (Lowenstein, 2002).

Selain itu, proses penyearahan ini memerlukan kapasitor yang cukup besar jika ingin memperkecil ripple tegangan dari hasil penyearahan. Semakin besar kapasitornya, ripple akan semakin kecil akan tetapi biaya kapasitor akan semakin besar juga (Lowenstein, 2002). Menurut M.A Shafie, H. Singh, M.Q.A Rahman, penggunaan transformator isolasi dimana antara sisi primer dan sisi sekundernya tidak terhubung langsung secara listrik, sehingga arus harmonik yang terjadi pada sisi sekunder tidak akan merembet ke sisi primer (Shafie, 2018). Sehingga gagasan tersebut menjadi salah satu dasar pemikiran penulis dalam pengerjaan Penelitian ini. Kemudian gagasan lain yang penulis ambil untuk pengerjaan Penelitian ini adalah semakin banyak jumlah fasa yang digunakan dalam penyearahan arus listrik akan dapat menurunkan tingkat ripple tegangan sewaktu penyearahan tegangan dari AC ke DC (Shafie, 2018).

Berdasarkan hal tersebut di atas, penulis akhirnya memilih topik tentang bagaimana menyediakan suplai arus searah untuk beban-beban DC dari sumber tegangan AC yang tersedia tanpa memberikan efek harmonik pada saluran AC dari sumber listrik yang digunakan. Sehingga penulis memilih judul Penelitian sebagai berikut “Perancangan Transformasi Daya Listrik Dari Sistem 3 Fasa Ke 9 Fasa Menggunakan Transformator Berintikan Besi”.

B. Metodologi Penelitian



Gambar 1. Flowchart desain transformator 9 fasa.

C. Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pengujian Keluaran trafo 3 Fasa ke 9 Fasa Dengan Penyearahan Dioda

Pengujian tegangan keluaran AC di ujung-ujung fasa trafo 9 fasa

a. Setting 1000 rpm dengan frekuensi 66.66 Hz

Tabel 1 Settingan 1000 rpm

Phasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jumlah
V_{AC}	29,3	28,7	29,9	28,1	28,3	28,7	27,6	28,7	27,3	256,6

Rata-rata tegangan	28,51 volt
--------------------	------------

Jumlah tegangan = $29,3 + 28,7 + 29,9 + 28,1 + 28,3 + 28,7 + 27,6 + 28,7 + 27,3$
 $= 256,6 V_{AC}$
 Rata-rata = $\frac{256,6}{9}$
 $= 28,51 V_{AC}$

b. Setting 2000 rpm dengan frekuensi 133.33 Hz

Tabel 2 Setingan 2000 rpm

Phasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jumlah
V_{AC}	58,9	57,7	59,9	56,6	57,1	57,6	55,5	57,6	54,8	515,7
Rata-rata tegangan										57,3volt

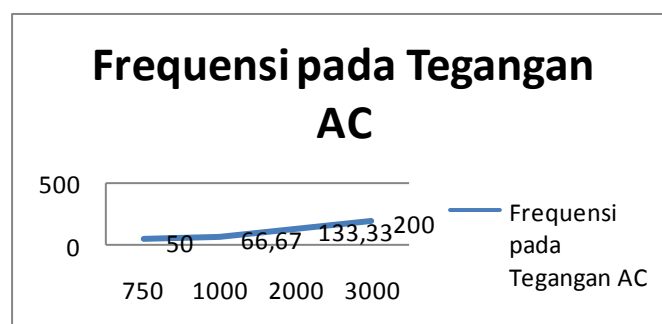
Jumlah tegangan = $58,9 + 57,7 + 59,9 + 56,6 + 57,1 + 57,6 + 55,5 + 57,6 + 54,8$
 $= 515,7 V_{AC}$
 Rata-rata = $\frac{515,7}{9}$
 $= 57,3 V_{AC}$

c. Setting 3000 rpm dengan frekuensi 200 Hz

Tabel 3 Setingan 3000 rpm

Phasa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Jumlah
V_{AC}	88,6	86,2	90	85,1	85,9	86,5	83,4	86,4	82,3	774,4
Rata-rata tegangan										86,04volt

Jumlah tegangan = $88,6 + 86,2 + 90 + 85,1 + 85,9 + 86,5 + 83,4 + 86,4 + 82,3$
 $= 774,4 V_{AC}$
 Rata-rata = $\frac{774,4}{9}$
 $= 86,04 V_{AC}$



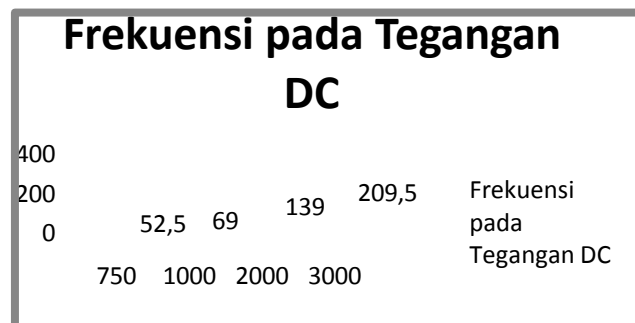
Gambar 2. Grafik nilai frekuensi tegangan AC.

