

OPERASI DC-DC KONVERTER TIPE CUK DENGAN MODE DCM & CCM DENGAN TRANSISTOR SC2555 SEBAGAI SAKLAR

Satrio Wibowo^{*)}, Mochammad Facta, and Agung Nugroho

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

^{*)}E-mail : iantrilaksono@gmail.com

Abstrak

Cuk Converter merupakan salah satu tipe DC Chopper yang mempunyai nilai tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari nilai tegangan masukan. Tegangan keluaran dapat diatur berdasarkan pengaturan duty cycle saklar Transistor. DC Chopper mempunyai 2 mode operasi kerja, yaitu mode CCM (Continuous Conduction Mode) dan mode DCM (Discontinuous Conduction Mode). Continuous Conduction Mode (CCM) adalah mode operasi dimana arus pada konverter mengalir secara kontinyu, dalam artian tidak pernah mencapai nilai nol. Discontinuous Conduction Mode (DCM) adalah mode dimana arus pada konverter mencapai nilai nol, atau tidak kontinyu. Tugas akhir ini merancang sebuah modul dc-dc converter tipe cuk dengan mode DCM & CCM dengan transistor SC2555 sebagai saklar elektronika. Berdasarkan hasil percobaan kerja cuk converter dengan transistor SC2555 sebagai bagian utama sistem pensaklaran, cuk converter dapat bekerja pada mode operasi DCM dan CCM. Mode CCM memiliki nilai efisiensi titik kerja maksimal yang lebih baik dari mode DCM pada cuk converter dengan pensaklaran transistor. Ketika duty cycle 40 % daya beban resistif diperoleh nilai $I_C=0,17A$, $V_{CE}=22,92V$, dan nilai efisiensi 75,86% pada mode CCM. Ketika duty cycle 40% dengan beban induktif diperoleh nilai $I_C=0,22A$, $V_{CE}=22,95$ dan nilai efisiensi 90,63% pada mode CCM. Cuk converter dengan pensaklaran transistor SC2555 bekerja maksimal atau lebih baik pada mode operasi CCM.

Kata kunci : DC Chopper, Cuk Converter, DCM, CCM.

Abstract

In the power electronics, DC-DC converter is usually called DC Chopper. Cuk Converter is one type of DC Chopper with output voltage which greater or lower than the input voltage. which has a greater or less output voltage value than that of input voltage. The output voltage can be adjusted based on duty cycle transistors switching. The DC Chopper has two work-operating modes, namely CCM (Continuous Conduction Mode) and DCM (discontinuous conduction mode). The CCM has current theory continuously flow, so the current it never reaches zero, while the DCM has second reaching zero values so the currents is discontinued. In this final assignment, dc-dc converter module with as proposed in a cuk type with the DCM-CCM mode and a transistor SC2555 was applied an electronic switch. Based on results of experimental work cuk converter with SC2555 transistor can work on the DCM and CCM operating mode. The CCM mode has better efficiency than the DCM mode. Duty cycle 40% resistive load the result show value of $I_C=0.17A$, $V_{CE}=22.92V$, and efficiency values of 75.86%. In the CCM mode at 40% duty cycle and Inductive loads the result show value of $I_C=0.22A$, $V_{CE}=22.95$ and 90.63% efficiency values in CCM. Cuk converter of transistor switching SC2555 worked optimally better on the CCM operating mode.

Keywords: DC chopper, Cuk Converter, CCM, DCM

1. Pendahuluan

DC chopper terdiri dari beberapa konfigurasi yang sering digunakan yaitu *buck*, *boost*, *buckboost* dan *cuk*. DC Chopper mempunyai 2 mode operasi kerja, yaitu mode CCM (*Continuous Conduction Mode*) dan mode DCM

(*Discontinuous Conduction Mode*). *Continuous Conduction Mode* (CCM) adalah mode operasi dimana arus pada konverter mengalir secara kontinyu, dalam artian tidak pernah bernilai nol. *Discontinuous Conduction Mode* (DCM) adalah mode dimana arus pada konverter mencapai nilai nol, atau tidak kontinyu.^[8]

