

ANALISIS PENGUATAN TEGANGAN RANGKAIAN RESONAN LCC PADA FREKUENSI 30 – 100 Hz

Ridlwan Zein W N^{*)}, Mochammad Facta, and Karnoto

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jalan Prof. Sudharto, SH., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}Email : Ridlwan32@gmail.com

Abstrak

Resonansi merupakan rangkaian yang terdiri dari komponen pasif yang berfungsi menyaring keluaran gelombang yang dihasilkan oleh proses switching sebuah inverter, selain itu resonansi dapat menggantikan fungsi transformator penaik tegangan. Karena resonansi dapat meminimalisir rugi-rugi yang ada pada transformator. Umumnya resonansi banyak diaplikasikan pada frekuensi kerja yang tinggi. Dalam penelitian ini akan dilakukan sebuah analisis tentang pengaruh nilai kapasitor pada aplikasi rangkaian resonansi inverter setengah jembatan sebagai penguat tegangan yang bekerja pada frekuensi 30-100 Hz. Resonansi yang digunakan adalah topologi dari gabungan resonansi seri dan paralel, atau yang disebut dengan resonansi LCC. Hasil tegangan keluaran dari resonansi akan disearahkan untuk mensuplai lampu LED sebagai bebannya. Hasil dari penelitian ini adalah untuk variasi kapasitor paralel (C_p), variasi yang menghasilkan penguatan tegangan tertinggi saat $C_p = 0,5 C_s$ sebesar 37,6 Volt dengan intensitas cahaya lampu 2500 lx. Untuk variasi nilai kapasitor seri (C_s) penguatan tegangan yang tertinggi dihasilkan saat $C_s = 2 C_p$ dengan tegangan sebesar 35,1 Volt dan intensitas cahaya lampu yang dihasilkan adalah 4700 lx.

Kata kunci : Inverter setengah jembatan, resonansi LCC, lampu LED

Abstract

Resonant-circuit is circuit that consist of passive component which function to filter output wave which is produced by switching process of an inverter, moreover resonant is able to replace the function of a step-up transformer, because resonant-circuit can minimize losses of which there are in transformer. Commonly a resonant-circuit mostly used in high level of frequency. In this research, it will be conducted an analysis about the effect of a capacitor in a half-bridge inverter resonance circuit application as a voltage amplifier which is operated in low frequency. Resonant-circuit which is used is a topology of a combined series and parallel resonant, or called LCC resonant. The voltage result of the resonant will be rectified for supplying the LED lamp as the load. The result of this research is parallel capacitor variations (C_p), variations that generate the biggest voltage at $C_p = 0,5 C_s$ at 37,6 Volt, with light intensity of the lamp at 2500 lx. For series capacitor variations (C_s), the biggest voltage that is produced when $C_s = 2 C_p$ voltage at 35,1 Volt and light intensity of the lamp that is generated is 4700 lx.

Keyword: Half-bridge inverter, LCC resonant, LED lamp

1. Pendahuluan

Dalam rangkaian elektronika daya atau yang biasa dikenal sebagai konverter DC-AC, AC-DC yang kemudian digabungkan dengan transformator, baik untuk menaikkan tegangan maupun menurunkan tegangan. Namun transformator memiliki beberapa kekurangan salah satunya adalah kerugian tembaga dan kerugian arus eddy.^{[17][18]}

Salah satu konverter yang sering digunakan adalah inverter. Inverter merupakan alat untuk mengubah dari tegangan DC menjadi AC. Tegangan keluaran yang

berupa AC dapat diatur dengan mengubah penguatan inverter yang dapat dilakukan menggunakan kontrol modulasi atau PWM (*Pulse width modulation*). Inverter sendiri dibagi menjadi 3 jenis yaitu Jembatan penuh, setengah jembatan, dorong tarik (*Push pull/centre Tapped load*)^[1].

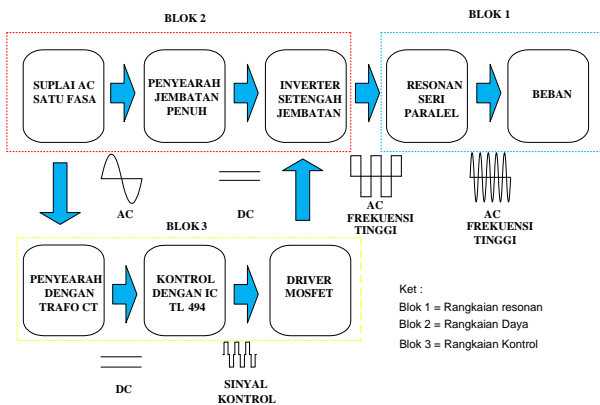
Resonansi merupakan rangkaian yang terdiri dari komponen pasif yang berfungsi menyaring keluaran gelombang yang dihasilkan oleh proses switching sebuah inverter. Suatu rangkaian dikatakan beresonansi ketika tegangan terpasang V dan arus yang dihasilkan I berada dalam kondisi satu fasa. Ketika tegangan dan arus satu