Grafik nilai tegangan AC di atas yaitu 750 rpm nilai frekuensinya 50 Hz, 1000 rpm nilai frekuensinya 66,67 Hz, 2000 rpm nilai frekuensinya 133,33 Hz, dan 3000 rpm nilai frekuensinya 200 Hz. Sedangkan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 750 rpm dengan frekuensi 50 Hz.

Pengujian tegangan keluaran DC hasil penyearahan dari trafo 9 phasa

- 1) Saat kecepatan generator 750 rpm dengan frekuensi 50.06 Hz, terukur $V_{DC} = 52,5$ volt.
- 2) Saat kecepatan generator 1000 rpm dengan frekuensi 66.66 Hz, terukur $V_{DC} = 69,0$ volt
- 3) Saat kecepatan generator 2000 rpm dengan frekuensi 133.33 Hz, terukur $V_{DC} = 139,0$ volt

4) Saat kecepatan generator 3000 rpm dengan frekuensi 200 Hz, terukur $V_{DC} = 209,5$ volt

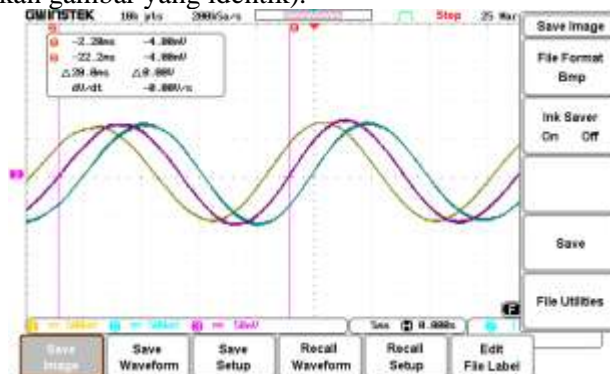


Gambar 3. Grafik nilai frekuensi tegangan DC.

Grafik nilai tegangan dC di atas yaitu 750 rpm nilai frekuensinya 52,5 Hz, 1000 rpm nilai frekuensinya 69 Hz, 2000 rpm nilai frekuensinya 139 Hz, dan 3000 rpm nilai frekuensinya 209,5 Hz. Sedangkan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 750 rpm dengan frekuensi 52,5 Hz.

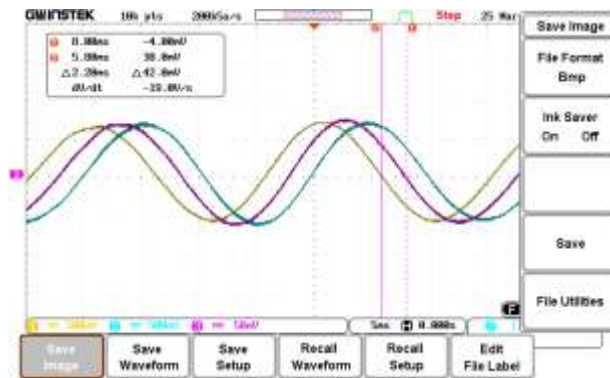
2. Hasil Pengujian Transformer 3 Fasa ke 9 Fasa

Untuk pengujian trafo 3 fasa ke 9 fasa, dikarenakan jumlah voltage probe yang ada di labor cuma 3 buah, maka untuk penampilan keluaran transformator 3 fasa ke 9 fasa tidak dimungkinkan memunculkan ke sembilan buah tegangan tersebut, terlebih input pada osiloskop juga terbatas hanya bisa 4 sinyal. Oleh karena itu di pilihlah 3 buah keluaran saja dari sembilan buah keluaran transformator tersebut. Adapun hasil keluarannya akan tetap sama jika pemilihan fasa nya kemudian di geser ke yang berikutnya (misalkan pertama di ukur fasa 1, 2 dan 3. Kemudian di geser fasa 2, 3 dan 4. Kemudian di geser lagi jadi fasa 3, 4 dan 5. Begitu seterusnya hingga sampai di ujungnya fasa 9. Hasil pengukurannya di osiloskop akan menampilkan gambar yang identik).



Gambar 4 Bentuk Tegangan Keluaran Trafo 9 Fasa (untuk pengukuran frekuensi keluaran).

