

3. PERANCANGAN SISTEM

Pada tahap perancangan *inverter* dalam tugas akhir ini, penulis akan menguraikan langkah-langkah perencanaan secara detail mengenai perancangan *inverter* satu-fasa. Yang meliputi:

- Perencanaan dan perancangan rangkaian Multivibrator
- Perencanaan dan perancangan rangkaian transistor sebagai saklar dan penguat
- Perencanaan dan perancangan transformator

3.1. Perencanaan dan perancangan rangkaian Multivibrator

Untuk menentukan besarnya frekuensi dan multivibrator kita dapat memberikan besar/harga dan resistor maupun kapasitor yang sesuai dengan yang diinginkan yaitu sebesar 50 atau 60 Hz. Untuk menentukan besarnya nilai resistor dan kapasitor kita dapat menggunakan minus (2.1) dan (2.3), dengan frekuensi yang ditentukan yaitu 50 Hz maka diperoleh

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{50}$$

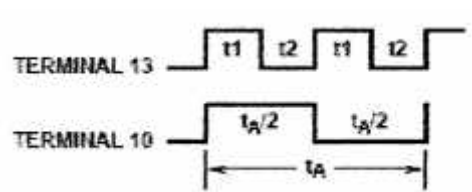
$$\frac{1}{50} = 4.40RC$$

Dengan harga dari $C = 0.1 \mu\text{F} = 10^{-7}$

$$\begin{aligned} \text{jadi } R &= \frac{1}{4.40 \times f \times C} \\ &= \frac{1}{4.40 \times 50 \times 10^{-7}} \\ &= 45.454,54 \end{aligned}$$

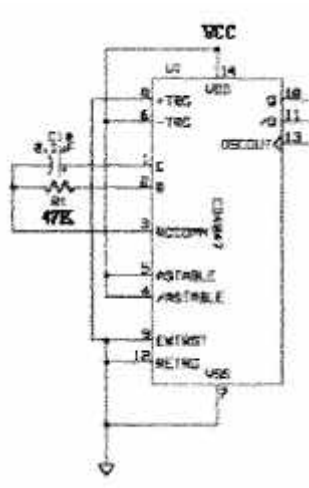
maka harga dari resistor dapat ditentukan yaitu $R = 47 \text{ K}\Omega$

Dengan harga C dan R yang sudah di dapat maka gelombang output dan CD4047 ialah seperti gambar dibawah ini:



Dan hasil perhitungan $f = \frac{1}{t}$ dengan $t = 80 \text{ nS}$ jadi kecepatan pulsa osilasinya adalah sebesar 12,5 MHz. Untuk CD4047 juga membutuhkan daya terminal no. 10 dan no. 11 sebesar: $P = 4CV^2f$ dan dapat dihitung sebagai berikut:
 $P = 4CV^2f$ dan $P = 4 \times 0,1 \mu\text{F} \times 12^2 \times 50 P = 0,0029 \text{ Watt}$ atau 2,9 mW.

Berikut ini adalah hasil dan perencanaan rangkaian *astable multivibrator*:



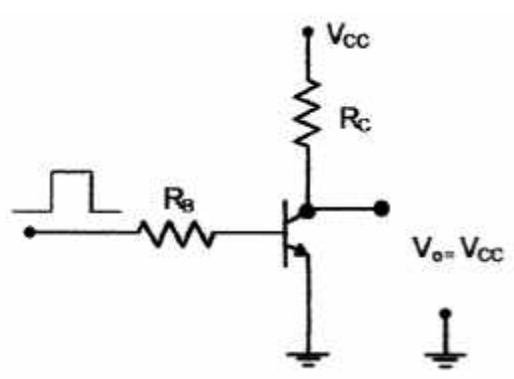
Gambar 3.1 Rangkaian *Astable Multivibrator*