fasa, impedansi yang dihasilkan seluruhnya komponen real atau impedansi kompleks hanya terdiri dari resistor murni. Dengan kata lain nilai rektansi induktif dan nilai kapasitif saling meniadakan^[12]. Rangkaian resonan mempunyai jenis yang berbeda-beda yaitu resonan seri, paralel, dan seri paralel. Umumnya rangkaian resonan bekerja pada frekuensi tinggi.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibuat sebuah filter LCC seri beban paralel dengan variasi besar nilai kapasitor pada frekuensi rendah. Selain itu dilakukan analisis pengaruh besar penguatan tegangan terhadap intensitas cahaya lampu LED yang dihasilkan oleh filter tersebut.

2. Metode

Perancangan resonan LCC seri beban paralel inverter setengah jembatan frekuensi rendah memiliki beberapa blok utama yaitu blok rangkaian resonan, blok rangkaian daya dan blok rangkaian kontrol.



Gambar 1 Blok diagram perancangan alat

2.1 Persamaan Penguat Tegangan Rangkaian Resonan LCC

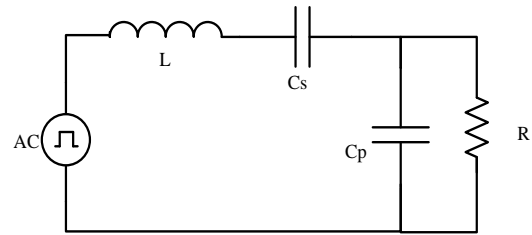
Tugass Akhir ini akan merancang rangkaian resonan LCC seri beban paralel. Dimana rangkaian ini gabungan dari resonan seri dan resonan paralel.

Dari Gambar 2 dan menggunakan hukum kirchoff tegangan dapat diperoleh persamaan tegangan rangkaian dual resonan yang dituliskan dalam Persamaan 1 :

$$\frac{V_{Out}}{V_{In}} = \frac{1}{1 - \omega^2 L C_p + \frac{C_p}{C_s} + \frac{j\omega L}{R} - \frac{j}{\omega C_s R}} \quad (1)$$

Dari Gambar 2 dapat pula diperoleh besar frekuensi resonan yang terjadi yaitu

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_s + C_p}{L C_s C_p}} \quad (2)$$



Gambar 2. Rangkaian resonan LCC

Setelah memperoleh Persamaan 1 dan Persamaan 2. Meentukan nilai dari masing-masing komponen. Induktor yang diinginkan mempunyai nilai sebesar 215 mH, Kapasitor paralel (Cp) 94 uf, kapasitor seri (Cs) 94 uf, R sebesar 100 ohm. Namun untuk nilai dari masing-masing kapasitor divariasi nilainya. Untuk masing-masing variasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Variasi nilai kapasitor

Variasi nilai Cp	Variasi nilai Cs
Cp = 0,1 Cs	Cs = 0,1 Cp
Cp = 0,2 Cs	Cs = 0,2 Cp
Cp = 0,5 Cs	Cs = 0,5 Cp
Cp = 0,8 Cs	Cs = 0,8 Cp
Cp = Cs	Cs = Cp
Cp = 1,25 Cs	Cs = 1,25 Cp
Cp = 1,5 Cs	Cs = 1,5 Cp
Cp = 2 Cs	Cs = 2 Cp

Saat variasi nilai kapasitor paralel (Cp) nilai kapasitor seri dibuat tetap sebesar 94 uF. Untuk variasi kapaitor seri (Cs), nilai kapasitor paralel dibuat tetap sebesar 94 uF. Untuk nilai frekuensi resonan dapat diperoleh dari persamaan 2 dengan parameter-parameter nilai yang telag direncanakan tersebut.

Setelah memperoleh frekuensi dapat pula didapat nilai penguat tegangan pada rangkaian Gambar2 dengan menggunakan Persamaan 1. Hasil dari penguatan tesebut akan disearahkan untuk catu daya lmapu LED.