Gambar 4 di atas menunjukkan tegangan keluaran dari fasa 1, fasa 2 dan fasa 3 pada output 9 fasa. Tampak frekuensi keluaran adalah 50 Hz oleh karena periode 1 gelombang penuhnya terukur sebesar 20 ms. Adapun beda fasa dari keluaran trafo yang 9 fasa tersebut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Bentuk Tegangan Keluaran Trafo 9 Fasa Untuk Masing-Masing Fasa 1, Fasa 2 Dan Fasa 3 (Untuk Pengukuran Beda Sudut).

Gambar 5 di atas menunjukkan beda sudut fasa antara keluaran fasa 1 dengan fasa 2. Dengan menggunakan perhitungan dari selisih waktu zero crossing sinyal fasa 1 dengan sinyal fasa 2 sebesar 2.2 ms dapat kita hitung beda sudut fasa sebagai berikut:

Perioda waktu 1 gelombang $T = 0.02 \text{ ms}$

Dimana 1 gelombang itu sudutnya $\theta = 360^\circ$

Selisih waktu antara gelombang fasa $t_p = 0.0022 \text{ ms}$

Dimana:

$$\frac{\theta_p}{\theta} = \frac{t_p}{T}$$

Sehingga besar sudut fasa

$$\theta_p = \frac{t_p}{T} \times \theta = \frac{0.0022 \text{ ms}}{0.02 \text{ ms}} \times 360^\circ = 39.6^\circ \approx 40^\circ$$

Jadi besarnya sudut antar fasa pada keluaran transformator 9 fasa tersebut, berdasarkan hasil pengukuran osiloskop adalah 40° .

D. Penutup

Untuk transformator multifasa khususnya trafo dari 3 fasa ke 9 fasa dapat menggunakan 3 buah trafo fasa tunggal yang memiliki satu buah kumparan di sisi primer dan 5 buah kumparan di sisi sekundernya. Dimana ke tiga trafo fasa tunggal ini dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat menerima masukan dari sumber listrik AC tiga fasa dan mengeluarkan output sebanyak sembilan fasa. Adapun perbandingan jumlah lilitannya yaitu pada tegangan pada fasa 1 adalah 100 volt (warna merah). Untuk mendapatkan tegangan pada fasa 2 dengan amplitudo yang sama 100 volt dengan fasa 1 hanya saja berbeda fasanya 40° derajat, maka diperlukan tegangan sebesar 113 volt pada fasa 1 dengan sudut fasanya 0° derajat, ditambah dengan tegangan pada fasa 4 sebesar 74 volt dengan sudut fasanya 120° derajat. Kemudian untuk mendapatkan tegangan pada fasa 3 dengan amplitudo yang sama 100 volt, diperlukan tegangan 74 volt pada fasa 1 dengan sudut 0° derajat, ditambah dengan tegangan pada fasa ke 4 sebesar 113 volt dengan sudut fasanya 120° derajat. Hal ini serupa untuk mendapatkan tegangan sudut fasa berikutnya.

Daftar Pustaka

- Abdel-Khalik, A. S., & Elserougi, A. (n.d.). *A Scott Connection - Based Three - Phase to Five - Phase Power Transformer*. 2559–2564.
- Bachtiar, A., & Isnay Samindha, M. (2017). *Studi Analisa Kinerja Trafo Pemakaian Sendiri PT. PLN (Persero) Sektor Bukittinggi PLTA Batang Agam dengan Menggunakan ESA*. 7(2), 250–267. <https://doi.org/10.21063/pimimd4.2017.250-267>
- Edition, F. M. (2005). *First Multicolour Edition Electrical*. In *System: Vol. I* (Issue I).
- Hoteit, A., & Hamidovich, G. (2012). *AC / DC Power Conversion System Using 3 / 9 Multiphase Transformer*. 9(4), 67–70.

- Jyothi, B., & Venu Gopala Rao, M. (2017). Performance analysis of 3-level 5-phase multilevel inverter topologies. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(4), 1696–1705. <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i4.pp1696-1705>
- Lander, C. W. (1993). *Power Electronics*. McGraw-Hill. https://books.google.co.id/books?id=_Q2CQgAACAAJ
- Lowenstein, M. Z. (2002). *Harmonic Current and Voltage Distortion*. Nov 1. <https://www.ecmweb.com/content/article/20887165/harmonic-current-and-voltage-distortion>
- Mohd Yusoff, N. A., Karim, K. A., Ghani, S. A., Patkar, F., Ahmad Tarusan, S. A., & Jidin, A. (2016). Analysis of multiphase transformer supplying a static and dynamic load. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(14), 8987–8991.
- Moinoddin, S., Iqbal, A., & Elsherif, E. (2010). Five-phase induction motor drive for weak and remote grid system. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 2(2). <https://doi.org/10.4314/ijest.v2i2.59158>
- Shafie, M. (2018). *Harmonic and Neutral to Ground Voltage Reduction Using Isolation Transformer*. August. <https://doi.org/10.1109/PECON.2010.5697645>