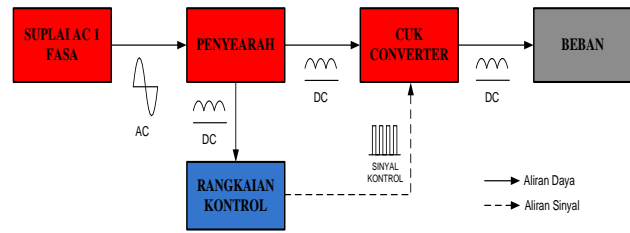
DC Chopper tipe *cuk* sudah dibuat dalam beberapa penelitian sebelumnya. Pada referensi [8] dibuat perancangan *cuk converter* dengan MOSFET sebagai piranti pensaklaran. Pada referensi [12] dibuat penelitian yang membahas mengenai *cuk converter* yang digunakan untuk memaksimalkan daya keluaran yang dihasilkan oleh Photovoltaic. Dalam penelitian ini dibuat inverter DC-AC, *cuk converter* digunakan untuk memaksimalkan tegangan dan arus DC yang dihasilkan oleh Photovoltaic, agar pada saat di ubah menjadi AC pada inverter, tegangan dan arus DC tetap stabil. Rangkaian kontrol dalam penelitian ini [12] menggunakan mikroprosesor. Pada penelitian terakhir [14] membahas mengenai *cuk converter* yang digunakan sebagai salah satu tahap untuk memperbaiki PFC (*Power Factor Correction*) sebuah motor DC magnet permanen yang digunakan untuk mengendalikan kompresor pada *air conditioner*.

Catu daya *cuk converter* telah dibuat untuk berbagai aplikasi sebagaimana tertulis dalam referensi [8,10,11]. Namun dalam penelitian tersebut tidak dibahas karakteristik DC chopper *Cuk* yang digunakan. Dalam penelitian sebelumnya ketika Dc chopper telah menghasilkan tegangan yang diharapkan maka dianggap masalah Dc chopper telah selesai. Permasalahan tegangan dan arus DC tidak dibahas lebih lanjut dan tidak diteliti mode arus yang digunakan. Penambahan Peralatan tambahan pada DC chopper berupa PFC (*Power Factor Correction*) dilakukan pada referensi[14], namun tidak diketahui pula mode arus yang digunakan. Penggunaan MOSFET sebagai saklar paling umum dipakai pada referensi sebelumnya [8,10,11] karena tidak diketahui pula mode arus yang dipakai. Pemakaian saklar elektronik yang lebih sederhana yakni transistor juga jarang dibahas.

Berdasarkan pada hal tersebut, penelitian tugas akhir ini akan merancang sebuah modul berupa DC Chopper tipe *cuk* dengan sistem pensaklaran transistor. Pensaklaran transistor ini beroperasi dengan picuan arus melalui tahanan basis pada kaki Transistor. Rangkaian *cuk converter* dengan pensaklaran transistor ini akan membandingkan 2 mode operasi yang berbeda yaitu DCM dan CCM dengan nilai titik kerja maksimum dan besar penguatan pada transistor sebagai sistem pensaklaran.

2. Metode

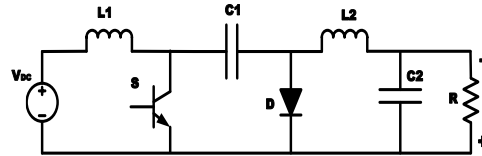
Modul DC chopper tipe *cuk* pada tugas akhir ini terdiri dari beberapa blok yang memiliki fungsi masing – masing pada modul. Blok yang dibuat pada modul DC chopper tipe *cuk* tersebut adalah blok rangkaian daya, blok rangkaian kontrol, blok *Cuk Converter* dan blok beban. Gambar 1 adalah diagram blok perancangan perangkat keras:



Gambar 1 Blok diagram perancangan alat

2.1 Cuk Converter

DC Chopper yang digunakan pada tugas akhir ini adalah DC Chopper tipe *cuk* yang mempunyai karakteristik nilai tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari nilai tegangan masukan. *Cuk converter* terdiri dari beberapa komponen penyusun yaitu kapasitor, induktor, MOSFET dan dioda yang tersusun seperti pada Gambar 2.



Gambar 2 Skema DC chopper tipe cuk

Komponen penyusun perlu dihitung nilai minimalnya agar *cuk converter* dapat bekerja sesuai yang diinginkan. Penentuan spesifikasi awal juga dilakukan berdasarkan ketersediaan komponen yang mudah didapat dan kemampuan komponen berdasarkan datasheet. Spesifikasi *Cuk Converter* yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan : 24 Vdc
- Frekuensi *Switching* : 15 kHz
- C₁
Kapasitor C₁ merupakan media untuk memindahkan daya ke beban. Nilai C₁ minimal:

$$C_{1min} > \frac{D^2 \cdot T_s}{2 \cdot R} \quad (1)$$

$$C_{1min} > \frac{0,9^2 \cdot 6,7 \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 40}$$

$$C_{1min} > 0,678 \mu F$$

- C₂
Kapasitor C₂ berfungsi sebagai penekan riak tegangan pada sisi *output* DC chopper tipe *cuk*.

$$\Delta V C_2 = \frac{D \cdot V_s}{8 \cdot C_2 \cdot L_2 \cdot f^2} \quad (2)$$

$$0,02 = \frac{0,9 \cdot 24}{8 \cdot C_2 \cdot 40 \cdot 10^{-3} \cdot 15000^2}$$

$$C_2 = 15 \mu F$$

Namun untuk mengurangi noise, nilai kapasitansi kapasitor yang dipasang diperbesar menjadi C₁ = 330µF/420V dan C₂ = 940/450V.

- L_1 dan L_2
 Nilai L_1 dan L_2 merupakan penentu apakah DC *chopper* tersebut beroperasi pada mode CCM atau DCM. Batas minimum untuk mode operasi CCM adalah:

$$L_{1min} = \frac{(1-D)^2 \cdot R}{2 \cdot D \cdot f} \quad (3)$$

$$L_{1min} = \frac{(1-0,3)^2 \cdot 40}{2 \cdot 0,3 \cdot 15000} = 2,17mH$$

$$L_{2min} = \frac{(1-D) \cdot R}{2 \cdot f} \quad (4)$$

$$L_{2min} = \frac{(1-0,3) \cdot 40}{2 \cdot 15000} = 0,93mH$$

Jadi, dari perhitungan batas minimum L_{1min} dan L_{2min} di atas, maka nilai masing – masing induktor yang digunakan adalah^[9]

a. Mode CCM

$L_1 > L_{1min}$ dan $L_2 > L_{2min}$
 Maka $L_1 = 54$ mH dan $L_2 = 20$ mH

b. Mode DCM

$L_1 < L_{1min}$ dan $L_2 < L_{2min}$
 Maka $L_1 = 1,4$ mH dan $L_2 = 0,9$ mH

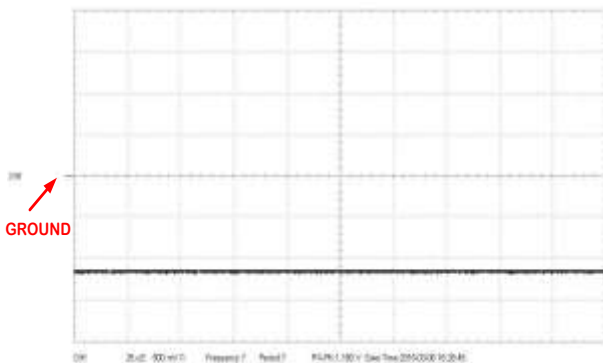
3. Hasil dan Analisa

3.1 Pengujian Rangkaian *Cuk Converter*

Pengujian *Cuk Converter* meliputi pengujian tegangan keluaran, pengujian variasi jenis beban, perhitungan efisiensi, dan pengujian gelombang arus.

3.1.1 Pengujian Tegangan Keluaran

Buckboost Converter pada *duty cycle* 10 %:



Gambar 3 Tegangan keluaran *Cuk Converter*

Dari gambar 13.diatas, dapat diketahui bahwa tegangan keluaranm sebesar 1,2 div., sehingga nilainya dapat dihitung :

$$V_{out} = 2,2 \text{ div} \times 0,5 \text{ V/div} \times 10 = 11 \text{ V}$$

Pada Tabel 2. berikut dapat dilihat hasil pengukuran tegangan keluaran *Cuk Converter*

Tabel 1 Pengujian tegangan keluaran rangkaian DC Chopper

No	Duty cycle (%)	V_{in} (V)	V_o Ukur (V)	V_o Hitung (V)	V_o Simulasi i(V)	Pengua tan V_o/V_d
1	10	23,46	-12,55	-2,60	-8,24	0,53
2	20	23,44	-16,89	-5,86	-16,00	0,72
3	30	23,40	-22,54	-10,02	-23,00	0,96
4	40	23,39	-23,66	-15,59	-32,00	1,01
5	50	23,38	-25,35	-23,38	-40,00	1,08
6	60	23,35	-33,45	-35,02	-49,00	1,43
7	70	23,34	-22,30	-54,46	-55,00	0,95

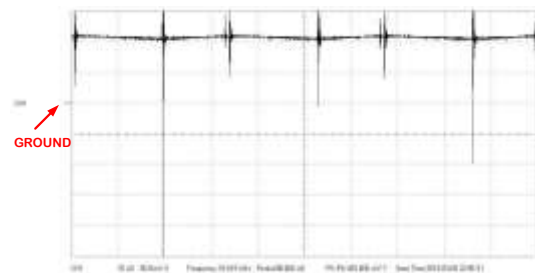
3.2.2 Pengujian Mode Operasai CCM dan DCM

3.2.2.1 Mode CCM

Pengujian mode CCM menggunakan induktor mode CCM yang mempunyai nilai induktansi $L_1 = 54$ mH dan $L_2 = 20$ mH. Variasi *duty cycle* yang dipilih pada pengujian ini adalah 10 % dan 40 %, dan variasi frekuensi yang dipilih pada pengujian ini adalah 15 kHz.



(a)



(b)

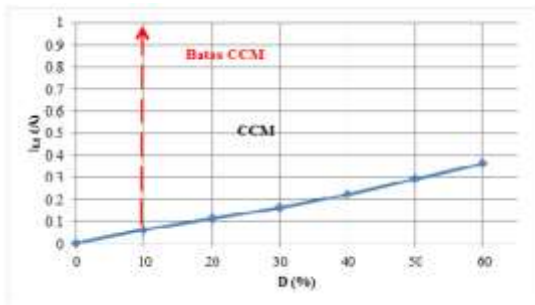
Gambar 4 & 5 Gelombang arus L_1 *cuk converter* Mode CCM

(a) *Duty cycle* 10% Frekuensi 15kHz

(b) *Duty cycle* 40% Frekuensi 15kHz

Berdasarkan Gambar 4 dan 5 terlihat bahwa arus induktor berada diatas titik nol atau *ground* pada saat *duty cycle* 10 % dan 40 %. Semakin *duty cycle* dinaikkan maka arus akan semakin naik meninggalkan titik nol atau *ground*. Kenaikan arus terjadi karena semakin tinggi nilai *duty*

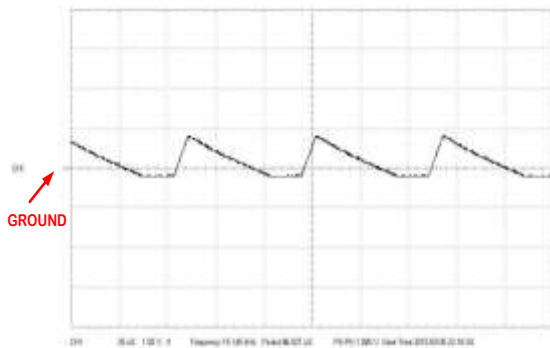
cycle maka daya yang disalurkan melalui L_1 akan semakin besar sehingga arus pun akan naik.



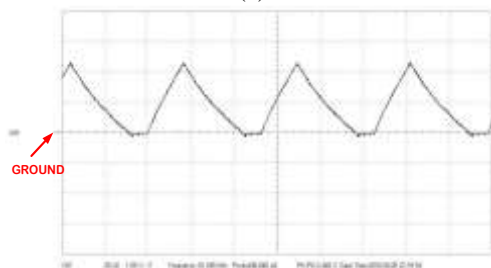
Pada Gambar grafik 6 pengujian mode kerja *cuk converter* dengan menggunakan induktor mode CCM yang mempunyai nilai induktansi $L_1 = 54$ mH dan $L_2 = 20$ mH, *cuk converter* berhasil bekerja pada mode CCM pada *duty cycle* 10 % - 60 %.