2.2 Perancangan Blok Rangkaian Inverter setengah Jembatan

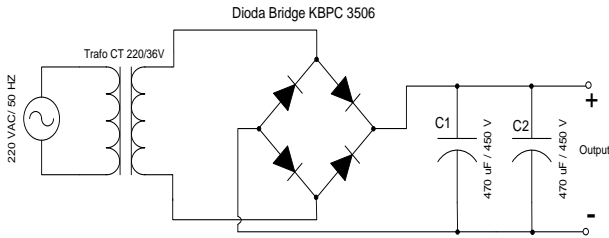
2.2.1 Sumber AC 1 Fasa

Sumber tegangan yang digunakan adalah tegangan AC 1 fasa yang berasal dari jala-jala PLN dengan tegangan 220 V_{AC} dan frekuensi 50 Hz. Tegangan ini kemudian diturunkan menjadi 36 V_{AC} dengan trafo penurun tegangan sebagai sumber tegangan *inverter* frekuensi rendah.

2.2.2 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Suplai tegangan masukan *inverter* frekuensi tinggi didapat dengan menurunkan tegangan dengan sebuah trafo

penurun tegangan lalu diberi *diode bridge* untuk mengubah AC ke DC, kapasitor digunakan menghilangkan *ripple* tegangan.

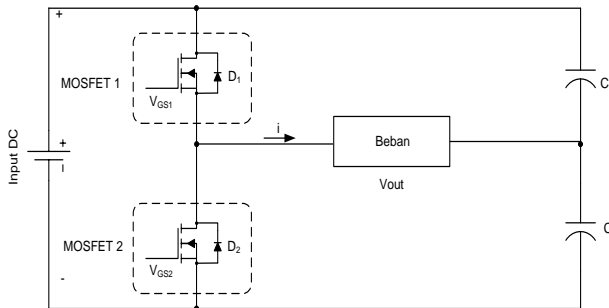


Gambar 3. Rangkaian penyearah gelombang penuh

Penyearah ini menggunakan masukan 36 V_{AC} dirubah menjadi 47,9 V_{DC} dengan menggunakan diodebridge MB3510N. Fungsi pemasangan tiga buah kapasitor dengan kapasitas 940 µF/250 volt adalah untuk menghilangkan ripple sehingga menjadi DC murni.

2.2.3 Rangkaian Inverter setengah Jembatan

Inverter yang digunakan adalah tipe setengah Jembatan.



Gambar 4. Rangkaian Inverter setengah jembatan

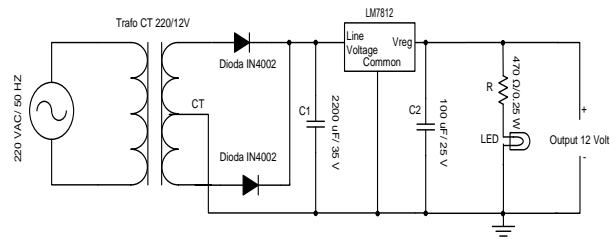
Inverter setengah jembatan ini memiliki karakteristik yaitu tegangan keluaran stengah dari tegangan masukannya. Selain itu memiliki tegangan blocking yang lebih baik dari pada inverter jenis push pull.

MOSFET yang digunakan adalah IRFP460.

2.3 Perancangan Rangkaian Kontrol

2.3.1 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa Center Tap

Rangkaian penyearah ini untuk mensuplai tegangan masukan IC TL494 sebesar 12 Volt. Berikut adalah Gambar rangkaian penyearah gelombang penuh center tap dengan menggunakan regulator tegangan.

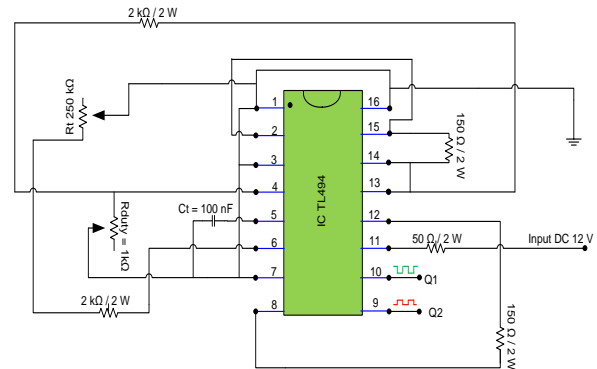


Gambar 5. Rangkaian penyearah gelombang penuh center tap

Penyearah ini menggunakan sumber 12V_{AC} yang disaraskan menggunakan 2 dioda 1N4002 menjadi 16,97 Volt, kemudian keluaran tegangan tersebut difilter menggunakan kapasitor 2200µF/35 Volt. Untuk menstabilkan 12 V_{DC} tegangan dengan menggunakan regulator LM7812, Kapasitor 100µF/25 Volt untuk meningkatkan respon transien , resistor dan LED sebagai indikator.