3.2. Tahap Perancangan Transistor

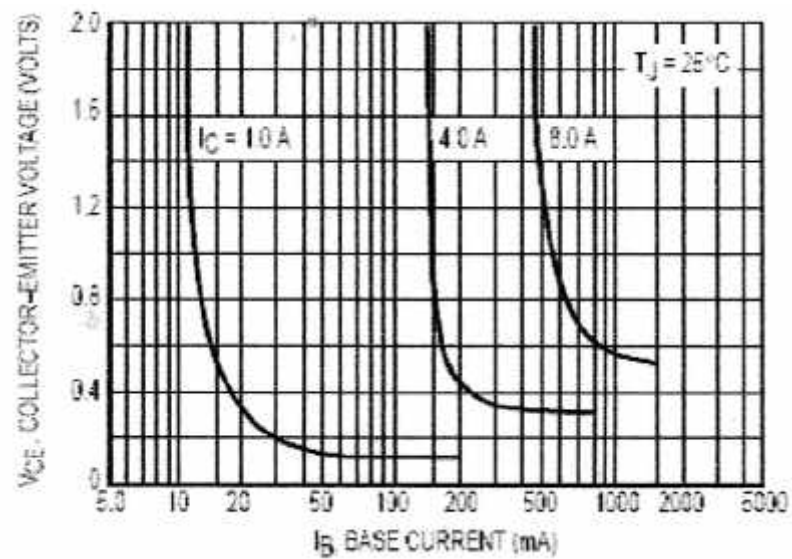
Dalam tahap perancangan transistor ini akan dibahas mengenai:

- Perancangan transistor sebagai saklar
- Perancangan transistor sebagai penguat

3.2.1. Perancangan Transistor sebagai Saklar



Gambar 3.2 Rangkaian Transistor Sebagai Saklar



Gambar 33 Grafik Saturasi dan Transistor 2N3055

Pada perancangan transistor sebagai saklar yang perlu diperhatikan ialah karakteristik dan transistor tersebut dengan melihat tabel maupun grafik pada *data sheet*. Pada perancangan transistor sebagai saklar seperti terlihat pada gambar diatas adapun besaran-besaran yang telah diketahui seperti arus output dan multivibrator $I_{mv} = 2,4 \text{ mA}$, tegangan *output multivibrator* $V_{mv} = 12\text{V}$, tegangan basis-emitor $V_{BE} = 0,7\text{V}$ transistor silikon dan $V_{BE} = 0,2\text{V}$ untuk transistor dengan tipe germanium, tegangan basis-kolektor $V_{BC} = 0,4$ sampai $0,5\text{V}$ dan memiliki harga β adalah 80 sampai 200 tegangan kolektor-emitor $V_{CE} = 0,2\text{V}$. Dan besaran-besaran diatas kita dapat menentukan besarnya R_B dan I_B , dengan perhitungan sebagai berikut:

$$V_B = V_{HI} - V_{BE}$$

$$V_{BE} = 12\text{V} - 0,7\text{V} = 11,3\text{V}$$

$$R_B = \frac{V_{MV}}{I_{MV}}$$

$$R_B = \frac{12\text{V}}{2,4\text{mA}} = 5000\Omega \text{ ambil nilai yang ada di pasaran yaitu } 4700 \text{ k}\Omega \text{ atau } 4\text{k}7$$

$$I_B = \frac{V_B}{R_B}$$

$$I_B = \frac{11,3V}{4700\Omega} = 2,4 \text{ mA}$$

Setelah menentukan besarnya R_B dan I_B maka dapat dilanjutkan untuk mencari besarnya arus kolektor dan besarnya R_C dengan menggunakan rumus (2.9) sebagai berikut :

$$R_B = \frac{(V_{HI} - V_{BE}) \beta_{min} R_C}{V_{CC}}$$

$$4700\Omega = \frac{(12V - 0,7V) \cdot 80 \cdot R_C}{12V}$$

$$4700\Omega = 75,33 \cdot R_C$$

$$R_C = \frac{4700\Omega}{75,33}$$

$R_C = 62,39\Omega$ ambil harga resistor di pasaran yaitu 100Ω

$$I_C = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_C = \frac{12V}{62,39\Omega}$$

$$I_C = 0,2A$$

Setelah mengetahui besarnya besannya arus kolektor maka kita dapat mengbitung besarnya arus emitor dengan menggunakan rumus (2.8) yaitu:

$$I_E = I_B + I_C$$

$$I_E = 2,4 \text{ Ma} + 0,2a$$

$$I_E = 0,2024A$$

Jadi dan hasil perancangan maka transistor yang dapat digunakan adalah *power* transistor 2N3055.