3.2.2.2 Mode DCM

Pengujian mode DCM menggunakan induktor mode DCM yang mempunyai nilai induktansi $L_1 = 1,4$ mH dan $L_2 = 1,2$ mH. Variasi *duty cycle* yang dipilih pada pengujian ini adalah 10 % dan 30 %, dan variasi frekuensi yang dipilih pada pengujian ini adalah 15 kHz



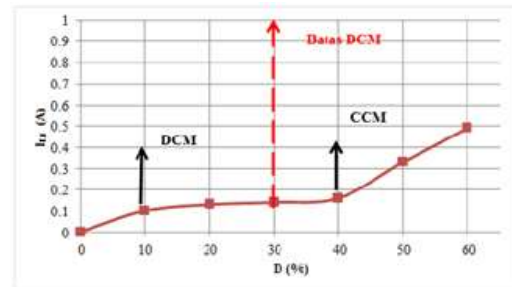
(a)



(b)

Gambar 7 & 8 Gelombang arus L_1 *cuk converter* Mode DCM
(a) *Duty cycle* 10% Frekuensi 15kHz
(b) *Duty cycle* 30% Frekuensi 15kHz

Berdasarkan Gambar 7 terlihat bahwa arus mencapai bahkan melewati titik nol atau *ground* pada saat *duty cycle* 10 % dan pada Gambar 8 terlihat arus mulai naik sejajar dengan titik nol atau *ground* pada saat *duty cycle* 30%. Semakin *duty cycle* dinaikkan maka arus akan semakin naik melewati titik nol atau *ground*. Kenaikan arus terjadi karena semakin tinggi nilai *duty cycle* maka daya yang disalurkan melalui L_1 akan semakin besar sehingga arus pun akan naik.



Pada gambar 9 grafik *Cuk converter* berubah menjadi mode CCM saat *duty cycle* 31 % - 60 %. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.14, ketika *duty cycle* 30 % arus induktor sejajar dengan titik nol atau *ground*, saat *duty cycle* dinaikkan maka arus L_1 juga akan semakin naik meninggalkan titik nol atau *ground*.

3.2.2.3 Pengujian Cuk Converter dengan Variasi Jenis Beban

Jenis beban yang digunakan pada pengujian ini adalah lampu pijar sebagai beban resistif dan motor DC sebagai beban induktif. Nilai *duty cycle* yang digunakan pada pengujian ini adalah sebesar 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % dan 60 %. Pengujian jenis beban resistif yang mempunyai nilai resistansi sebesar 40Ω. Sedangkan untuk pengujian beban induktif berupa motor DC dengan induktansi 12,61 mH. Pada pengujian ini menggunakan 2 mode kerja, yaitu mode CCM dan DCM dengan tahanan basis transistor 150 Ω dan 220 Ω.

3.2.2.4 Beban Resistif 40 Ω pada Tahanan Basis Transistor 220 Ω dengan Mode CCM & DCM Cuk Converter.

Tabel 2 Data pengukuran beban resistif mode CCM

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout(V)		Iout(A)	
			CCM	DCM	CCM	DCM
10%	23,47	0,05	9,98	-	0,09	-
20%	23,43	0,10	14,31	-	0,13	-
30%	23,41	0,15	18,40	-	0,16	-
40%	23,40	0,21	22,40	-	0,19	-
50%	23,38	0,29	24,34	-	0,20	-
60%	23,37	0,39	30,45	-	0,21	-
70%	23,36	0,41	27,49	-	0,19	-

Tabel 3 Data pengukuran beban resistif mode DCM

Duty cycle	Vin (V)	Iin (A)	Vout(V)		Iout(A)	
			CCM	DCM	CCM	DCM
10%	23,47	0,06	-	9,78	-	0,10
20%	23,43	0,09	-	14,35	-	0,11
30%	23,40	0,11	-	16,52	-	0,12
40%	23,38	0,17	22,77	-	0,14	-
50%	23,36	0,22	23,56	-	0,15	-
60%	23,34	0,32	24,78	-	0,16	-
70%	23,33	0,33	21,67	-	0,12	-

3.2.2.5 Perhitungan Efisiensi Cuk Converter terhadap kerja transistor

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Dimana

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Tabel 4 Data Pin,Pout, dan Efisiensi beban resistif CCM

Duty (%)	Beban Resistif		
	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi
10	1.17	0.89	76.54
20	2.34	1.71	79.39
30	3.51	2.76	83.83
40	4.91	4.25	86.60
50	6.78	4.86	71.79
60	9.11	6.39	70.15
70	9.57	5.22	54.53

Tabel 5 Data Pin,Pout, dan Efisiensi beban resistif DCM

Duty (%)	Beban Resistif		
	Pin (Watt)	Pout (Watt)	Efisiensi
10	1.40	0.97	69.45
20	2.10	1.57	74.85
30	2.57	1.98	77.01
40	3.97	3.18	80.20
50	5.13	5.13	68.76
60	7.46	3.96	53.08
70	7.69	2.60	33.77

3.2.2.6 Daerah Kerja Transistor pada Beban Resistif dengan Tahanan basis 220 Ω Mode CCM dan DCM pada Cuk Converter

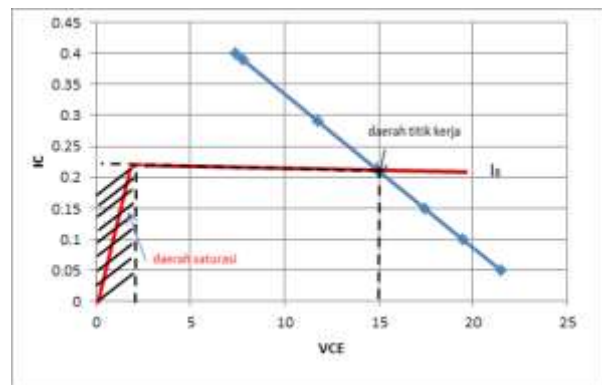
Tabel 6 Data pengukuran beban resistif mode CCM

Duty (%)	Vin	Ic	Rc	Ib	VCE
10	23,47	0,05	40	0,006	21,47
20	23,43	0,10	40	0,009	19,43
30	23,41	0,15	40	0,012	17,41
40	23,40	0,21	40	0,015	15,00
50	23,38	0,29	40	0,018	11,78
60	23,37	0,39	40	0,020	7,77
70	23,36	0,41	40	0,026	7,36

Tabel 7 Data pengukuran beban resistif mode DCM

Duty (%)	Vin	Ic	Rc	Ib	VCE
10	23,47	0,06	1	0,006	23,41
20	23,43	0,09	1	0,009	23,34
30	23,40	0,11	1	0,012	23,29
40	23,38	0,17	1	0,015	23,21
50	23,36	0,22	1	0,018	23,14
60	23,34	0,32	1	0,020	23,02
70	23,33	0,33	1	0,026	23,00

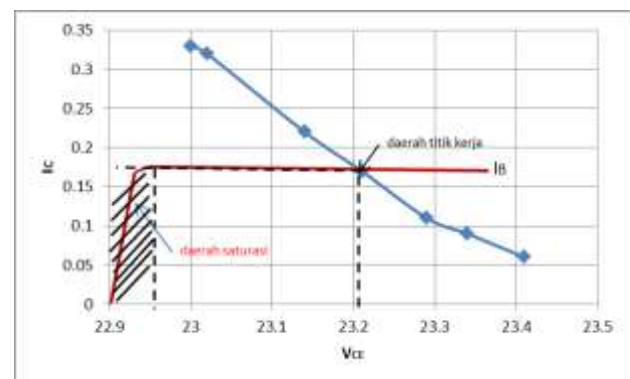
Dari tabel 6 Dapat disajikan grafik antara Ic-VCE dalam suatu grafik dalam gambar 10



Gambar 10 Grafik antara Ic - VCE dan daerah titik kerja transistor tahanan basis 220 Ω untuk beban resistif

Gambar diatas menunjukkan pada duty 40 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana Ic mengalami titik jenuh dengan nilai pada Ic 0,15A ,Vce 15,00 V dengan nilai efisiensi 86,60.

Dari tabel 7 Dapat disajikan grafik antara Ic-VCE dalam suatu grafik dalam gambar



Gambar 11 diatas menunjukkan pada duty 40 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana Ic mengalami titik jenuh dengan nilai pada Ic 0,17 A ,VCE 23,21 V dengan nilai efisiensi 80,20.