2.3.2 Rangkaian Kontrol IC TL 494

Rangkaian kontrol ini berfungsi untuk memicu gate pada MOSFET inverter setengah jembatan. Gambar 6 merupakan rangkaian kontrol IC TL494.



Gambar 6. Rangkaian kontrol IC TL494

Inverter ini dioperasikan pada range frekuensi 30 Hz-3kHz. Hal ini didasarkan pada perhitungan frekuensi dengan mengguakan Persamaan 2. Oleh sebab itu perlu ditentukan nilai resistor (R_t) dan kapasitor (C_t) yang akan digunakan sebagai penagtur frekuensi keluaran.

Persamaan untuk mencari frekuensi kerja yang ada pada datasheet IC TL494 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$f = \frac{1,1}{C_t R_t} \quad (3)$$

Kapasitor yang digunakan sebesar 100 nF, sehingga nilai resistornya adalah

$$R_t = \frac{1,1}{f \times R_t} \quad (4)$$

Pada frekuensi maksimal 3 kHz

$$R_t = \frac{1,1}{3,3 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9}} = 3966,6:2 = 1833,3 \Omega$$

Pada frekuensi minimal 30 Hz

$$V_R = \frac{1,1}{3,3 \times 10^3 \times 100 \times 10^{-9}} = 500 k:2 = 250 k\Omega$$

Nilai komponen yang dipasaran yaitu :

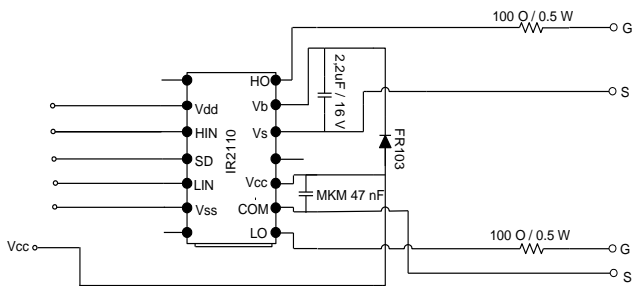
C_T : 100 nF

R_T : 2000 Ω

V_R : 250 k Ω

2.3.3 MOSFET Driver

MOSFET driver yang digunakan pada rangkaian ini adalah IR2110. Gambar 7 merupakan rangkaian dari MOSFET driver.

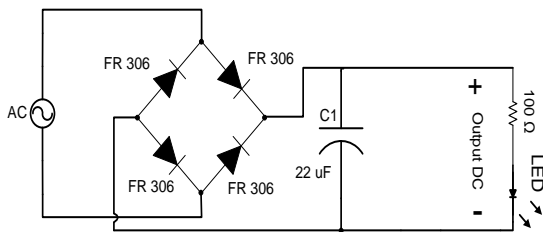


Gambar 7 Rangkaian skematik MOSFET driver

MOSFET diver berfungsi sebagai penguat sinyal keluaran dari IC TL494

2.3.4 Rangkaian Suplai lampu LED

Suplai lampu LED adalah tegangan DC yang disarah dari keluaran resonan LCC seri beban paralel. Gambar 8 merupakan rangkaian untuk suplai lampu LED.



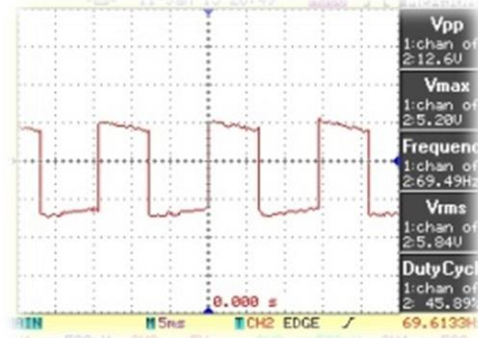
Gambar 8. Gelombang penyearah penuh

Rangkaian ini terdiri dari 4 dioda yang dirangkai membentuk penyearah jembat penuh dan dilengkapi kapsitor untuk menapis ripple yang dihasilkan dari penyearah tersebut.

3. Hasil dan Analisa

3.1 Bentuk Gelombang Rangkaian Kontrol Pemicuan

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop GW-INSTEK. Gambar 9 merupakan gelombang yang dihasilkan oleh rangkaian kontrol pemicuan yang diukur pada keluaran MOSFET driver.



Gambar 9. Gelombang keluaran rangkaian kontrol pemicuan

Dari gelombang keluaran tersebut dapat dihitung frekuensinya sebagaiberikut:

$$T = 2,87 \times 5m \frac{s}{div} = 14,35 ms$$

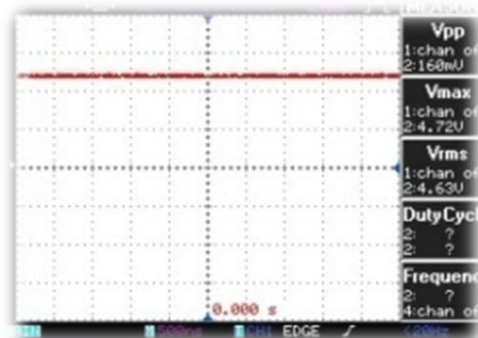
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{14,35 \times 10^{-3}} = 69,47 Hz$$

$$V_{pp} = 2,52 \times 5 \frac{V}{div} \times 1 = 12,6 Volt$$

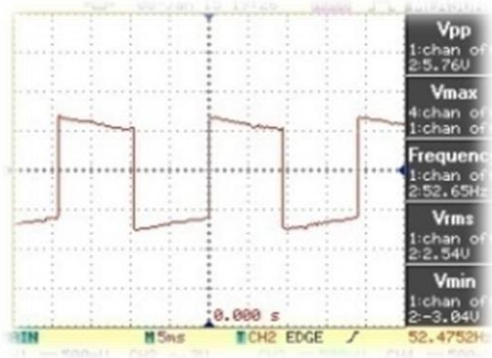
Frekuensi yang terukur sebesar 69,47 Hz dan tegangan V_{pp} 12,6 Volt. Tegangan ini akan digunakan untuk pemicuan MOSFET IRFP460 yang memerlukan $V_{gs} = \pm 20 Volt$.

3.2 Bentuk Gelombang Rangkaian inverter

Bentuk gelombang rangkaian inverter diukur pada masukan dan keluaran inverter. Gambar 10 dan 11 adalah gelombang masukan dan keluaran inverter tersebut.



Gambar 10. Gelombang masukan inverter



Gambar 11. Gelombang keluaran inverter

Dari Gambar 10 dan 11 dapat diketahui besar tegangan yang diukur :

$$V_{dc} = 2,36 \times \frac{2V}{div} \times 10 = 47 \text{ Volt}$$

Nilai tersebut didapat dari tegangan sebesar 2,36 div dengan skala 2 V/div probe pengali 10x.

$$V_{pp} = 2,88 \times \frac{2V}{div} \times 10 = 57,6 \text{ Volt}$$

$$V_m = \frac{V_{pp}}{2} = 28,8 \text{ Volt}$$

Perbedaan ini disebabkan karena pengaruh dari besar nilai kapasitor yang berada pada inverter. Sehingga nilai dari tegangan keluaran tidak setengah dari tegangan maskan.

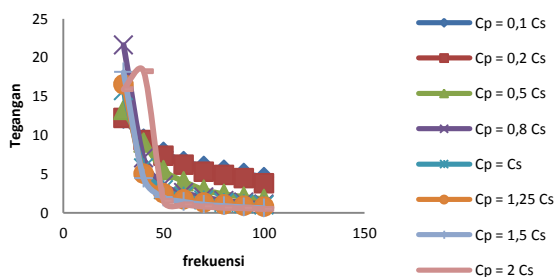
3.3 Analisis Resonan LCC

3.3.1 Pengaruh Perubahan Nilai Kapasitor terhadap Penguat tegangan

Tujua dari penelitian ini adalah menganalisi perubahan tegangan yang terjadi ketika nilai dari kapasitor tersebut dirubah dan yang satunya tetap. Dengan menggunakan Persamaan 1 dapat diperoleh penguatan untuk masing-masing variasi.

• Kapasitor Paralel

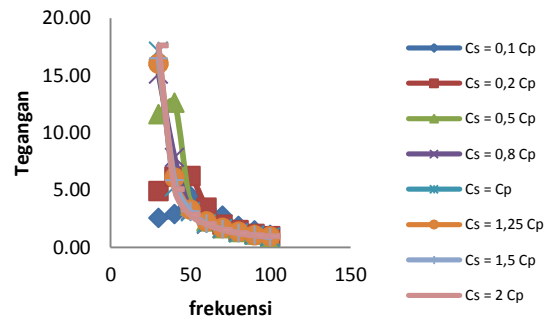
Dari variasi nilai Kapasitor paralel, dengan besar nilai kapasitor seri (Cs) dibuat tetap sebesar 94 uF, r = 100 ohm, dan L = 215 mH akan diperoleh Gambar 12.



Gambar 12 Grafik penguat tegangan variasi kapasitor paralel

• Kapasitor Seri

Dari variasi nilai Kapasitor seri, dengan besar nilai kapasitor paralel (Cp) dibuat tetap yaitu 94 uF, R= 100 ohm, dan L = 215 mH, tegangan masukan 25 V akan diperoleh Gambar 13.



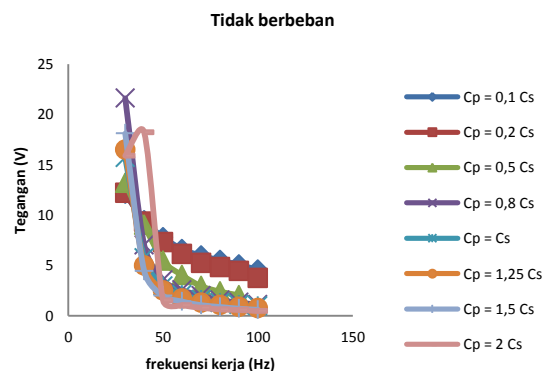
Gambar 13 Grafik penguat tegangan variasi kapasitor seri

Dari Tabel 12 dan 13 terlihat perbedaan sedikit antara tegangan hitung dengan pengukuran. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

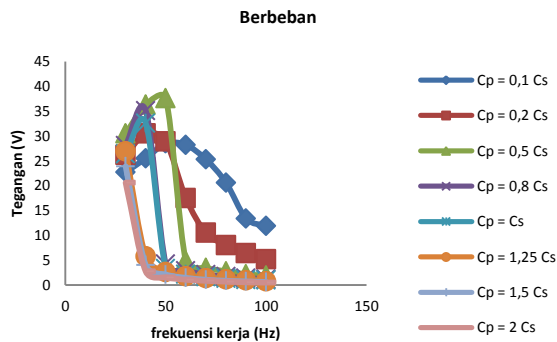
- Dalam alat ini juga banyak terjadi rugi-rugi sehingga mendapatkan nilai yang berbeda dari perhitungan.
- Pada perhitungan tegangan keluaran, tidak memperhitungkan nilai tegangan harmonisa yang terjadi, sedangkan pada alat ukur (osiloskop) sudah memperhitungkan tegangan tersebut.
- Pada komponen induktor tidak hanya memiliki nilai induktif melainkan memiliki nilai kapasitif dan resistif.
- Pada komponen kapasitor tidak hanya memiliki nilai kapasitif melainkan memiliki nilai induktif dan resistif

3.3 Pengaruh perubahan nilai Kapasitor saat kondisi berbeban dan berbeban

• Kapasitor paralel

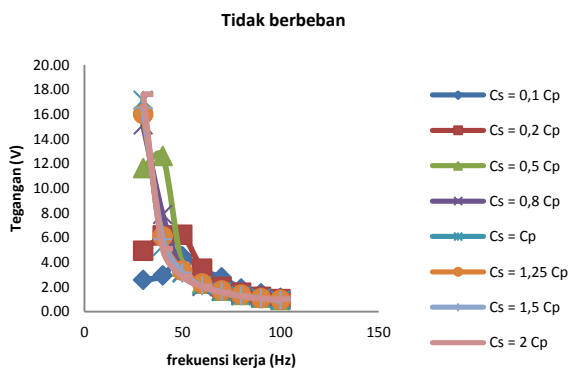


Gambar 14 Grafik pengukuran saat kondisi tak berbeban

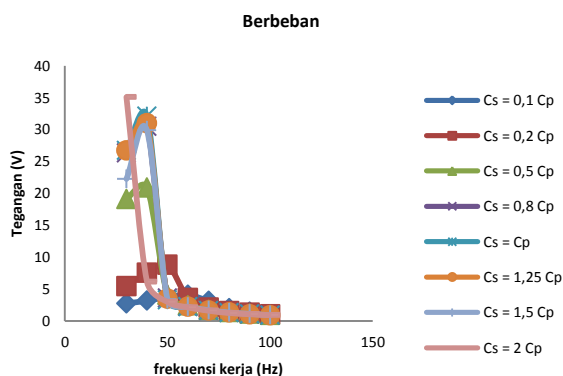


Gambar 15 Grafik pengukuran saat kondisi berbeban

• Kapastor Seri



Gambar 16 Grafik pengukuran saat kondisi tak berbeban



Gambar 17 Grafik pengukuran saat kondisi berbeban

3.4 Pengujian Rangakaian dengan LED

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besar intensitas cahaya lampu LED yang dihasilkan saat nilai kapasitor diubah-ubah. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi B.101 pada malam hari kondisi gelap.