3.2.2. Perancangan Transistor sebagai Penguat

Inverter jembatan penuh satu-fasa dengan beban RLC seri tegangan sumber $V_{DC} = 12V$, beban $R = 8\Omega$, $L = 30 \text{ mH}$, $C = 147 \text{ mF}$ dan frekuensi $f = 50 \text{ Hz}$. Dan $a = \frac{P}{6}$.

Pada perancangan ini akan:

- Ditentukan rms untuk i_0 dan v_0 untuk harmonisa pertama, ketiga, kelima dan ketujuh
- Ditentukan total daya rata-rata yang diberikan ke beban untuk masing-masing harmonisa diatas
- Ditentukan THD untuk arus keluaran dan tegangan keluaran

Penyelesaian

- Untuk menentukan rms untuk i_0 dan v_0 , gunakan rumus (2.10) dan (2.11) sebagai berikut:

$$v_{n,0} = \frac{4V_{dc}}{n\pi} \cos na \sin na$$

$$I_{n,rms} = \frac{4V_{dc}}{\sqrt{2n\pi}|Z_n|} \cos na$$

- Untuk beban Resistif R

$$V_{n,rms} = \frac{2\sqrt{2}V_{dc}}{n\pi} \cos na$$

$$I_{n,rms} = \frac{V_{n,rms}}{|Z_n|}, |Z_n| = R = 8\Omega, \theta_n = 0, \alpha = \pi/6$$

$$V_{1,rms} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 12}{\pi} \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = 10.80V$$

$$I_{1,rms} = \frac{V_{1,rms}}{|Z_1|} = \frac{V_{1,rms}}{R} = 1.35 \text{ A}$$

$$V_{3,rms} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 12}{3\pi} \cos\left(\frac{\pi}{2}\right) = 3.59V$$

$$I_{3,rms} = \frac{V_{3,rms}}{|Z_3|} = \frac{V_{3,rms}}{R} = 0.449 \text{ A}$$

$$V_{5,rms} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 12}{5\pi} \cos\left(\frac{5\pi}{2}\right) = 2.159V$$

$$I_{5,rms} = \frac{V_{5,rms}}{|Z_5|} = \frac{V_{5,rms}}{R} = 0.269 \text{ A}$$

$$V_{7,rms} = \frac{2\sqrt{2} \cdot 12}{7\pi} \cos\left(\frac{7\pi}{2}\right) = 3.54 \text{ V}$$

$$I_{7,rms} = \frac{V_{7,rms}}{|Z_7|} = \frac{V_{7,rms}}{R} = 0.193 \text{ A}$$

Gunakan empat harmonisa pertama, pendekatan harga rms untuk v_0 dan i_0 adalah :

$$V_{0,rms} = \sqrt{V_{1,rms}^2 + V_{3,rms}^2 + V_{5,rms}^2 + V_{7,rms}^2} = 11.686 \text{ V}$$

$$I_{0,rms} = \sqrt{I_{1,rms}^2 + I_{3,rms}^2 + I_{5,rms}^2 + I_{7,rms}^2} = 1.461 \text{ A}$$

Harga rms sebenarnya adalah :

$$V_{0,rms} = \sqrt{\frac{2}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} V_{dc}^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{5}{6}} V_{dc} = 9.859 \text{ V}$$

$$I_{0,rms} = \frac{V_{0,rms}}{|Z_n|} = 1.232 \text{ A}$$

- Untuk beban RL seri

Harga rms untuk tegangan keluaran adalah sama seperti beban Resitif (R), karena tegangan keluaran adalah tidak tergantung beban.

$$I_{n,rms} = \frac{V_{n,rms}}{|Z_n|} \quad |Z_n| = \sqrt{R^2 + (n\omega L)^2} \quad \theta_n = \tan^{-1} \left(\frac{n\omega L}{R} \right)$$

$$I_{1,rms} = \frac{V_{1,rms}}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} = 0.779 \text{ A}$$

$$I_{3,rms} = \frac{V_{3,rms}}{\sqrt{R^2 + (3\omega L)^2}} = 0.259 \text{ A}$$

$$I_{5,rms} = \frac{V_{5,rms}}{\sqrt{R^2 + (5\omega L)^2}} = 0.155 \text{ A}$$

$$I_{7,rms} = \frac{V_{7,rms}}{\sqrt{R^2 + (7.\omega L)^2}} = 0.111 \text{ A}$$

Dari hasil perancangan di atas dan dari *data sheet* bahwa type Transistor yang digunakan adalah type 2SD473 atau persamaannya yaitu 2N6576/2N6577.