3.2.2.9 Daerah Kerja Transistor pada Beban induktif dengan Tahanan basis 220 Ω Mode CCM dan DCM pada Cuk Converter

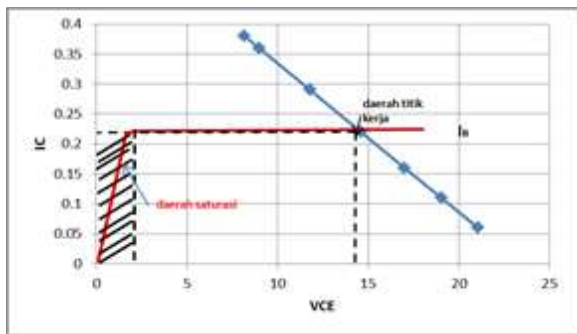
Tabel 8 Data pengukuran beban induktif mode CCM

Duty (%)	V _{in}	I _c	R _c	I _B	V _{CE}
10	23.45	0.06	40	0,006	21,05
20	23.44	0.11	40	0,009	19,04
30	23.40	0.16	40	0,012	17,00
40	23.39	0.22	40	0,015	14,59
50	23.38	0.29	40	0,018	11,78
60	23.37	0.36	40	0,020	8,97
70	23.36	0.38	40	0,026	8,16

Tabel 9 Data pengukuran beban induktif mode DCM

Duty (%)	V _{in}	I _c	R _c	I _B	V _{CE}
10	23.46	0.10	1	0,009	23.36
20	23.42	0.13	1	0,013	23.29
30	23.40	0.16	1	0,018	23.24
40	23.38	0.18	1	0,023	22.20
50	23.36	0.23	1	0,027	22.13
60	23.34	0.24	1	0,030	22.10
70	23.33	0.26	1	0,039	22.07

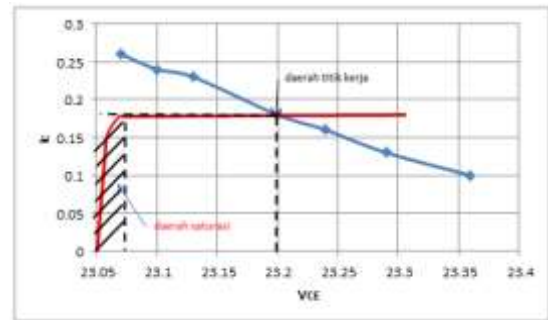
Dari tabel 8 Dapat disajikan grafik antara I_C-V_{CE} dalam suatu grafik dalam gambar 4.30



Gambar 12 Grafik antara I_C - V_{CE} dan daerah titik kerja transistor tahanan basis 220 Ω untuk beban resistif

Gambar diatas menunjukkan pada duty 40 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana I_c mengalami titik jenuh dengan nilai pada I_c 14,59 A ,V_{ce} 22,95 V dengan nilai efisiensi 90,63 %

Dari tabel 9 Dapat disajikan grafik antara I_C-V_{CE} dalam suatu grafik dalam gambar



Gambar 13 diatas menunjukkan pada duty 40 % transistor bekerja dalam daerah saturasi dimana I_c mengalami titik jenuh dengan nilai pada I_c 0,18 A ,V_{ce} 22,20 V dengan nilai efisiensi 87,40.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Cuk converter dengan sistem pensaklaran transistor SC2555 dapat beroperasi pada mode DCM dan DCM.
2. Cuk converter dengan sistem pensaklaran transistor SC2555 dapat beroperasi pada tahanan basis transistor 150 Ω dan 220 Ω.
3. Perbedaan operasi mode DCM dan CCM terletak pada nilai induktansi induktor. Batas nilai induktansi mode operasi CCM adalah L₁=54 mH dan L₂ = 20 mH, sedangkan mode operasi DCM adalah L₁ = 1,4 mH dan L₂ = 0,9 mH.
4. Pengujian arus induktor dengan mode CCM, duty cycle 10 % - 60 % cuk converter bekerja pada mode CCM
5. Pengujian arus induktor menunjukkan bahwa pada, duty cycle 10 % - 30 % cuk converter bekerja pada mode DCM , dan pada duty cycle 31 % - 60 % beralih pada mode CCM.
6. Beban resistif dan induktif dengan tahanan basis transistor 150 Ω dan 220 Ω, cuk converter memiliki batas titik kerja maksimal yang pada duty cycle 40 %.
7. Pengujian cuk converter dengan tahanan basis transistor 150 Ω dan 220 Ω beban resistif, mode operasi CCM memiliki nilai dengan efisiensi titik kerja yang lebih baik dari mode DCM. Pada mode DCM tahanan basis 150 Ω dari beban resistif diperoleh hasil percobaan dengan nilai I_C = 0,19 A , V_{CE} = 23,21 V serta efisiensi 63,88 %. Pada mode CCM memiliki nilai I_C = 0,24 A , V_{CE} = 13,80 V diperoleh dengan dengan tahanan basis yang sama nilai efisiensi 75,86 %.
8. Pada tahanan basis 220 Ω mode DCM diperoleh nilai I_C = 0,17 A , V_{CE} = 23,21 V serta efisiensi 80,20 %, pada mode CCM diperoleh nilai I_C = 0,21 A , V_{CE} = 15,00 V dengan nilai efisiensi 86,60 %.

9. Pengujian cuk converter dengan tahanan basis transistor 150Ω dan 220Ω dengan beban induktif, mode operasi CCM memiliki nilai efisiensi titik kerja yang lebih baik dari mode DCM. Pada mode DCM tahanan basis 150Ω beban induktif menghasilkan $I_c = 0,30 \text{ A}$, $V_{ce} = 23,10 \text{ V}$ dengan nilai efisiensi 69,00 %, pada mode CCM dengan tahanan basis yang sama diperoleh nilai $I_c = 0,16 \text{ A}$, $V_{ce} = 17,00 \text{ V}$ dan nilai efisiensi 89,72 %. Pada tahanan basis 220Ω mode DCM dihasilkan nilai $I_c = 0,18 \text{ A}$, $V_{CE} = 23,20 \text{ V}$ dengan efisiensi 87,40 %, sedangkan dengan mode CCM dihasilkan nilai $I_c = 0,22$, $V_{CE} = 14,59 \text{ V}$ dengan nilai efisiensi 90,63 %.
10. Efisiensi rata-rata *cuk converter* tahanan basis 150Ω dan 220Ω dengan mode CCM lebih baik dari mode DCM, pada beban resistif dan beban induktif. *Cuk converter* akan bekerja maksimal pada mode CCM dengan tahanan basis 150Ω maupun 220Ω .

Referensi

- [1]. Hart, Daniel W. 2010. *Switching Power Supply Design*. New York : McGraw-Hill
- [2]. Tuegeh, Maickel, Kendali Pensaklaran Freewhel untuk Pensaklaran Konverter PCCM, Manado, Universitas Sam Ratulangi.
- [3]. Ervan Kurniawan, Dody, Analisa Power Induktor Bentuk E dengan Kawat Enamel pada Boost Converter, Depok, Universitas Indonesia.
- [4]. Rashid, M, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 3rd*, Prentice-Hall International Inc, 2011.
- [5]. Logitra Purba, Irfan, Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Mengurangi Jumlah Bakteri pada Susu Perah, Semarang, Universitas Diponegoro.
- [6]. Ahmed Darwish, Derrick Holliday, Shehab Ahmed, Ahmed M. Massoud, Barry W. Williams. *A Single-Stage Three-Phase Inverter Based on Cuk Converters for PV Applications*. IEEE. 2014.
- [7]. Sanjeev Singh, Bhim Singh. *A Voltage-Controlled PFC Cuk Converter-Based PMBLDCM Drive for Air-Conditioners*. IEEE. 2012.
- [8]. Ahmed Darwish, Derrick Holliday, Shehab Ahmed, Ahmed M. Massoud, Barry W. Williams. *A Single-Stage Three-Phase Inverter Based on Cuk Converters for PV Applications*. IEEE. 2014.
- [9]. Mahartoto Pratama, Gigih, Analisis Perbandingan Hasil Operasi CCM dan DCM pada DC Chopper Tipe Cuk, Semarang, 2014.
- [10]. Kusuma Wardana, Adam, Aplikasi Buckboost Converter Sebagai Penyedia Daya Arus Searah Pada Rangkaian Tegangan Tinggi Impuls, Semarang, 2014
- [11]. Mohamed Noor Azman Bin Bidin. *Voltage Tracking Of A DC-DC Cuk, Converter Using Neural Network Control*. Malaysia, 2014.
- [12]. Simon Ang, Alejandro Oliva, *Power Switching Converter 2nd*, Taylor & Francis Group, 2005
- [13]. Santoso, Joko (Penterjemah).2004. Prinsip – prinsip Elektronika. Jakarta : Salemba Teknik.
- [14]. S, Wasitio.2004. Vademekum Elektronika Edisi Kedua. Jakarta : PT. Gramedia.