• Kapasitor Paralel

Tabel 6. Variasi kapasitor paralel

f (Hz)	Vdc (Volt)	Lux	Jarak (cm)	Ket
60	35,7	1050	15	Cp = 0,1 Cs
51	35,9	1220	15	Cp = 0,2 Cs
43	41,3	5480	15	Cp = 0,5 Cs
39	38	2500	15	Cp = 0,8 Cs
48	35,3	1030	15	Cp = Cs
34	36,83	2280	15	Cp = 1,25 Cs
32	27,7	170	15	Cp = 1,5 Cs
30	25,1	138	15	Cp = 2 Cs

• Kapasitor Seri

Tabel 7. Data variasi kapasitor seri

f (Hz)	Vdc (Volt)	Lux	Jarak (cm)	Ket
57	16,2	1	15	Cs = 0,1 Cp
48	16	1	15	Cs = 0,2 Cp
42	26,8	152	15	Cs = 0,5 Cp
37	32	752	15	Cs = 0,8 Cp
51	36,7	1362	15	Cs = Cp
53	39,3	4200	15	Cs = 1,25 Cp
32	38,6	4170	15	Cs = 1,5 Cp
34	40,3	4700	15	Cs = 2 Cp

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisa dalam penelitian ini, maka didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan osiloskop pada saat pengujian tanpa beban menunjukkan bahwa bentuk gelombang yang dihasilkan sinus murni yang berasal dari gelombang kotak yang dihasilkan oleh inverter setengah jembatan sebesar 25 Volt. Dalam variasi nilai kapasitor paralel (Cp) tegangan paling besar dihasilkan saat variasi Cp = 0,8 Cs mendapatkan tegangan sebesar 21,6 Volt pada frekuensi 30 Hz. Sedangkan saat variasi Cp = 0,1 Cs menghasilkan tegangan yang terendah.
2. Hasil pengamatan yang dilakukan dengan menggunakan osiloskop pada saat pengujian tanpa beban menunjukkan bahwa bentuk gelombang yang dihasilkan sinus murni yang berasal dari gelombang kotak yang dihasilkan oleh inverter setengah jembatan sebesar 25 Volt. Untuk variasi nilai kapasitor seri (Cs) tegangan tertinggi dihasilkan saat variasi Cs = 2 Cp tegangan sebesar 17,6 Volt pada frekuensi 30 Hz. Sedangkan tegangan terendah yang dihasilkan saat variasi Cs = 0,1 Cp dengan tegangan sebesar 4,43 Volt.
3. Hasil pengamatan yang dilakukan setelah menambah beban pada rangkaian resonan LCC seri beban paralel didapatkan nilai tegangan dan frekuensi kerjanya. Untuk variasi nilai kapasitor paralel (Cp) saat Cp = 0,5 Cs merupakan variasi yang menghasilkan tegangan tertinggi yaitu 37,6 Volt pada frekuensi 50 Hz. Cp = 2 Cs merupakan variasi yang menghasilkan tegangan terendah yaitu 23,9 Volt.

4. Hasil pengamatan yang dilakukan setelah menambah beban pada rangkaian resonan LCC didapatkan nilai tegangan dan frekuensi kerjanya. Untuk variasi nilai kapasitor paralel (C_p) saat $C_s = 2 C_p$ merupakan variasi yang menghasilkan tegangan yang tertinggi dengan 35,1 Volt pada frekuensi 30 Hz. Saat $C_s = 0,1 C_p$ merupakan variasi yang menghasilkan penguat tegangan terendah.
5. Dengan merubah nilai kapasitor dari masing-masing variasi dapat diketahui pengaruh intensitas yang dihasilkan oleh lampu LED tersebut. Karena besar nilai kapasitor dapat mempengaruhi besar penguat tegangan yang dihasilkan. Dari variasi kapasitor paralel saat $C_p = 0,8 C_s$ sebesar 2500 lx, variasi ini merupakan yang paling besar menghasilkan intensitas cahaya yang dipancarkan. $C_p = 2 C_s$ merupakan variasi yang menghasilkan intensitas cahaya lampu terendah sebesar 138 lx.
6. Dengan merubah nilai kapasitor dari masing-masing variasi dapat diketahui pengaruh intensitas yang dihasilkan oleh lampu LED tersebut. Karena besar nilai kapasitor dapat mempengaruhi besar penguat tegangan yang dihasilkan. Dari variasi kapasitor seri saat $C_s = 2 C_p$ merupakan variasi yang paling terang menghasilkan intensitas cahaya sebesar 4700 lx. Untuk $C_s = 0,1 C_p$ merupakan variasi yang terendah menghasilkan intensitas cahaya lampu sebesar 1 lx.