3.3. Perencanaan Transformator

pada perencanaan transformator ini adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut :

- Diketahui besarnya daya transformer yaitu 250 VA
- Efisiensi (R) dari transformer diasumsikan sebesar 75%

- Menentukan besarnya daya sekunder (Ps):

$$R = \frac{P_s}{P_r}$$

$$P_s = R \times P_r$$

$$P_s = \frac{75}{100} \times 250$$

$$P_s = 187,5 \text{ VA}$$

- Menentukan Luas Koker

$$\text{Luas Koker (Lk)} = \text{Lebar} \times \text{Tinggi atau } 1,25 \sqrt{P_s}$$

$$= 1,25 \sqrt{187,5}$$

$$\text{Lk} = 17,12 \text{ cm}^2$$

- Menentukan Gulungan per Volt (Gpv)

$$\text{Gpv} = \frac{f}{\text{Lk}}$$

$$\text{Gpv} = \frac{50}{17,12}$$

$$\text{Gpv} = 2,92 \text{ atau } 3\text{G/Volt}$$

- Menentukan jumlah kumparan primer (N_p) dan Kumparan Sekunder (N_s)

$$N_p = 220 \text{ V} \times 3 \text{ G/V} = 660 \text{ lilitan}$$

$$N_s = 12 \text{ V} \times 3 \text{ G/V} + 10\% = 36 + 3,6 = 39,6 \text{ atau } 40 \text{ lilitan}$$

- Menentukan kuat arus Primer (I_p)

$$I_p = \frac{P_p}{V_p}$$

$$I_p = \frac{250 \text{ VA}}{220 \text{ V}}$$

$$I_p = 1,14 \text{ A}$$

- Menentukan kuat arus sekunder (I_s)

$$I_s = \frac{P_s}{V_s}$$

$$I_s = \frac{187,5 \text{ VA}}{12 \text{ V}}$$

$$I_s = 15,625 \text{ A}$$

- Menentukan diameter kawat

Untuk menentukan besarnya diameter kawat *enamel* pada kumparan primer dan kumparan sekunder kita dapat melihat langsung pada katalog kawat *enamel*, setelah itu kita langsung dapat mengetahui besarnya diameter kawat *enamel* yaitu :

Untuk kumparan primer: 2,7 mm

Untuk kumparan sekunder: 0,70 mm

Tabel 3.2. Karakteristik dari Enamel Magnet Wire

CONDUCTOR		CLASS 0		CLASS 1		CONDUCTOR RESISTANCE
		FILM THICKNESS	OVERALL DIAMETER	FILM THICKNESS	OVERALL DIAMETER	At 20° C (O/Km)
DIAMETER	TOLERANCE	Min	Max	Min	Max	Max
0.10	±0.008	0.016	0.156	0.009	0.140	2647
0.11	±0.008	0.016	0.166	0.009	0.150	2153
0.12	±0.008	0.017	0.180	0.010	0.162	1786
0.13	±0.008	0.017	0.190	0.010	0.172	1505
0.14	±0.008	0.017	0.200	0.010	0.182	1286
0.15	±0.008	0.017	0.210	0.010	0.192	1111
0.16	±0.008	0.018	0.222	0.011	0.204	969.5
0.17	±0.008	0.018	0.232	0.011	0.214	853.5
0.18	±0.008	0.019	0.246	0.012	0.226	757.2
0.19	±0.008	0.019	0.256	0.012	0.236	676.2
0.20	±0.008	0.019	0.266	0.012	0.246	607.6
0.21	±0.008	0.019	0.276	0.012	0.256	549.0
0.22	±0.008	0.019	0.286	0.012	0.266	498.4
0.23	±0.008	0.020	0.298	0.013	0.278	454.5
0.24	±0.008	0.020	0.308	0.013	0.288	416.2
0.25	±0.008	0.020	0.318	0.013	0.298	382.5
0.26	±0.010	0.020	0.330	0.013	0.310	358.4
0.27	±0.010	0.020	0.340	0.013	0.320	331.4
0.28	±0.010	0.020	0.350	0.013	0.330	307.3
0.29	±0.010	0.020	0.360	0.014	0.340	285.7
0.30	±0.010	0.021	0.374	0.014	0.352	262.9
0.32	±0.010	0.021	0.394	0.014	0.372	230.0
0.35	±0.010	0.021	0.424	0.014	0.402	191.2
0.37	±0.010	0.022	0.446	0.015	0.424	170.6
0.40	±0.010	0.023	0.480	0.016	0.456	145.3
0.45	±0.010	0.024	0.532	0.017	0.508	114.2
0.50	±0.010	0.025	0.586	0.017	0.560	91.43
0.55	±0.020	0.025	0.646	0.017	0.620	78.15
0.60	±0.020	0.026	0.698	0.017	0.672	65.26