Referensi

- [1]. Rashid, Muhammad H. "Power Electronics Circuits, Devices, and Applications", Prentice Hall International, United States. 1993
- [2]. Wardhana, Ibnu Surya. Perancangan Inverter Push Pull Resonan Paralel pada Aplikasi Fotovoltaik. Universitas Diponegoro, Semarang 2012.
- [3]. Safarudin, Yanuar Mahfudz, Perancangan Modul Praktikum Inverter Sinusoidal Pulse Width Modulation (SPWM) 2 Level, 3 Level dan Sinusoidal. Universitas Diponegoro, Semarang, 2013.
- [4]. Sivanagaraju, s. "Power Electronics circuit and Applications", Mumbai, India
- [5]. Refandra, Kurnia. "Perencanaan High Pass dan Single Tuned Filter sebagai Filter Harmonisa pada Sistem Kelistrikan British Oil Company Gersik Jawa Timur", ITS, Surabaya
- [6]. Margarana, Fitria Panji, Simulasi dan Analisa Load Resonant dan Quasi Resonant DC-DC Konverter dengan PSIM 4.1. Universitas Diponegoro, Semarang, 2008.
- [7]. Piranti Elektronika Resistor, Kapasitor, Induktor
- [8]. Scoggins, Patrick. "A guide to Desaining Copper-Foil Inductors", Romoland, California. 2007
- [9]. Dhika Pradana, Mochammad. "Analisa power induktor tipe e dengan teknik tape winding pada boost converter", Universitas Indonesia. 2012
- [10]. Sabrina, Abi. "Komponen dasar elektronika", USU, Sumatera Utara
- [11]. <http://id.wikipedia.org/wiki/induktor>
- [12]. Ramdhani, Mohammad. "Rangkaian Listrik", Erlangga, Bandung
- [13]. www.alldatasheet.com
- [14]. Arianto, Rachmat. "Peraga Pengatur Putaran Motor Induksi Satu Fasa". 2002
- [15]. Kazimierczuk, Marian K dan Darius Czarkowski. "Resonant Power Converters", New York, John Wiley & sons, Inc, 1976.
- [16]. Oklilas, Ahmad Fali. "Elektronika Dasar". Universitas Sriwijaya. Palembang. 2006
- [17]. Ariawan, Putu Rusdi. "Transformator", Universitas Udayana, Bali
- [18]. Pratama, Donny, Rugi-Rugi Transformator. <http://www.scribd.com/doc/72741325/7-RUGI-RUGI-TRAFO>. (diakses 25 Januari 2014)
- [19]. Vidi, Dionisius. "Analisa Inverter Dual Resonan Sebagai Catu Daya Lampu LED", Universitas Diponegoro, Semarang
- [20]. Rezon, Arif. "Perancangan Half Bridge Inverter Untuk Catu Daya Pemanas Induksi Pada Alat Etruder Plastik", Universitas Diponegoro, Semarang.
- [21]. Chaikyakun, Worakut. "Application of class D Resonant Inverter to Titanium Thin Film Sputtering on Glass Slide", 978-1-4673-2025-2/12/\$31.00©2012 IEEE
- [22]. Sanajit, N, Jangwanitlert, A. "A Series-Resonant Half-Bridge Inverter for Induction-Iron Appliances," IEE PEDS 2011, Singapore, 5-8 December 2011.
- [23]. Bhaat, Ashoka. K. S. "Analysis and Design of a Series-Parallel Resonant Converter with Capacitive Output Filter," IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, VOL. 27, NO. 3, MAY /JUNE 1991
- [24]. Hu, Manli, Frohkle, Norbert, Bocker, Joachim, "Frequency/Duty Cycle Control of LCC Resonant Converter Supplying High Voltage Very Low Frequency Test Systems" Paderborn University, Power Electronics and Electrical Drives, D-33095, Paderborn, German.
- [25]. Alonso, J. M, Blanco, C, Lopez, E, Calleja, A. A, Rico, M. "Analysis and Design of a LCC Resonant Inverter For High Intensity Discharge Lamps," IEEE 0-7803-3071-4/95/\$4,00. 1995.
- [26]. Ponce-Silva, Mario, C. Martinez, Juan, Loranca, Javier, Martinez, Enefino, "Analysis and Design of a DC-DC Resonant Converter with a Class D Inverter and LCC Resonant Tank," 2012 Ninth Electronic, Robots and Automotive Mechanics Conference.
- [27]. Rodriguez, F, Ribas, J, Alonso, J. M, Calleja, A. J, Corominas, E. L, "Analysis and Design of the LCC-Parallel Series Inverter with Resonant Current Control as HPS Lamp Ballast," 0-7803-7067-8/01/\$10.00©2001 IEEE.
- [28]. Branas, Christian, Azcondo, Francisco J, Bracho, Salvador, "Study of Output Power Variation Due to Component Tolerances in LCC Resonant Inverters Applied to HPS Lamp Control," IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol.51, No.1, February 2004