Tabel 3.2 Karakteristik dari Enamel Magnet Wire (sambungan)

CONDUCTOR		CLASS 0		CLASS 1		CONDUCTOR RESISTANCE
DIAMETER	TOLERANCE	FILM THICKNESS	OVERALL DIAMETER	FILM THICKNESS	OVERALL DIAMETER	At 20° C (O/Km)
		Min	Max	Min	Max	Max
0.65	±0.020	0.027	0.752	0.018	0.724	55.31
0.70	±0.020	0.028	0.804	0.019	0.776	47.47
0.75	±0.020	0.030	0.860	0.020	0.830	41.19
0.80	±0.020	0.031	0.914	0.021	0.882	36.08
0.85	±0.020	0.032	0.966	0.022	0.934	31.87
0.90	±0.020	0.033	1.020	0.023	0.986	28.35
0.95	±0.020	0.034	1.072	0.024	1.038	25.38
1.00	±0.030	0.036	1.138	0.025	1.102	23.33
1.10	±0.030	0.037	1.242	0.026	1.204	19.17
1.20	±0.030	0.039	1.342	0.026	1.304	16.04
1.30	±0.030	0.039	1.448	0.027	1.408	13.61
1.40	±0.030	0.039	1.548	0.027	1.508	11.70
1.50	±0.030	0.041	1.654	0.028	1.612	10.16
1.60	±0.030	0.041	1.754	0.028	1.712	8.906
1.70	±0.030	0.042	1.856	0.029	1.814	7.871
1.80	±0.030	0.042	1.956	0.029	1.914	7.007
1.90	±0.030	0.044	2.062	0.030	2.018	6.278
2.00	±0.030	0.044	2.162	0.030	2.118	5.656
2.10	±0.030	0.045	2.266	0.031	2.220	5.123
2.20	±0.030	0.046	2.368	0.032	2.322	4.662
2.30	±0.030	0.046	2.468	0.032	2.422	4.260
2.40	±0.030	0.048	2.574	0.033	2.526	3.908
2.50	±0.030	0.049	2.678	0.034	2.628	3.598
2.60	±0.030	0.049	2.778	0.034	2.728	3.324
2.70	±0.030	0.049	2.878	0.034	2.828	3.079
2.80	±0.030	0.049	2.978	0.034	2.928	2.861
2.90	±0.030	0.049	3.078	0.034	3.028	2.665
3.00	±0.030	0.049	3.178	0.034	3.128	2.489
3.20	±0.040	0.049	3.388	0.034	3.338	2.198

Sumber: Supreme Cable Catalog page 10-11

Dari hasil perhitungan diatas maka dapat ditentukan luas dari transformator yaitu memiliki lebar: 5 cm, tinggi: 10,5 cm dan panjang: 13 cm.

Dibawah ini adalah jenis dan bahan serta. skematik diagram dan *inverter* yaitu:

1. Oscilator CD4047
2. Transistor: 2SD473 dan 2N3055
3. Resistor: 47k Ω , 4k Ω dan 100 Ω
4. Kapasitor: 0,1 μ F
5. Transformator dengan daya 250 VA
6. SPST *switch* 50A
7. *Fuse* 50A
8. Battery 12V65 Ah

Dari hasil perancangan dapat dibuat skematik diagram seperti pada gambar 3.6 berikut ini:

