

Bab 1

Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi, teknologi dan ilmu pengetahuan semakin berkembang dengan pesat termasuk ilmu pengetahuan di bidang elektro industri. Salah satu contohnya adalah rectifier dan konverter buck. Rectifier merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mensearahkan tegangan AC ke tegangan DC sedangkan konverter buck merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi menurunkan tegangan DC. Pada dasarnya rectifier dan konverter buck di industri memiliki peran yang sangat penting dimana konverter buck dipakai untuk menurunkan tegangan jika supply dari PLN lebih besar dari input obyek yang dibutuhkan, sedangkan pada rumah tangga rectifier dan konverter buck banyak digunakan di peralatan rumah tangga seperti: AC (Air Conditioner), kulkas, kipas angin dll. Tetapi, Pada proyek akhir ini kami mendesain konverter buck sebagai penggerak motor induksi satu phasa.

Dalam suatu bidang industri dimana motor banyak digunakan pada bagian produksi di pabrik. Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Cara pengoperasian motor induksi sangat sederhana, murah, mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

Salah satu penggunaan konverter buck yaitu untuk menggerakkan motor induksi 1 phasa. Pada proyek akhir ini akan dibuat " Rancang Bangun inverter 1 fase sebagai Penggerak Motor Induksi 1 fase ". Sumber tegangan dari PLN 220V ac disearahkan oleh Rectifier Full Bridge yang menghasilkan tegangan output DC. Pada rectifier full bridge tersebut dipasang sebuah filter C yang berfungsi untuk mengurangi ripple pada gelombang output sehingga tegangan keluaran mendekati gelombang DC murni. Hasil keluaran rectifier masuk ke rangkaian Konverter buck. Fungsi rangkaian konverter buck untuk menurunkan tegangan DC. Di mana pada rangkaian Buck terdapat mosfet yang berfungsi untuk menswitching

tegangan yang penyulutannya menggunakan metode PWM. Hasil output rangkaian converter buck akan menjadi input dari inverter.

Hasil secara keseluruhan yang diinginkan dari proyek akhir ini adalah keluaran tegangan rangkaian inverter mempunyai 200V ac dengan frekuensi 50 Hz. Rangkaian inverter digunakan untuk mensupply motor induksi satu fase.

1.2. Tujuan

Proyek Akhir ini bertujuan untuk membuat alat Rancang Bangun Inverter 1 Fase Sebagai Penggerak Motor Induksi 1 Fase dengan keluaran 200V ac dan frekuensi 50 Hz. Melalui sumber 1 fase dari PLN dan rangkaian rectifier serta rangkaian konverter buck diharapkan dapat mengurangi ripple pada gelombang output sehingga tegangan keluaran mendekati DC murni. Hasil keluaran rectifier masuk ke rangkaian konverter buck. Fungsi rangkaian buck menurunkan tegangan DC. Hasil output rangkaian konverter buck akan menjadi input inverter yang dikontrol oleh mikrokontroler ATMEGA16.

1.3. Metodologi

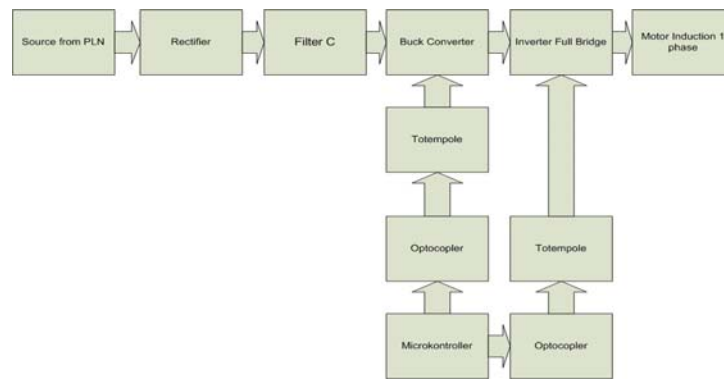
Untuk Mencapai tujuan diatas maka ditempuh langkah-langkah sebagai berikut :

1.3.1. Studi literatur tentang teori penunjang proyek akhir

Pada study literatur ini dimana Mengumpulkan dan mempelajari literatur dari buku – buku yang membahas rectifier, converter buck dan inverter. Study literatur ini mempelajari tentang konsep dasar dari sebuah rangkaian atau sistem yang di dalamnya saling keterkaitan.

1.3.2. Perancangan sistem

Dalam merancang dan membuat proyek akhir ini, terlebih dahulu merancang sistem yang akan di gunakan yang mana dalam sistem tersebut dibuat blok diagram sistem , yang dapat dilihat pada Gambar1.1



Gambar 1.1. BLOK SISTEM RANCANG BANGUN INVERTER SEBAGAI PENGGERAK MOTOR INDUKSI SATU PHASE

Gambar 1.1 merupakan blok sistem Rancang Bangun Inverter 1 Fase Sebagai Penggerak Motor Induksi 1 Fase . Prinsip - prinsip kerja dari blok diagram diatas adalah :

1. Sumber tegangan dari PLN 220V ac disearahkan oleh rectifier full bridge yang dipasang menghasilkan tegangan output DC
2. Di dalam rectifier full bridge tersebut terdapat sebuah filter C dan filter tersebut berfungsi untuk mengurangi ripple pada gelombang sehingga output keluaran tegangannya hampir mendekati DC murni
3. Fungsi dari konverter buck menurunkan tegangan yang dihasilkan oleh rectifier apabila hasil keluaran tegangan dari rectifier lebih besar dari input yang dibutuhkan inverter. Dimana dalangkaian Buck terdapat MOSFET yang berfungsi untuk menswitching tegangan dan penyulutannya menggunakan metode PWM.
4. Hasil dari rangkian konverter buck dapat di kontrol melalui mikrokontroller ATMEGA16.
5. Totempole berfungsi untuk mengurangi dan meminimalkan power losses pada switching electronik (electronik switching)
6. Sedangkan Rangkaian optocopler berfungsi untuk isolasi rangkaian

1.3.3 Pengujian alat

Pengujian alat dibutuhkan untuk mengetahui beberapa hal sebagai berikut diantaranya :

1. Mengetahui kinerja dari rangkaian penyearah gelombang penuh.
2. Mengetahui kinerja dari filter C apakah bekerja sesuai dengan fungsinya.
3. Mengetahui kinerja dari konverter buck apakah bekerja sesuai dengan perencanaannya
4. Mengetahui kinerja dari sebuah rangkaian optocoupler dan rangkaian totempole.
5. Beban berupa motor induksi satu phase

Dalam pembahasan Tugas Akhir membahas mengenai perancangan *RECTIFIER FULL WAVE* yang merupakan penerapan dari mata kuliah Elektronika Daya.

1.4 Batasan Masalah

1. Penggunaan 4 buah diode power sebagai rectifier satu phase.
2. Penggunaan mosfet dengan tipe IRF 460 sebagai swithcing pada buck converter.
3. Penggunaan diode fast recovery pada rangkaian konverter buck.

1.5 Sistematika Pembahasan

Sistematika pembahasan penyusunan Proyek Akhir ini direncanakan sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas pendahuluan yang terdiri dari latar belakang, tujuan, metodologi, batasan masalah, sistematika pembahasan Proyek Akhir dan tinjauan pustaka.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Membahas teori-teori yang menunjang dan berkaitan dengan penyelesaian Proyek Akhir, antara lain teori Diode, Rectifier full wave, Filter C, dan Konverter buck, Mosfet, PWM (Pulse Width Modulation), Optocoupler, Totempole, Supply LM7812.

BAB III :PERENCANAAN DAN PEMBUATAN

Membahas tahap perencanaan dan proses pembuatan perangkat keras Proyek Akhir.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA

Membahas secara keseluruhan dari sistem dan dilakukan pengujian serta analisa pada setiap percobaan perangkat keras. Mengintegrasikan seluruh sistem dan pengujian, kemudian berdasarkan data hasil pengujian dan dilakukan analisa terhadap keseluruhan sistem.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Membahas kesimpulan dari pembahasan, perencanaan, pengujian dan analisa berdasarkan data hasil pengujian sistem. Untuk meningkatkan hasil akhir yang lebih baik diberikan saran-saran terhadap hasil pembuatan Proyek Akhir.

1.6. Tinjauan Pustaka

Dalam tinjauan pustaka, penyulutan pulsa menggunakan PWM . Pada contoh proyek akhir ini akan melakukan modifikasi keluaran pulsa dari perbandingan gelombang sinusoidal yang memiliki frekuensi 50Hz dengan gelombang segitiga. Tujuan dari proyek akhir tersebut adalah untuk mendapatkan tegangan keluaran AC 220 Volt dengan frekuensi 50Hz dari tegangan masukan DC sebesar 50V¹. [2] Untuk penyulutan ke empat mosfet pada inverter satu fase jembatan penuh digunakan Microcontroller ATMEGA 16.

Sedangkan pada proyek akhir yang berjudul Sebuah Rancang Bangun Inverter 1 Fase Sebagai Penggerak Motor Induksi 1 fase. [3] PLN mensupply tegangan sebesar 220V ac yang kemudian di searahkan oleh Rectifier Full Bridge yang kemudian menghasilkan tegangan DC. [4] Didalam rectifier terdapat filter c yang berfungsi mengurangi ripple pada gelombang output dan tegangan keluarannya mendekati gelombang DC murni. Tegangan keluaran rectifier akan diturunkan oleh konverter buck yang kontrol

¹ Rashid, Muhammad H., "Power Electronic Circuit, Devices, and Applications," Second Edition, Prentice-Hall International, Inc, 1993

melalui mikrokontroler ATMEGA16, apabila nilai keluarannya lebih kecil dari input yang dibutuhkan oleh inverter.

Halaman Ini Sengaja Di Kosongkan

Bab 2

Teori Penunjang

2.1. Pendahuluan

Analisa dan perhitungan sangat penting dilakukan sebelum merencanakan suatu sistem untuk meminimalisasi kesalahan, sehingga diperlukan teori penunjang sebagai referensi dari mata kuliah Elektronika Daya dan Mesin Listrik.

Teori dan analisa penunjang yang lain disarikan dari mata kuliah yang masih berkaitan dengan Elektronika Daya dan Mesin Listrik antara lain sebagai berikut: Rangkaian Listrik, Rangkaian Elektronika, Komponen Listrik, Piranti Elektronika, Matematika, dan buku literatur lainnya.

Setiap pembahasan pada sub bab kali ini akan saling berkaitan dengan teori dan analisa yang pernah diberikan pada perkuliahan yang pernah didapat.

2.2. Penyearah

Penyearah adalah alat pengubah sumber listrik dari AC menjadi DC. Alat tersebut berupa rangkaian Elektronik dengan komponen utama dioda. Dalam penyearahan tegangan bolak-balik digunakan penyearah gelombang penuh dengan menggunakan sebuah diodajembatan/bridge atau empat buah dioda. Gelombang keluarannya lebih baik bila dibandingkan dengan penyearah setengah gelombang.

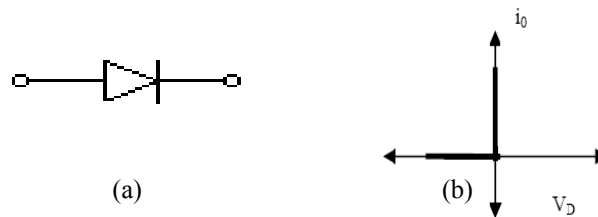
Diode-diode semikonduktor banyak ditemukan dalam berbagai aplikasi dalam bidang rekayasa elektronika. Diode juga secara luas digunakan dalam aplikasi rangkaian elektronika daya untuk mengkonversi daya elektrik. Beberapa rangkaian diode yang sering digunakan dalam rangkaian elektronika daya untuk pemrosesan daya antara lain: rangkaian penyearah setengah gelombang satu fasa, penyearah gelombang penuh satu fasa dan penyearah gelombang penuh tiga fasa, serta masih banyak aplikasi lain. Secara umum diode digunakan untuk

mengkonversi AC-DC, pada konverter AC ke DC dikenal istilah rectifier atau penyearah.

2.2.1 Diode

Diode merupakan peralatan utama yang digunakan untuk mengkonversi sinyal AC menjadi sinyal DC, atau arus bolak balik menjadi arus searah, karena diode berfungsi sebagai saklar. Selain memiliki fungsi sebagai saklar diode juga dapat berperan sebagai *freewhelling* dalam regulator saklar, pengisian balik kapasitor dan pengiriman daya antar komponen, selain itu juga dapat digunakan sebagai isolasi tegangan dan energi menuju sumber daya. Pada Gambar 2.1 (a) merupakan simbol dari diode.

Diode daya dapat diasumsikan sebagai saklar ideal untuk kebanyakan aplikasi. Pada Gambar 2.1 (b) menunjukkan karakteristik ideal dari diode. Diode dalam praktek berbeda dengan karakteristik ideal dan memiliki batasan yang cukup berarti. Diode daya memiliki karakteristik hampir sama dengan diode sinyal p-n junction, diode daya memiliki kemampuan daya yang besar, kemampuan menangani tegangan dan arus yang lebih besar jika dibandingkan dengan diode sinyal. Diode daya memiliki kelemahan yaitu kecepatan pensaklaran yang lebih rendah jika dibandingkan dengan diode sinyal¹.



Gambar 2.1 (a) Simbol diode, (b) karakteristik ideal

^{1 1} Heres Deny Wasito, Sepeda Statis Sebagai Pembangkit Energi Untuk Peralatan Rumah
Tangga, Tugas Akhir Elektro Industri-EEPIS, 2007

2.2.2 Rangkaian penyearah

Rangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Perbandingan antara tegangan DC yang keluar terhadap tegangan AC yang ikut serta pada hasil keluaran, dinamakan faktor *ripple* (riak). Notasi untuk fRangkaian penyearah adalah suatu rangkaian yang mengubah tegangan bolak-balik (AC) menjadi tegangan searah (DC). Perbandingan antara tegactor ripple yang diberikan disini adalah r.Besar faktor ripple dapat dihitung dengan rumus :

$$r = \frac{\text{komponen_A C}}{\text{komponen_D C}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Komponen AC adalah harga rms dari tegangan AC yang keluar. Komponen AC tersebut tercampur dengan sedikit banyak komponen DC. Untuk menghitung faktor *ripple*, digunakan suatu rumus pendekatan yaitu :

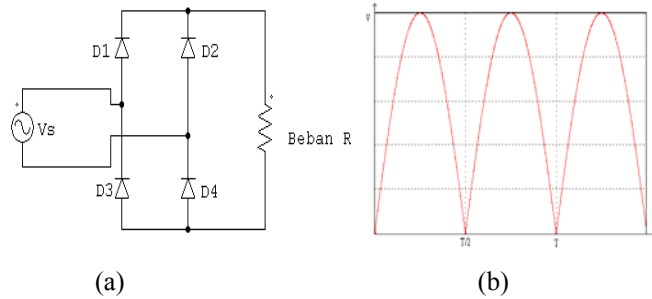
$$r = \sqrt{\left(\frac{V_{rms}}{V_{dc}}\right)^2 - 1} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.2)$$

V_{rms} ini merupakan harga rms total dari tegangan keluaran dan V_{rms} dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_o^2 d\omega t} \dots\dots\dots(2.3)$$

2.2.3 Penyearah gelombang penuh

Penyearah gelombang penuh dapat dilihat sebagai kombinasi dari dua penyearah setengah gelombang yang bekerja bergantian untuk setiap setengah gelombang dari gelombang input. Pada Gambar 2.2 (a) dan Gambar 2.2 (b) menunjukkan gambar rangkaian dan bentuk gelombang penyearah gelombang penuh.



Gambar 2.2

(a) Rangkaian penyearah gelombang penuh
(b) Gelombang output penyearah

Sumber tegangan berupa sinyal sinus $V_s = V_m \sin \omega t$. Nilai rata-rata V_{DC} dapat dicari dengan membagi luasan (diatas sumbu datar dalam periode T) dengan t, dimana $\omega = 2\pi f$, $T = 2\pi$.

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin \omega t dt$$

$$V_{dc} = \frac{2}{2\pi} \int_0^T V_m \sin 2\pi f t dt$$

$$V_{dc} = \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin \frac{2\pi}{T} t dt$$

$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin \frac{2\pi}{T} t dt \\
 V_{dc} &= \frac{1}{T} \int_0^T V_m \sin t dt \\
 V_{dc} &= \frac{1}{T} \left[-V_m \cos t \Big|_0^\pi \right] \\
 V_{dc} &= \frac{1}{\pi} (-V_m \cos \pi) - (-V_m \cos 0) \\
 V_{dc} &= \frac{1}{\pi} [(-V_m * -1) - (-V_m * 1)] \\
 V_{dc} &= \frac{1}{\pi} [V_m + V_m] \\
 V_{dc} &= \frac{1}{\pi} [2V_m] \\
 V_{dc} &= \frac{2V_m}{\pi} \dots\dots\dots(2.4)
 \end{aligned}$$

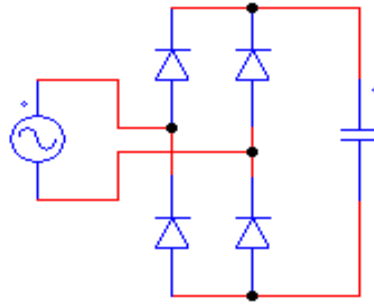
2.2.4 Rangkaian filter C

Pada prinsipnya yang diinginkan pada keluaran penyearah adalah hanya komponen DC, maka perlu adanya penyaringan untuk membuang komponen AC. Secara praktis kita dapat memasang sebuah kapasitor besar pada kaki-kaki beban, karena kapasitor dapat bersifat hubung terbuka untuk komponen DC dan mempunyai impedansi yang rendah untuk komponen AC.

Rangkaian filter yang dimaksud adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi ripple yang terjadi pada rangkaian penyearah. Filter kapasitor sangat efektif digunakan untuk mengurangi komponen AC pada keluaran penyearah. Pertama akan kita lihat karakter kapasitor sebagai filter dengan memasang langsung pada keluaran penyearah tanpa memasang beban.

2.2.5 Penggunaan Kapasitor sebagai Filter C

Kapasitor yang dipasang secara paralel pada terminal output penyearah seperti pada Gambar 2.3 yang dapat di lihat sebagai berikut.



Gambar 2.3 Rangkaian Penyearah dengan Filter C

Pada keadaan $0 < t < T/2$, dioda konduksi dan kapasitor terisi muatan. Pada $T/2 < t < T$, dioda off dan kapasitor akan membuang (discharge). Berdasarkan sifat kapasitor yang menyatakan bahwa tegangan pada kapasitor tidak dapat berubah dengan tiba-tiba, dan berdasarkan persamaan $V_o(t) = V(c)t$

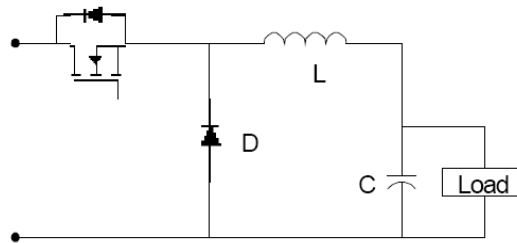
2.3. Konverter Buck

Pada banyak aplikasi industri, diperlukan untuk mengubah sumber tegangan dc tetap menjadi sumber tegangan dc yang bersifat variable. Chopper DC mengubah secara langsung dari dc ke dc. Chopper dapat digunakan untuk menaikkan dan menurunkan sumber.

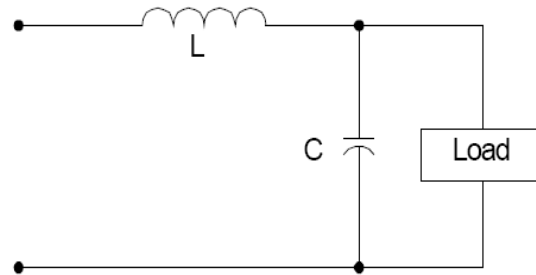
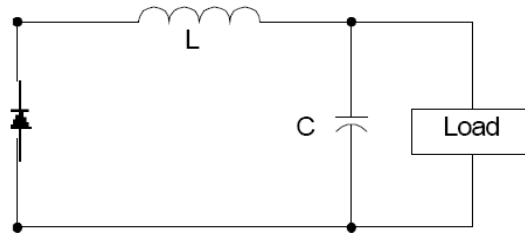
Chopper dc dapat dipakai sebagai regulator mode pensaklaran untuk mengubah tegangan dc yang biasanya tidak teregulasi, menjadi tegangan keluaran dc yang teregulasi.

Konverter pensaklaran dapat ditemukan dalam bentuk rangkaian terintegrasi. Perancang dapat memilih frekuensi pensaklaran dengan memilih nilai R atau C oscillator frekuensinya. Untuk memaksimalkan frekuensi, periode oscillator minimum 100 kali lebih lama dibandingkan dengan waktu pensaklaran periode osilasinya adalah 0,5 us yang memberikan frekuensi oscillator maksimum 20 KHz. Batasan ini disebabkan adanya kehilangan pensaklaran pada transistor. Rugi pensaklaran pada transistor meningkat dengan frekuensi pensaklaran dan akibatnya efisiensi akan menurun. Selain itu rugi inti pada induktor membatasi kerja frekuensi tinggi.

Diagram Konverter buck menggunakan sebuah MOSFET berfungsi sebagai chopper step down ditunjukkan pada Gambar 2.5a. Kerja rangkaian ini dibagi menjadi dua mode.



2.5 (A) Circuit Diagram

*Mode 1**Mode 2**(b) Equivalent Circuit**Gambar 2.5 Konverter Buck*

Pada kerja rangkaian dibagi menjadi dua mode:

- a. Mode 1 dimulai bila transistor Q1 di ON kan pada $t = 0$, arus input yang bertambah mengalir melalui inductor filter L, kapasitor filter C dan beban R.
- b. Mode 2 dimulai bila transistor Q1 di OFF kan pada $t = t_1$, dioda freewheeling Dm akan konduksi karena energi yang tersimpan di dalam inductor dan arus inductor akan mengalir melalui L, C, beban dan dioda Dm. Arus inductor berkurang terus hingga transistor Q1 di ON kan lagi.

Tegangan yang melalui inductor L

$$eL = L \frac{di}{dt} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan mengasumsikan arus inductor naik secara linear dari I1 ke I2 pada waktu t1,

$$V_s - V_a = L \frac{i_2 - i_1}{t_1} = L \frac{\Delta I}{t_1} \dots\dots\dots(2.6)$$

Atau

$$t_1 = \frac{\Delta IL}{V_s - V_a} \dots\dots\dots(2.7)$$

Arus inductor turun secara linier dari I2 ke I1 pada waktu T1

$$-V_a = -L \frac{\Delta I}{t_2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Atau

$$t_2 = \frac{\Delta IL}{V_a} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan $\Delta I = I_2 - I_1$ adalah arus ripple puncak ke puncak inductor L.

$$\Delta I = \frac{(V_s - V_a) t_1}{L} = \frac{V_a t_2}{L} \dots\dots\dots(2.10)$$

Substitusi $t_1 = k T$ dan $t_2 = (1-k) T$ menghasilkan tegangan keluaran rata-rata.

$$V_a = V_s \frac{t_1}{T} = k V_s \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan menganggap bahwa rangkaian tidak mengalami rugi-rugi, $V_s I_s = V_a I_a = k V_s I_a$ dan masukan rata-rata

$$I_s = k I_a \dots\dots\dots(2.12)$$

Periode pensaklaran T dapat dinyatakan

$$T = \frac{1}{f} = t_1 + t_2 = \frac{\Delta IL}{V_s - V_a} + \frac{\Delta IL}{V_a} = \frac{\Delta IL V_s}{V_a + (V_s + V_a)}$$

.....(2.13)

Yang memberikan arus ripple puncak ke puncak

$$\Delta I = \frac{V_s k (1 - k)}{fL} \text{(2.14)}$$

Dengan hukum arus Kirchoff, kita dapat menuliskan arus inductor II

$$I_L = I_C + I_o \text{(2.15)}$$

Bila diasumsikan arus ripple beban i_o sangat kecil dan bisa diabaikan, $i_L = i_c$. Arus kapasitor rata-rata, yang mengalir selama $t_1/2 + t_2/2 = T/2$, adalah

$$I_C = \frac{\Delta I}{4} \text{(2.16)}$$

Tegangan ripple puncak ke puncak kapasitor adalah

$$\Delta V_C = \frac{V_A (V_s - V_A)}{8 LC f^2 V_s} \text{(2.17)}$$

$$\Delta V_C = \frac{V_s k (1 - k)}{8 LC f^2} \text{(2.18)}$$

2.3.1 Design Induktor

Suatu bahan inductor dapat diartikan sebagai “jika sepotong kawat dililit kedalam bentuk coil, dimana induktansi yang terbentuk berlawanan dengan perubahan arus”. Induktor dapat dikatakan “induktor adalah sebuah rangkaian yang menyimpan energi dalam bentuk medan elektromagnetik”. Berdasarkan hukum Faraday, induktansi L boleh diartikan sebagai pembangkitan emf yang berlawanan dengan arus yang diberikan dari sumber.

Induktansi Toroid

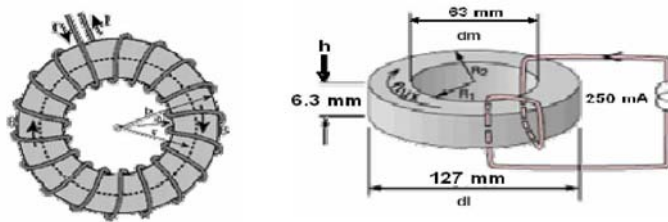
Menemukan medan magnet didalam toroid adalah contoh bagus dari hukum ampere. Arus diwakilkan oleh garis putus-putus adalah banyaknya arus mengalir pada tiap loop. Kemudian Hukum ampere menentukan medan magnet pada garis tengah toroid sebagai berikut:

$$B2\pi r = \nu NI \dots\dots\dots(2.19)$$

Atau

$$B = \frac{\nu NI}{2\pi r} \dots\dots\dots(2.20)$$

Bentuk fisik dari induktor dengan inti toroid ditunjukkan pada Gambar 2.6



Gambar 2.5 Bentuk Fisik Toroid

Induktansi dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada coil kawat. Penerapan hukum faraday untuk menghitung tegangan induksi untuk bentuk toroid².

$$L = \frac{\nu N^2 A}{2\pi r} \dots\dots\dots(2.21)$$

r= jari –jari toroid dari garis tengah

A = luas penampang

^{2 2} Heres Deny Wasito, Sepeda Statis Sebagai Pembangkit Energi Untuk Peralatan Rumah Tangga, Tugas Akhir Elektro Industri-EEPIS, 2007

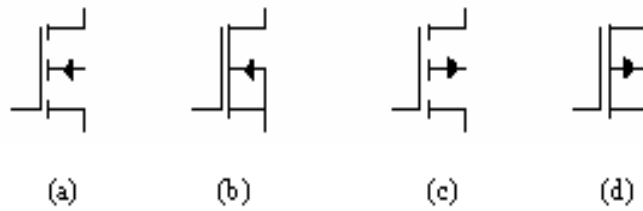
2.3.2 Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor (MOSFET)

Dalam JFET, besar keefektifan pada channel dikontrol oleh medan listrik yang diberikan ke channel melalui P-N junction. Bentuk lain dari piranti pengaruh medan dicapai dengan penggunaan bahan elektroda gate yang dipisahkan oleh lapisan oxide dari channel semikonduktor. Pengaturan metal oxide semikonduktor (MOS) memungkinkan karakteristik channel dikontrol oleh medan listrik dengan memberikan tegangan diantara gate dan body semikonduktor dan pemindahan melalui lapisan oxide. Seperti halnya piranti yang disebut dengan MOSFET atau MOS Transistor. Hal ini penting digaris bawahi dengan kenyataan bahwa IC lebih banyak dibuat dengan piranti MOS dari pada jenis piranti semikonduktor lain.

Ada dua tipe MOSFET. Depleksi MOSFET mempunyai tingkah laku yang sama dengan JFET pada saat tegangan gate nol dan tegangan drain tetap, arus akan maksimum dan kemudian menurun dengan diberikan potensial gate dengan polaritas yang benar (piranti normally on). Jenis yang lain dari piranti ini disebut dengan Enhancement MOSFET yang menunjukkan tidak ada arus pada saat tegangan gate nol dan besar arus keluaran besar dengan bertambah besar potensial gate (normally off). Kedua tipe dapat berada dalam salah satu jenis channel P atau N.

2.3.3 Simbol rangkaian mosfet

Terdapat 4 simbol yang digunakan untuk MOSFET yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 Simbol-simbol pada Gambar (a) dan (b) merupakan Mosfet tipe N yang digunakan untuk enhancement dan depletion device. Simbol pada Gambar (c) dan (d) merupakan Mosfet tipe P yang digunakan pada mode enhancement dan depletion device.

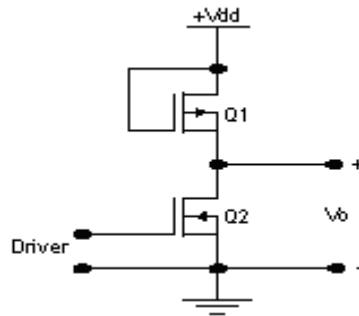


Gambar 2.6 Simbol MOSFET .

Pengertian positif untuk semua terminal arus menuju ke dalam piranti. Kemudian mosfet chanel N, I_d adalah positif dan I_s adalah negatif. Ketika $I_d = I_s$, I_g sebenarnya berharga nol. Tegangan drop diantara drain dan source didesain oleh V_{ds} , V_{gs} digunakan untuk menunjukkan tegangan drop dari gate ke source. Untuk mosfet channel P digunakan dengan arah reverse. Terminal arus dan terminal tegangan adalah negatif sebanding dengan kualitas mosfet channel N. Source dan substrate dihubungkan singkatkan di dalam mosfet channel P yang standard.

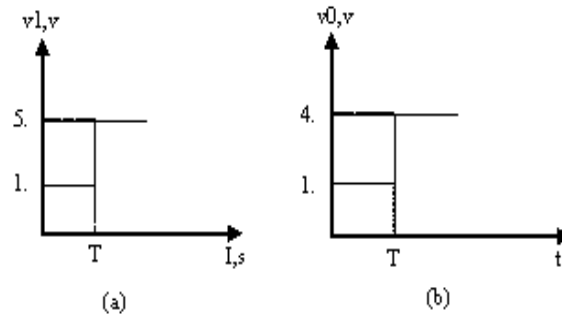
2.3.4 Mosfet sebagai switch

Mosfet digunakan secara ekstensif dalam rangkaian digital, piranti ini memiliki karakteristik switch. Rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 menunjukkan pengoperasian switch pengendali.



Gambar 2.7 Rangkaian switch pengendali.

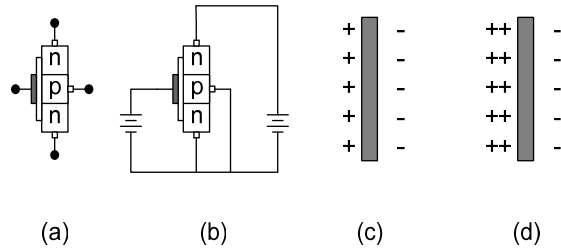
Bentuk gelombang tegangan masukan dan keluaran pada Gambar 2.8(a). adalah seperti terlihat pada Gambar 2.8(b). Untuk $t < T$, tegangan input 1,5 Volt, kemudian karakteristik $V_0 - V_1$ dapat diketahui bahwa $V_0 = 4$ Volt. Arus pada rangkaian I_{D1} adalah nol. Karakteristik switch open ini seperti tegangan yang melewati switch cukup besar, sedangkan arus adalah nol. Untuk $t > T$, tegangan masukan adalah 5 Volt, $V_0 = 1,5$ Volt dan $I_{D1} = 250 \mu A$.



Gambar 2.8
Bentuk gelombang tegangan masukan dan keluaran.

2.3.5 Karakteristik mosfet

Mosfet adalah semikonduktor FET oksida logam yang mempunyai sumber, gerbang dan penguras. Akan tetapi berbeda dengan JFET, gerbang mosfet diisolasikan dengan saluran. Maka arus gerbang sangat kecil, untuk gerbang positif atau negatif. Mosfet yang sangat penting dalam rangkaian-rangkaian digital dikenal dengan Mosfet jenis pengisian pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 MOSFET jenis pengisian.

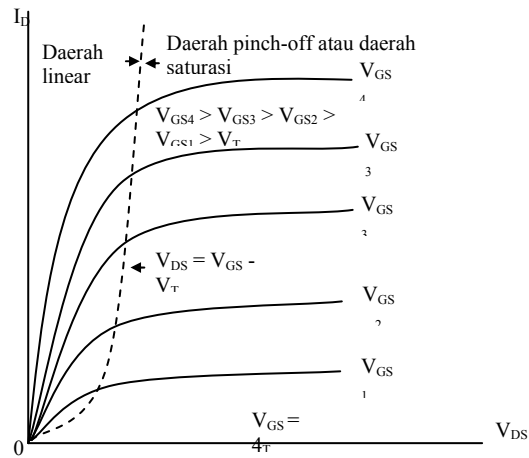
- (a) Struktur
- (b) Prategangan normal
- (c) Pembentukan ion negatif
- (d) Pembentukan lapisan inversi tipe-n

Untuk memperoleh arus penguras, harus menerapkan tegangan yang cukup positif pada gerbang. Gerbang bekerja sebagai sebuah pelat kapasitor, dioksida silikon bekerja sebagai bahan dielektrik dan substrat-p sebagai pelat kapasitor yang lain.

Lapisan elektron bebas yang terbentuk berdampirkan dengan dioksida silikon. Lapisan ini tidak bekerja sebagai suatu semikonduktor tipe-p melainkan nampak sebagai konduktor tipe-n disebabkan oleh elektron-elektron bebas yang diimbis. Maka lapisan bahan p yang bersinggungan dengan dioksida silikon disebut sebuah lapisan inversi tipe-n. Tegangan gerbang sumber minimum yang menghasilkan lapisan inversi tipe-n disebut tegangan ambang (threshold voltage) dinyatakan dengan V_{gs} . Apabila tegangan gerbang kurang dari tegangan ambang, tidak ada arus yang mengalir dari sumber ke penguras. Tetapi apabila tegangan gerbang lebih besar dari tegangan ambang, lapisan inversi tipe-n menghubungkan sumber ke penguras dan diperoleh arus.

Tegangan ambang tergantung pada tipe khusus dari mosfet. Untuk mosfet IRFP460 tegangan ambangnya 2v – 6v. Gambar 2.10 memperlihatkan suatu kumpulan dari kurva-kurva penguras mosfet jenis pengisian. Lengkungan yang paling bawah adalah kurva V_{gs} . Apabila V_{ds} kurang dari V_{gs} , arus penguras secara ideal sama dengan nol dan mosfet berada pada

keadaan tertentu. Apabila V_{ds} lebih besar dari V_{gs} arus penguras muncul³.



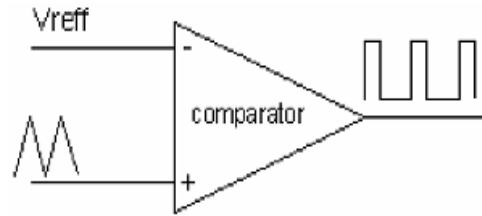
Gambar 2.10 Karakteristik keluaran MOSFET tipe enhancement

2.4 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan pulsa yang mempunyai lebar pulsa (duty cycle) yang dapat diubah-ubah. Pada Gambar 2.11 merupakan proses pembuatan PWM yang terdiri dari gelombang segitiga, tegangan referensi dan komparator. Komparator merupakan piranti yang digunakan untuk membandingkan dua buah sinyal masukan. Dua sinyal masukan yang dibandingkan adalah gelombang segitiga dengan tegangan referensi yaitu tegangan DC.

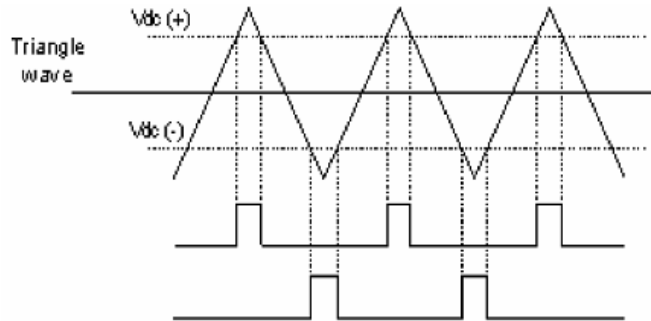
³ Heres Deny Wasito, Sepeda Statis Sebagai Pembangkit Energi Untuk Peralatan Rumah

Tangga, Tugas Akhir Elektro Industri-EEPIS, 2007



Gambar 2.11 Rangkaian PWM

Pada Gambar 2.12 adalah hasil perbandingan gelombang segitiga dengan tegangan DC yang menghasilkan gelombang kotak dengan lebar pulsa yang dapat diatur. Pengaturan lebar pulsa dapat dilakukan dengan cara mengubah nilai tegangan DC referensi.

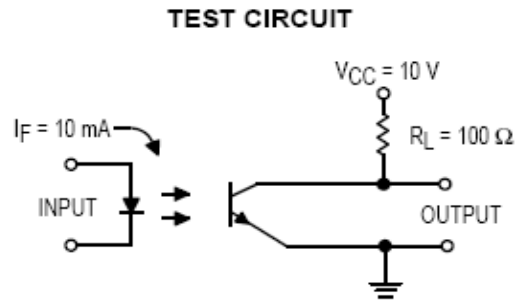


Gambar 2.12 Gelombang Pulsa Keluaran PWM

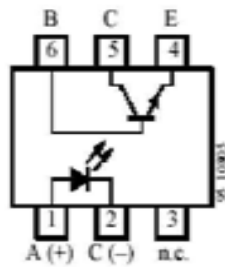
Apabila menginginkan gelombang kotak yang mempunyai waktu ON dan OFF berkebalikan maka diperlukan tegangan DC referensi yang negatif. Untuk memperoleh tegangan DC negatif adalah dengan memasukkan tegangan DC positif ke rangkaian pembalik (inverting)

2.5 Optocoupler

Rangkaian Optocoupler pada Gambar 2.13 berfungsi sebagai pemisah rangkaian pembangkit pulsa pada sisi masukan dengan rangkaian keluaran. Sehingga jika terjadi gangguan pada rangkaian keluaran tidak berpengaruh pada rangkaian pembangkit pulsa. Tipe IC 4N25 juga dapat digantikan dengan tipe IC 4N26 yang juga memiliki fungsi dan kaki-kaki yang sama dengan tipe IC 4N25. Sedangkan pada Gambar 2.14 merupakan gambar PIN dari kaki IC 4N25.



Gambar 2.13 Rangkaian Optocoupler



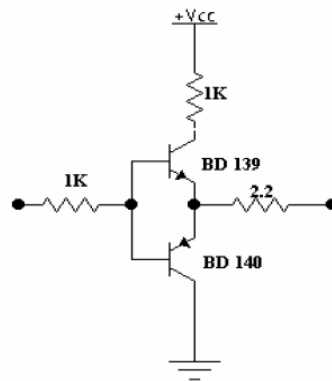
Gambar 2.14 PIN 4N25

Untuk rangkaian optocoupler supply tegangan harus beda antara masukan dan keluaran rangkaian, sehingga mempunyai supply tegangan sendiri. Sedangkan untuk ground pada kaki nomor 2 dan ground pada kaki nomor 4 harus dipisahkan. Hal-hal tersebut dimaksudkan agar fungsi Optocoupler sebagai isolator elektrik dapat berfungsi. Karena pulsa yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa hanya satu maka optocoupler yang dibutuhkan juga hanya satu.

2.6 Totempole

Dalam mendesain suatu rangkaian elektronika daya harus memperhatikan *power losses* yang ditimbulkan oleh *switching* elektronik (*electronic switching*). *Switch losses* ini terjadi karena adanya perubahan dari kondisi *low* ke kondisi *high* secara cepat oleh karena itu maka di buatlah rangkaian yang mengurangi *power losses* yaitu totempole.

Drive circuit MOSFET harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada *switching* frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat cocok untuk digunakan sebagai *drive circuit* pada MOSFET adalah "Totem-Pole", yang terdiri dari transistor NPN BD 139 dan transistor PNP BD 140. Rangkaian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 2.15 di bawah ini.

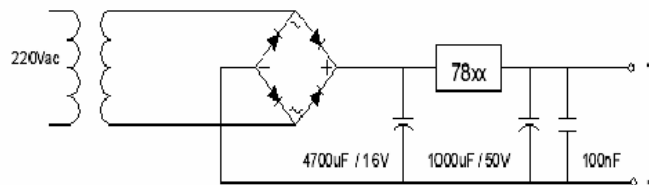


Gambar 2.15 Rangkaian totempole

2.7 Rangkaian Supply

2.7.1 PENDAHULUAN

Power supply merupakan hal terpenting dari sebuah system kelistrikan. Semua peralatan yang harus disuplai dengan tenaga listrik tidak bisa lepas dari power supply, seperti; laptop, LCD, TV, home teater dan juga PROYEK AKHIR yang kita buat, karena semua peralatan itu tidak akan bisa tanpa adanya supply power yang cukup dan sesuai dengan kebutuhannya. Apabila suatu alat disuplai dengan power yang lebih atau kurang dari ketentuan power yang dibutuhkan maka peralatan itu akan rusak. Oleh karena itu sangat penting sekali diperhatikan berapa power yang dibutuhkan dari suatu alat, jangan sampai lebih atau kurang dari ketentuan alat tersebut. Power supply terdiri dari catu daya AC dan Catu daya DC,



Gambar 2.16 Rangkaian Power Supply

Rangkaian power supply yang digunakan untuk memberi supply tegangan mikrokontroler harus stabil dan mempunyai arus yang cukup untuk mensuplai mikrokontroler sehingga tidak terjadi drop tegangan saat mikrokontroler dioperasikan.

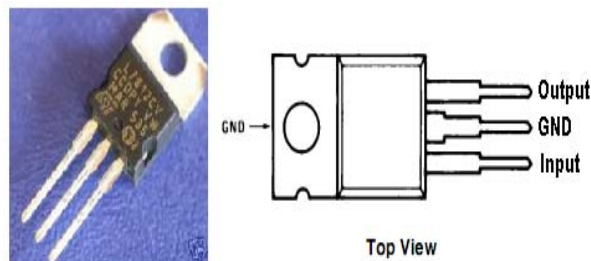
Gambar 2.16 di atas merupakan rangkaian untuk Power Supply yang bertugas untuk menyediakan tegangan bagi semua piranti hardware/ rangkaian elektronika. Dalam tugas akhir ini supply yang dibutuhkan adalah 24V, 12V dan 5V yang mana masing-masing ketiga nilai tersebut diberikan oleh satu buah trafo yaitu trafo 3A beserta baterai 12V.

Adapun untuk rangkaian mikrokontroler diberikan supply sebesar 5 Volt tersendiri oleh baterai 12V yang telah

melalui rangkaian bridgedioda, hal ini dikarenakan mikrokontroller membutuhkan tegangan 5V yang cukup stabil didalam proses pembangkitan frekwensi clock karena ketidakstabilan dari rangkaian ini akan menurunkan performa mikrokontroller dan rangkaian secara keseluruhan, yang mana imbasnya akan juga mengurangi performadari robot, disamping itu supply 5V ini juga dibutuhkan oleh rangkaian yang lain seperti rangkaian optocoupler yang manarangkaian ini digunakan untuk menjaga supaya mikrokontroller tidak rusak akibat dari imbas dari rangkaian driver motor dan untuk mendrive rangkaian driver motor dc.

Untuk mencatu seluruh rangkaian diperlukan sebuah catu daya (power supply) dengan kestabilan yang tinggi menggunakan komponen utama IC regulator LM 7812 dan kapasitor C sebagai filter.

Dalam IC LM 7812 ditentukan $V_{min} = 2,5$ volt maka *input* yang dibutuhkan minimal 15 volt supaya saat pembebanan maksimal, keluarannya stabil pada tegangan 12 volt. Hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan IC ini adalah selisih minimum antara tegangan masukan dengan tegangan keluaran adalah 2,5 volt. Berikut ini merupakan bentuk fisik dari IC LM 7812 yang dapat dilihat pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 IC Regulator 7812

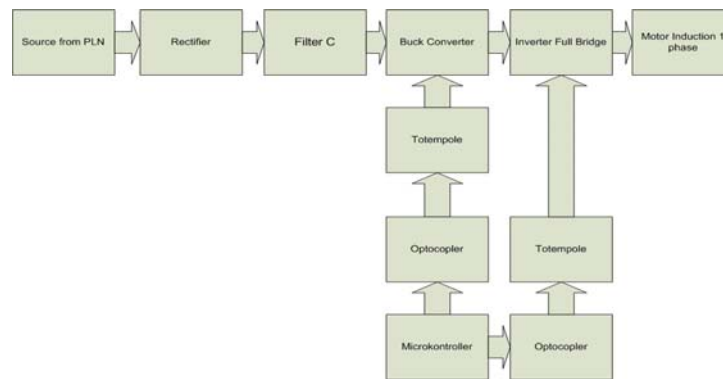
HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

Bab 3

Perancangan dan Pembuatan Sistem

3.1 Konfigurasi Sistem

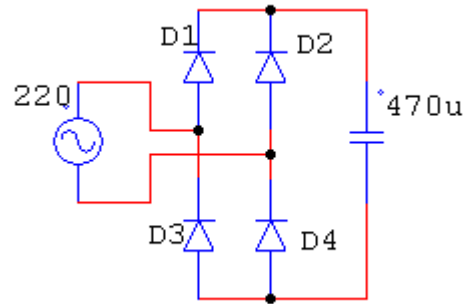
Blok diagram secara keseluruhan dari sistem ditunjukkan ditunjukkan pada Gambar 3.1 dimana PLN mensupply rectifier (penyearah) kemudian tegangan keluaran rectifier masuk ke dalam konverter buck setelah itu hasil dari buck dikontrol lewat mikrokontroller dan hasilnya masuk ke inverter.



Gambar 3.1 Block Diagram System

3.2 Perencanaan dan Pembuatan Rangkaian penyearah

Rangkaian Rectifier digunakan untuk menyearahkan tegangan AC menjadi tegangan DC yang mana dilengkapi dengan kapasitor yang berfungsi sebagai filter. Filter tersebut berfungsi untuk mengurangi ripple agar output keluarannya mendekati dc murni . Pada Proyek akhir ini akan dibuat dan dirancang sebuah rangkaian penyearah sebagai penyearah tegangan sumber. Yang dapat dilihat pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Rangkaian Penyearah 1 phase

Diberi tegangan dari sumber ac sebesar 220 v sehingga didapatkan tegangan dc sebesar 198 v dan kemudian di filter dengan menggunakan kapasitor sehingga menghasilkan tegangan 308 v. berikut ini perhitungan dari rectifier :

$$\begin{aligned} V_o &= 0,636 * V_m \\ &= 0,636 * 311 \\ &= 198 \text{ V} \end{aligned}$$

Jika diinginkan Ripple Factor < 1% dengan menggunakan beban motor induksi 1 fase yang memiliki daya 0,4 Kw, maka kapasitornya bernilai :

$$\begin{aligned} R &= \frac{V^2}{W} = \frac{220^2}{400} = 121 \Omega \\ C &= \frac{1}{4 * f * R} * \left(\frac{1}{\sqrt{2} * RF} + 1 \right) \\ &= \frac{1}{4 * 50 * 121} * \left(\frac{1}{\sqrt{2} * 0,01} + 1 \right) \\ &= \frac{1}{24200} * (71,42 + 1) = 299,2 \mu\text{F} \end{aligned}$$

Maka output DCnya setelah lewat Filter C

$$\begin{aligned}
 V_{dc} &= V_n - \frac{V_m}{4 frc} \\
 &= 311 - \frac{311}{4 * 50 * 121 * 4700 * 10^{-6}} \\
 &= 311 - \frac{311}{113,74} \\
 &= 308 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Jika dengan Ripple Factor (RF) 1% , maka didapatkan nilai capasitor sebesar 299,2 uF oleh karena itu dalam perencanaan dan pembuatan penyearah akan menggunakan Kapasitor 4700uF sehingga didapatkan Ripple Factor (RF) untuk beban motor induksi 1 phase 0,4 Kw.

Mencari ripple factor :

$$\begin{aligned}
 RF &= \frac{1}{\sqrt{2} * (4 * F * R * C - 1)} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2} * (4 * 50 * 4700 * 10^{-6} * 121 - 1)} \\
 &= \frac{1}{\sqrt{2} * 112,74} \\
 &= 0,006 \\
 &= 0,6\%
 \end{aligned}$$

3.3 Perencanaan dan Pembuatan Konverter Buck

3.3.1 Disien Konverter Buck

Data parameter untuk mendesign Konverter buck diantaranya sebagai berikut :

$$V_o = 222,22 \text{ V}$$

$$V_{in} = 307 \text{ V}$$

Menentukan Duty cycle :

$$D = \frac{V_o}{V_{IN}}$$

$$D = \frac{222,22}{307}$$

$$D = 0,72$$

Menentukan ripple arus pada induktor :

$$\begin{aligned} \Delta IL &= 10\% - 40\% \\ &= 0,1 * 2 = 0,2 \text{ A} \end{aligned}$$

Menentukan nilai Induktor :

$$\begin{aligned} L &= \frac{1}{F} * (V_d - V_o) * \frac{V_o}{V_d} * \frac{1}{\Delta IL} \\ &= \frac{1}{25 * 10^3} * (307 - 222,22) * 0,72 * \frac{1}{0,2} \\ &= 12 \text{ mH} \end{aligned}$$

Menentukan ripple tegangan :

$$\begin{aligned} r &= \frac{\Delta V_o}{V_o} \\ 0,001 &= \frac{\Delta V_o}{222,22} = 0,22222 \end{aligned}$$

Menentukan nilai pada kapasitor:

$$\Delta V_o = \frac{\Delta IL}{8FC} = \frac{0,2}{8 * C * 25 * 10^3}$$

$$0,22222 = \frac{0,2}{200000 * C}$$

$$44444 C = 0,2$$

$$C = \frac{0,2}{44444} = 4,5 \mu F$$

$$F = 25 \text{ KHz}$$

$$T = \frac{1}{25 * 10^3} = 40 \mu s$$

$$T_{on} = 0,72 * 40 \mu s = 28,8 \mu s$$

$$T_{off} = 40 - 28,8 = 11,2 \mu s$$

3.3.2 Disien Induktor

Untuk mendesign induktor dengan menggunakan jenis toroid dapat diikuti dengan prosedur :

Data ukuran Toroid :

Diameter luar = 5,8 cm

Diameter dalam = 3,8 cm

Tebal = 1,1 cm

Permeabilitas = 750

Untuk nilai jari – jari (r) dan cross sectional area

$$\begin{aligned} A_c &= h \frac{dl - dm}{2} \\ &= 1,1 \frac{5,8 - 3,8}{2} \\ &= 1,1 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \ell &= \frac{dm + dl}{2} \\ &= \frac{3,8 + 5,8}{2} \\ &= 4,8 \text{ cm} \end{aligned}$$

Untuk nilai permeabilitasnya (μ_r)

$$\begin{aligned} u &= \mu_r * \mu_0 \\ &= 750 * 4 \pi * 10^{-7} \\ &= 9,42 * 10^{-4} \text{ H/M} \end{aligned}$$

Sehingga dengan nilai $L = 12 \text{ mH}$ dibutuhkan lilitan (N)

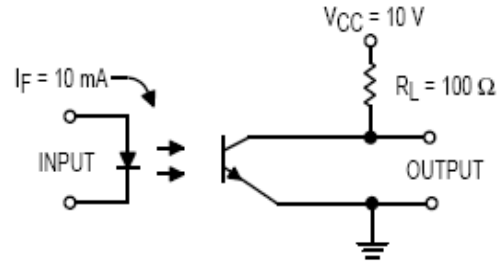
$$\begin{aligned} N &= \sqrt{\frac{L * \ell}{\mu * A}} \\ &= \sqrt{\frac{12 * 10^{-3} * 4,8 * 10^{-3}}{9,42 * 10^{-3} * 1,1 * 10^{-4}}} \\ &= 23,57 \end{aligned}$$

,sehingga lilitan yang dbutuhkan untuk memperoleh induktor 12 mH adalah 24 lilitan

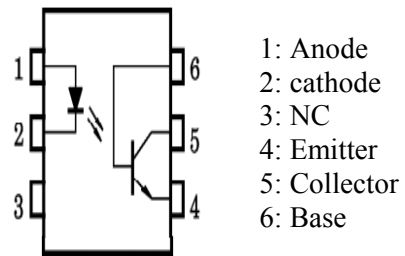
3.4 Perencanaan dan Pembuatan Optocoupler

Rangkaian Optocoupler pada Gambar 3.3 berfungsi sebagai pemisah rangkaian pembangkit pulsa pada sisi masukan dengan rangkaian keluaran. Sehingga jika terjadi gangguan pada rangkaian keluaran tidak berpengaruh pada rangkaian pembangkit pulsa. Pada Gambar 3.4 merupakan konfigurasi PIN Tipe IC 4N25, IC ini juga dapat digantikan dengan tipe IC 4N26 yang juga memiliki fungsi dan kaki-kaki yang sama dengan tipe IC 4N25, sedangkan pada Gambar 3.5 merupakan bentuk fisik dari tipe IC 4N25, sedangkan pada komponen yang dibutuhkan dalam membuat optocoupler dapat dilihat pada Tabel 3.1

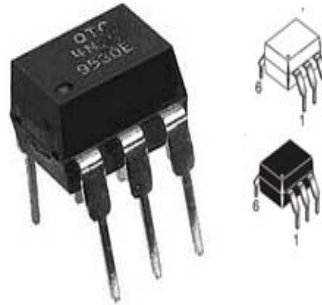
TEST CIRCUIT



Gambar 3.3 Rangkaian Dasar Optocoupler



Gambar 3.4 Pin Konfigurasi 4N25



Gambar 3.5 White Package and Black Package

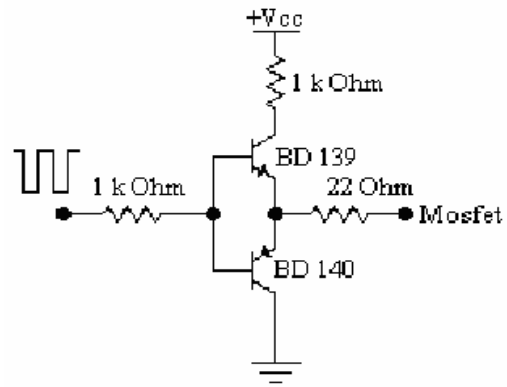
Tabel 3.1 Komponen Optocoupler

No	Komponen	Jumlah
1	IC 4N25	1
2	R = 220 ohm	1
3	R = 2.2K ohm	1

Untuk rangkaian optocoupler supply tegangan harus beda antara masukan dan keluaran rangkaian, sehingga mempunyai supply tegangan sendiri. Sedangkan untuk ground pada kaki nomor 2 dan ground pada kaki nomor 4 harus dipisahkan. Hal-hal tersebut dimaksudkan agar fungsi Optocoupler sebagai isolator elektrik dapat berfungsi. Karena pulsa yang dihasilkan oleh pembangkit pulsa hanya satu maka optocoupler yang dibutuhkan juga hanya satu.

3.5 Penggunaan dan Pembuatan Rangkaian Totempole

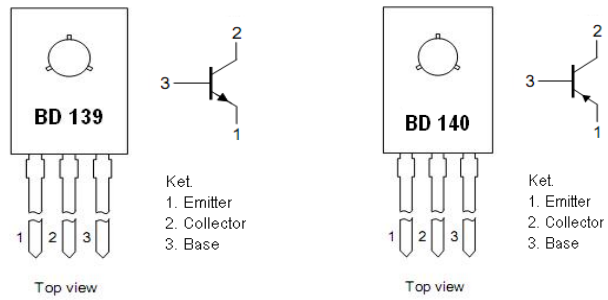
Sudah menjadi hal yang sangat penting untuk dapat mengurangi atau meminimalkan power losses pada switching elektronik (electronic switching) saat kita mendesain suatu rangkaian elektronika daya. Switch losses terjadi karena ada perubahan dari kondisi satu ke kondisi (low) yang lain (high) secara cepat. Drive circuit MOSFET harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada switching frekuensi tinggi. Rangkaian yang sangat cocok untuk digunakan sebagai drive circuit pada MOSFET adalah yang dinamakan “totem-pole”, yang terdiri dari transistor NPN dan PNP. Transistor yang digunakan adalah BD 139 dan BD 140. Rangkaian totempole dapat dilihat pada Gambar 3.6 sedangkan bentuk fisik dari transistor BD 139 dan DB 140 dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan konfigurasi PIN dari DB 139 dan 140 dapat dilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.6 Rangkaian Totempole



Gambar 3.7 Transistor BD 139 dan BD 140



Gambar 3.8 Konfigurasi PIN BD 139 (NPN) dan BD 140 (PNP)

Tabel 3.2 Komponen Totempole

No	Komponen	Jumlah
1	Transistor BD 139	1
2	Transistor BD 140	1
3	R = 1K ohm	2
4	R = 22 ohm	1

Bab 4

Analisa dan Pengujian

4.1. Pendahuluan

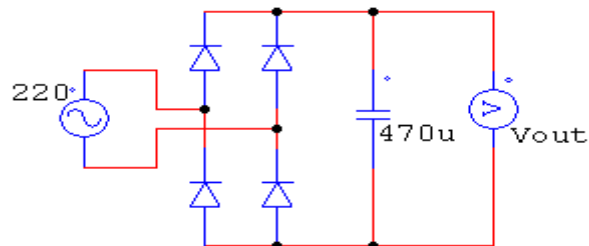
Metode pengujian dari proyek akhir dimulai dari pengujian yang dilakukan pada tiap- tiap bagian dari blok sistem yang telah dirancang dan dibuat. Pada masing – masing blok yang telah dibuat dapat dan diuji. Kemudian dilakukan penggabungan dari semua blok sehingga kita dapat melihat hasil secara akurat dan juga pengujian dapat berjalan dengan bertahap dan akurat

Pengujian yang dilakukan pada bab ini antara lain:

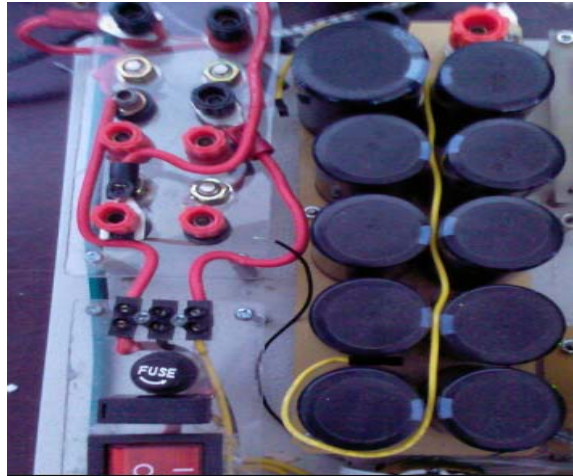
1. Pengujian Rangkaian Penyearah
2. Pengujian Rangkaian Penyearah dan filter C
3. Pengujian Rangkaian Optocoupler dan totempole
4. Pengujian Rangkaian Konverter buck

4.2 Pengujian Rangkaian Rectifier dan Filter C

Pengujian dilakukan mulai dari pengecekan terhadap setiap rangkaian yang telah dibuat apakah sudah sesuai dengan gambar rangkaian yang dimaksud atau belum. Kabel, PCB, serta penyolderan juga perlu dicek ulang apakah sudah terpasang dengan tepat dan juga mungkin dalam penyoderannya terdapat shot circuit sehingga dapat membahayakan rangkaian.



Gambar 4.1 Rangkaian rectifier



Gambar 4.2 Rangkaian penyearah pada Hardware

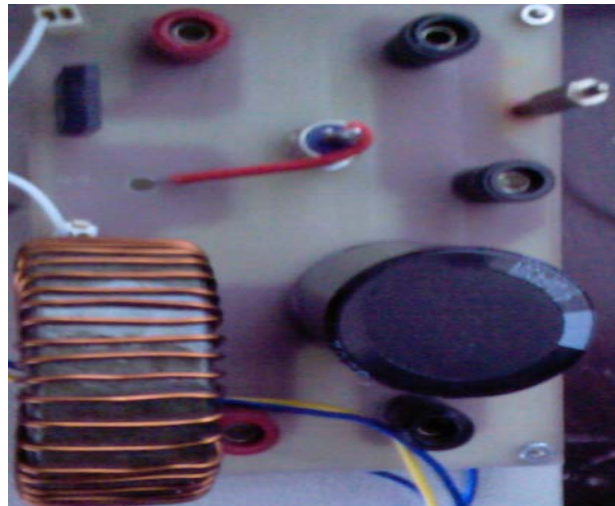
Pada perencanaan dan pembuatan rectifier dan filter C dimana rectifier tersebut menggunakan 4 buah diode power sedangkan pada filter C menggunakan 10 Kapasitor dengan nilai $C = 470\mu\text{F}$. Pada penggunaan Filter C yang mempergunakan 10 buah kapasitor difungsikan untuk mengurangi ripple pada gelombang output sehingga tegangan keluaran mendekati gelombang DC murni

4.3 Pengujian dan Analisa Konverter Buck

Pengujian konverter buck ini dilakukan untuk mengetahui perubahan penyulutan dari mosfet terhadap tegangan output yang dihasilkan. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan tegangan di drain mosfet sebagai sumber dan disulut dengan pwm pada gate mosfet, maka akan dihasilkan tegangan output yang bervariasi sesuai duty cycle pada pwm. Dengan menggunakan pulsa penyulut seperti Gambar 4.3 maka output tegangan dari rangkaian chopper akan dihasilkan, dengan nilai $\text{time/div} = 10 \text{ ms}$ dan $\text{volt/div} = 5 \text{ ms}$. Maka rangkaian konverter buck dapat dilihat pada gambar Gambar 4.4 dengan setelah melakukan pengukuran maka hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 4.1 dimana beban yang digunakan dalam pengukuran adalah beban lampu 100 W.



Gambar 4.3 Sinyal Penyulut Chopper



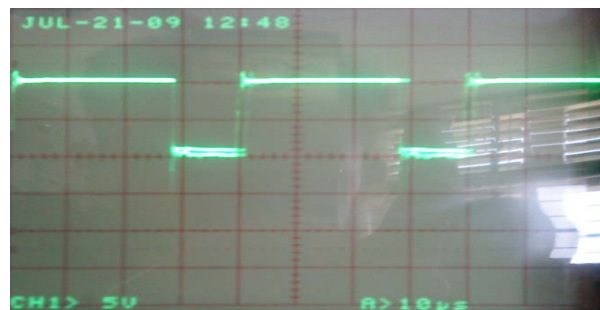
Gambar 4.4 Rangkaian Konverter Buck

Tabel 4.1 Pengukuran Data pengujian frekuensi tetap vrms output inverter variabel dengan beban lampu 100W.

Pin (w)	Vin buck (Vdc)	Vout buck (Vdc)	D	I out (A)	V out inverter (Vac)	Pout (w)
20	90	65	75	0,238	52	17,5
17,5	90	62	70	0,23	60	16,5
17	90	58	66	0,22	55	15,5
15	90	53	60	0,21	50	13,5
13	90	48,2	55	0,2	45	12
12	90	44,2	50	0,195	42	11
11,5	90	41	45	0,183	39	10
9,5	90	37,5	40	0,18	35	9
7,5	90	32,5	35	0,17	31	7,5
7	90	28,5	30	0,16	28	7

Pada waktu melakukan pengujian dan pengukuran rangkaian konverter buck maka dapat diperoleh hasil data dan dapat dilihat pada Tabel 4.2. yang mana pada waktu pengujian input dinaikkan secara bertahap dengan nilai input awal 20V. saat input 60 V motor berjalan sangat pelan setelah di naikkan secara bertahap maka motor berputar lebih cepat dan juga diperoleh efisiensi dayanya yang dapat dilihat pada Tabel 4.3

Berikut ini adalah bentuk gelombang Konverter buck saat dibebani motor 0,4 kW dan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Output gelombang buck saat beban lampu

Tabel 4.2 Hasil pengujian frekuensi tetap dutycycle berubah

Pin (w)	Vin buck (Vdc)	Vout buck (Vdc)	D	V out inverter (Vac)	Pout (w)	F (Hz)	I out (A)
20,5	100	74	0,78	72	15,5	50	0,23
17,5	100	68	0,7	66	12,5	50	0,22
15,5	100	63	0,65	61	11	50	0,2
11,5	100	57	0,6	57	9,5	50	0,18
11	100	54	0,55	52	8,5	50	0,17
10,5	100	50	0,5	48	6,5	50	0,16

Tabel 4.3 Data efisiensi saat frekuensi tetap dutycycle berubah

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
20.5	15.5	75.61
17.5	12.5	71.43
15.5	11	70.97
11.5	9.5	82.61
11	8.5	77.27
10.5	6.5	61.9

Pada waktu pengujian dan pengukuran rangkaian Konverter buck dengan beban motor induksi yang memiliki daya 125 W dengan frekuensi inverter tetap 50 Hz yang dutycycle buck variabel yang menghasilkan data yang dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan juga diperoleh efisiensi daya pada Tabel 4.5

Tabel 4.4 Pengukuran buck keseluruhan dengan beban Motor

Pin (w)	Vin buck (Vdc)	Vout buck (Vdc)	D	V out inverter (Vac)	Pout (w)	I out (A)	Rpm
85	215	150	0,73	150	72,5	0,5	2035
80	215	159	0,72	149	70	0,48	2021
80	214	148	0,71	146	68,5	0,47	1980
80	214	146	0,7	145	67,5	0,46	1967

Tabel 4.5 Efisiensi daya saat frekuensi tetap dan dutycycle berubah dengan beban motor 125W

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
80	72.5	90.63
80	70	87.5
80	68.5	85.63
80	67.5	84.38

Pada pengujian keseluruhan dimana frekuensi pada inverter dan dutycycle pada Konverter buck menjadi variabel. Pengujian terdiri dari tiga pengkondisian yaitu frekuensi inverter tetap duty cycle konverter buck berubah, dutycycle konverter buck tetap frekuensi inverter berubah dan frekuensi inverter dan dutycycle tetap sedang pada motor berbeban.

Berikut ini pengujian alat dengan frekuensi inverter tetap dutycycle konverter buck berubah yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 hasil pengujian frekuensi inverter tetap dutycycle konverter buck berubah

Pin (w)	Vin buck (Vdc)	Vout buck (Vdc)	D	V out inverter (Vac)	Pout (w)	F (Hz)	I out (A)
57,5	70	30	0,75	38	40	50	1,55
52,5	70	28	0,7	32	35	50	1,4
45	70	26	0,65	30	30	50	1,15
37,5	70	24	0,6	28	25	50	1,1
32,5	70	21,9	0,55	24	20	50	1
27,5	70	20	0,5	22	17,5	50	0,79
22,5	70	18,2	0,45	21	15	50	0,6
20	70	17	0,4	19	13	50	0,39
15	70	15	0,35	17	10	50	0,2
12,5	70	14	0,3	15	9,5	50	0,15
7,5	70	13	0,25	12	5,5	50	0,08

Dari data pengujian tersebut terjadi rugi daya antara input dengan output. Berikut ini adalah data presentase efisiensi pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Efisiensi daya

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
57,5	40	69,57
52,5	35	66,67
45	30	66,67
37,5	25	66,67
32,5	20	61,54
27,5	17,5	63,64
22,5	15	66,67
20	13	65
15	10	66,67
12,5	9,5	76
7,5	5,5	73,33

Berikut ini adalah pengujian kedua yang mana Percobaan dutycycle tetap konverter buck dengan frekuensi inverter berubah,

dan diperoleh data hasil uji pada Tabel 4.8 dan efisiensi dayanya pada Tabel 4.9.

Tabel 4.8 Percobaan dutycycle tetap konverter buck dengan frekuensi inverter berubah

Pin (w)	Vin buck (Vdc)	Vout buck (Vdc)	I out buck (A)	V out inverter (Vac)	Pout (w)	F (Hz)	rpm
37,5	65	28	1,35	29	35	50	407
37,5	65	28	1,39	29,2	35	49	466
37,5	65	28	1,39	29,2	36	48	585
36	65	28	1,34	29	34,5	47	1054
35,5	65	28	1,32	29,2	34,5	46	1070
35	65	28	1,31	29	34	45	1088

Tabel 4.9 Efisiensi daya

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
37,5	35	93,33
37,5	35	93,33
37,5	36	96
36	34,5	95,83
35,5	34,5	91,18
35	34	97,14

Pada pengujian selanjutnya dimana dutycycle buck tetap frekuensi inverter tetap dengan memberi beban pada motor. Berikut ini adalah data hasil pengujian dengan motor berbeban pada Tabel 4.10:

Tabel 4.10 dutycycle buck tetap frekuensi inverter tetap dengan memberi beban pada motor

Pin (w)	Vin buck	V out buck	V out inverter	P out (w)	F (Hz)	I out (A)	load (kg)	I beban (A)	T_ beb
37,5	65	28	29	32,5	50	1,37	0	0	0
37,5	65	28	29	32,5	50	1,35	0,02	0,1	45,6
37,5	65	28	29	32,5	50	1,35	0,05	0,2	15,1
37,5	65	28	29	32,5	50	1,35	0,1	0,3	1,06

Dari data tersebut didapatkan efisiensi daya tercantum pada Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4.11 Efisiensi daya

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
37,5	32,5	86,67

Berikut ini merupakan hasil pengujian alat dengan beban lampu 100 dengan dutycycle berubah – ubah yang dapat dilihat pada Tabel 4.12 dan kemudian diperoleh efisiensi dayanya dan juga dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Pengukuran beban lampu dengan dutybuck berubah - ubah

Pin	Vin Buck	Vout Buck	Iout	D	Vout Inverter	Pout
20	90	65	0,238	75	62	17,5
17,5	90	62	0,23	70	60	16,5
17	90	58	0,22	65	55	15,5
15	90	53	0,21	60	50	13,5
13	90	48,2	0,2	55	45	12
12	90	44,2	0,195	50	42	11
10,5	90	41	0,183	45	39	10
9,5	90	37,5	0,18	40	35	9
7,5	90	32,5	0,17	35	31	7,5
7	90	28,5	0,16	30	28	7

Tabel 4.13 Efisiensi daya

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
20	17,5	87,5
17,5	16,5	94,2
17	15,5	91
15	13,5	90
13	12	92
12	11	91,6
10,5	10	95
9,5	9	94,7
7,5	7,5	100
7	7	100

Tidak hanya menggunakan beban lampu 100 W. Pada pengujian Rangkaian Konverter Buck kali ini juga menggunakan beban motor yang digunakan pompa air yang mana memiliki daya sekitar 125 W. Percobaan pertama dimana dutycycle dapat diubah ubah sedangkan frequency pada inverter tetap, dan hasil percobaan diatas dapat dilihat pada Tabel 4.14 dan efisiensi dayanya dapat dilihat pada Tabel 4.15

Tabel 4.14 Hasil pengujian f tetap d berubah dengan beban motor 125W

Pin (Watt)	Vinbuck (Vdc)	Voutbuck (Vdc)	D	Vout inverter (Vac)	Pout inverter (Vac)	Iout (A)	rpm
85	215	150	0.73	150	72.5	0.5	2035
80	215	159	0.72	149	70	0.48	2021
80	214	148	0.71	146	68.5	0.47	1980
80	214	146	0.7	145	67.5	0.46	1967

Tabel 4.15 Data efisiensi daya saat f tetap d berubah

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
80	72.5	90.63
80	70	87.5
80	68.5	85.63
80	67.5	84.38

Sedangkan pada percobaan kedua dimana dilakukan pengujian konverter buck dengan frekuensi pada inverter dapat dirubah sedangkan duty cycle pada buck tetap, dan hasil percobaan dapat dilihat pada pada Tabel 4.16 dan efisiensi dayanya dapat dilihat pada Tabel 4.17

Tabel 4.16 Data pengujian saat dutycycle tetap frekuensi berubah

Pin (W)	Vinbuck (Vdc)	Voutbuck (Vdc)	Ioutbuck (A)	Vout Inverter (Vac)	Pout (W)	f (Hz)	Rpm
170	305	220	0.76	219	162.5	50	2985
175	305	220	0.78	219	164.5	49	2925
177.5	305	220	0.79	219	167.5	48	2865
182.5	305	220	0.81	219	172.5	47	2805

Tabel 4.17 Data efisiensi saat dutycycle tetap frekuensi berubah

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
170	162.5	95.59
175	164.5	94
177.5	167.5	94.37
182.5	172.5	94.52

Pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan beban resistif yang dapat divariabel dimana frekuensi inverter =50Hz dan dutycycle konverter buck tetap yaitu 0.72. Berikut ini data hasil percobaan yang dapat dilihat pada Tabel 4.18 sedangkan efisiensinya dapat dilihat pada Tabel 4.19

Tabel 4.18 Data pengujian saat d tetap f tetap dengan menggunakan beban resistif variabel

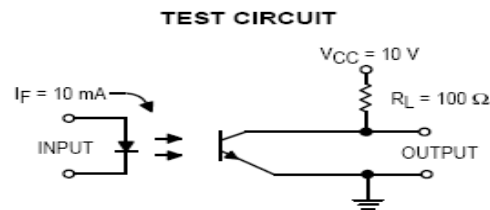
Vinbuck (Vdc)	Voutbuck (Vdc)	Iout (A)	Pin inverter (Watt)	P out inverter (w)	Vout inverter (V ac)	R (Ohm)
143	101	0,19	20,5	20,5	100	596
143	101	0,2	20,75	20,75	100	550
143	101	0,21	21,5	21	100	500
143	101	0,23	25	24,5	100	450
143	101	0,26	27,5	27	100	400
143	101	0,3	32	31	100	350
143	101	0,36	37,5	37	100	300
143	101	0,43	44,5	43,5	100	250
143	101	0,52	54	53	100	200
143	101	0,68	70,5	69,5	100	150
143	101	1,04	105	100	100	100
143	101	1,44	146	140	100	75
143	101	1,45	147,5	141	100	70
143	101	1,58	160	152,5	100	95
143	101	1,72	172,5	164	100	60

Tabel 4.19 Efisiensi daya

Pin(W)	Pout(W)	efisiensi(%)
20.5	20.5	100
20.75	20.75	100
21.5	21	97.67
25	24.5	98
27.5	27	98.18
32	31	96.88
37.5	37	98.67
44.5	43.5	97.75
54	53	98.15
70.5	69.5	98.58
105	100	95.24
146	140	95.89
147.5	141	95.59
160	152.5	95.31
172.5	164	95.07

4.4 Pengujian Optocoupler

Rangkaian optocoupler pada Gambar 4.6 menggunakan IC 4N25 dan dihubungkan dengan transistor C 372. Ground pada sisi masukan harus dipisahkan dengan ground pada sisi keluaran. Pemisahan ground terkait dengan sifat dasar dari optocoupler yang berfungsi mengisolasi rangkaian masukan dengan rangkaian keluaran.



Gambar 4.6 Rangkaian Dasar pengujian Optocoupler

Pada saat optocoupler diberi masukan sinyal dari rangkaian PWM yang dihasilkan osilator pembangkit gelombang gigi segitiga dan rangkaian komparator, maka frekuensi keluaran juga sama dengan masukan yang membedakan adalah besar amplitudo yaitu 12 volt.

Perbedaan amplitudo antara masukan dan keluaran karena keluaran dari rangkaian optocoupler dihubungkan dengan transistor C 372 untuk dikuatkan. Tegangan masukan optocoupler berupa sinyal gelombang kotak dengan frekuensi 25 kHz. Maka tegangan keluaran pun harus berupa sinyal gelombang kotak pula.

Output optocoupler yang berupa sinyal gelombang kotak digunakan untuk mengaktifkan MOSFET. Gelombang keluaran optocoupler 1 dan 4 mempunyai bentuk yang sama dan gelombang keluaran 2 dan 3 mempunyai bentuk yang sama pula.

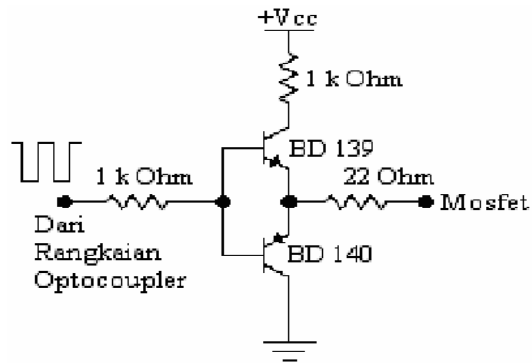
Pengujian rangkaian optocoupler dilakukan pada pin kolektor transistor C 372 sebagai keluaran dari rangkaian optocoupler yang telah mengalami penguatan. Berikut rangkaian Optocoupler dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Rangkaian optocoupler

4.5 Pengujian Totempole

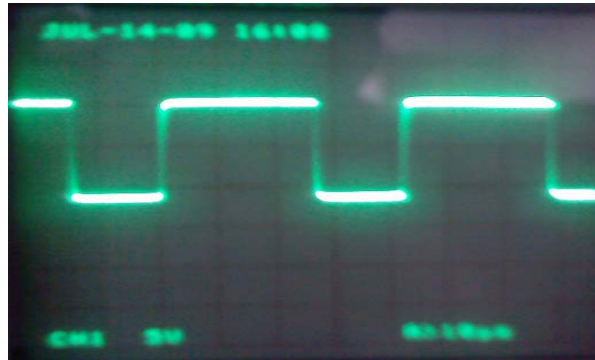
Rangkaian totempole pada Gambar 4.8 difungsikan sebagai sinkronisasi sinyal gelombang kotak ke MOSFET, agar pengisian dan pembuangan pulsa dapat dilakukan dengan cepat.



Gambar 4.8 Rangkaian Totempole

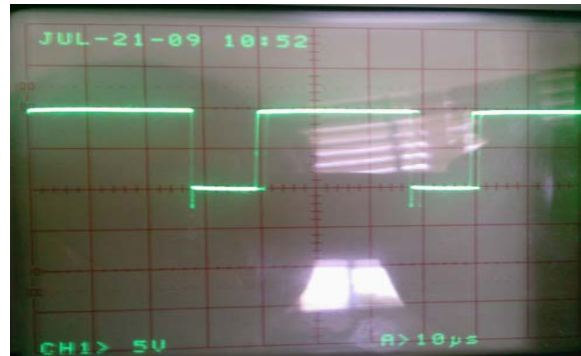
Rangkaian totempole terdiri dari transistor BD 139 dan BD 140. Rangkaian memerlukan tegangan suplai sebesar 12 Volt agar tegangan keluaran gelombang juga sebesar 12 Volt. Pada rangkaian totempole ground tegangan suplai totem-pole dapat digabung dengan ground pada tegangan suplai optocoupler.

Tetapi dalam pengujian rangkaian Totempole kita dapat juga mengamati bentuk gelombang dimana gelombang tersebut belum melewati mosfet yang mana gelombang tersebut berupa gelombang kotak dengan time/div 10us dan volt/div 5v de, dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Keluaran Totempole sebelum lewat Mosfet

Pengujian rangkaian totempole dilakukan pada resistor 22 Ohm yang terhubung dengan pin emitor kedua gate dan source MOSFET pada Gambar 4.10 yang mana menghasilkan gelombang kotak dengan time/div 10us dan volt/div 5v hal tersebut diakibatkan karena arus yang mengalir relatif sama tetapi kita dapat mengatur bentuk gelombangnya melalui multitone.



Gambar 4.10 Keluaran Totempole setelah lewat Mosfet

Bab 5

Kesimpulan

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perencanaan dan pembuatan serta melalui pengujian alat secara keseluruhan serta dengan membandingkan hasil data yang diambil dari proses pengukuran dengan teori-teori penunjang, dan berdasarkan data yang diperoleh maka dapat disimpulkan:

1. Tegangan keluaran rectifier mengalami penurunan tegangan sebesar 5 Volt untuk beban penerangan lampu 100 watt lampu pijar
2. Penggunaan Filter C yang berfungsi untuk mengurangi ripple pada gelombang output sehingga tegangan keluaran mendekati gelombang DC murni
3. Penggunaan konverter buck berfungsi menurunkan tegangan dimana input dari konverter buck berasal dari output rectifier. dimana tegangan 307 volt menjadi 222,22 volt yang mana hasil tersebut menjadi input dari rectifier.
4. Duty cycle pada konverter buck dapat diatur dengan menggunakan push button yang terhubung dengan mikrokontroler dengan range 25% - 80%
5. Arus keluaran konverter buck dengan beban motor lebih besar dari pada beban lampu pijar yang memiliki daya 100 W
6. Pengujian alat secara keseluruhan dengan menggunakan beban motor pompa air yang memiliki daya 125 W memiliki dimana arus yang mengalir maksimal 0,56 A

6.2 Saran-saran

Pada pengerjaan proyek akhir ini tentu tidak lepas dari berbagai macam kekurangan dan kelemahan, baik itu pada sistem maupun pada peralatan yang telah dibuat. Untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan dari peralatan, maka perlu melakukan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk menangani penurunan tegangan yang besar pada keluaran konverter buck, dapat menggunakan rangkaian Snubber.
2. Untuk mengurangi harmonisa dan rugi – rugi daya maka pada sisi keluaran maka dapat menggunakan filter pasif.
3. Pemilihan kualitas komponen mempengaruhi hasil dari alat yang dibuat.
4. Untuk penggunaan beban non linear yang mempunyai daya yang besar , dapat digunakan IGBT sebagai pengganti mosfet yang memiliki kemampuan daya yang lebih besar dan ketahanan yang lebih baik.

BIODATA PENULIS



Nama : Ardyan Saputra
TTL : Surabaya , 05 Desember 1987
Alamat : Jl Kedung Klinter 1/20B
Telepon : -
Handphone : 081331476040
Email : ardyboy_501@yahoo.com
Hobbi : jalan-jalan, liat property, menghabiskan uang
Motto : Syukuri apa yang ada dan jalani hidup dengan ihklas
dan Sabar. Berusaha dan berdoa

Riwayat pendidikan formal yang pernah ditempuh:

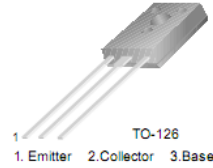
- ❖ SDN Kedungdoro V 2000.
- ❖ SLTPN 29 Surabaya lulus tahun 2003.
- ❖ SMA Kemala Bhayangkari 1 Surabaya lulus tahun 2006.
- ❖ Jurusan Teknik Elektro Industri Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

Pada tanggal 21 Juli 2009 mengikuti Seminar Proyek Akhir sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya (A.Md.) di Politeknik Elektronika Negeri Surabaya (PENS) - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



NPN Epitaxial Silicon Transistor NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CB0}	Collector-Base Voltage	: BD135	45
		: BD137	60
		: BD139	80
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage	: BD135	45
		: BD137	60
		: BD139	80
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)	3.0	A
I_B	Base Current	0.5	A
P_C	Collector Dissipation ($T_C=25^\circ\text{C}$)	12.5	W
P_C	Collector Dissipation ($T_J=25^\circ\text{C}$)	1.25	W
T_J	Junction Temperature	150	$^\circ\text{C}$
T_{STG}	Storage Temperature	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

 $T_C=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units	
$V_{CE0(sus)}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = 30\text{mA}, I_B = 0$	45			V	
							: BD135
							: BD137
							: BD139
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	$V_{CB} = 30\text{V}, I_E = 0$			0.1	μA	
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	$V_{EB} = 5\text{V}, I_C = 0$			10	μA	
h_{FE1}	DC Current Gain	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 5\text{mA}$	25				
h_{FE2}							: ALL DEVICE
h_{FE3}							: BD135
							: BD137, BD139
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 500\text{mA}, I_B = 50\text{mA}$			0.5	V	
$V_{BE(on)}$	Base-Emitter ON Voltage	$V_{CE} = 2\text{V}, I_C = 0.5\text{A}$			1	V	

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

Typical Characteristics

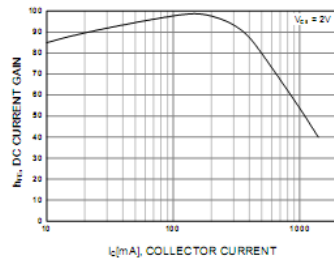


Figure 1. DC current Gain

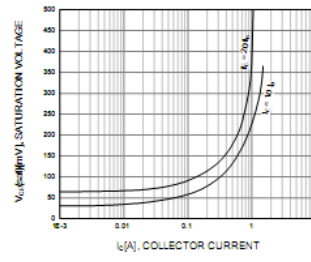


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

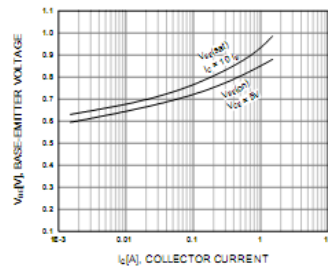


Figure 3. Base-Emitter Voltage

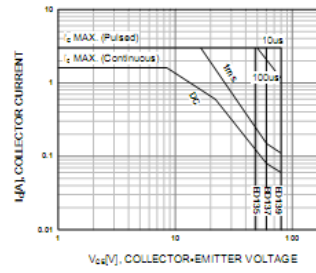


Figure 4. Safe Operating Area

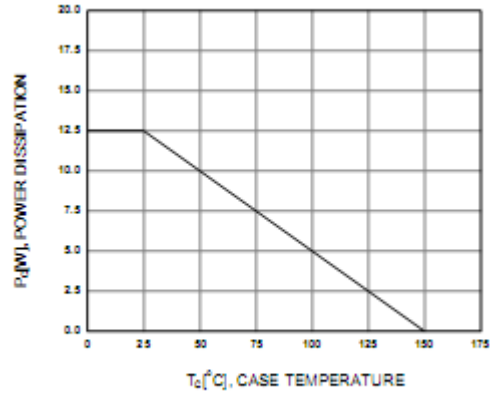


Figure 5. Power Derating

PNP SILICON TRANSISTOR

■ SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPES

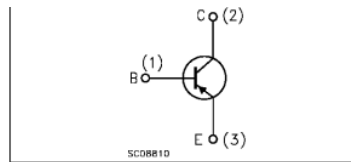
DESCRIPTION

The BD136, BD138 and BD140 are silicon epitaxial planar PNP transistors in Jedec SOT-32 plastic package, designed for audio amplifiers and drivers utilizing complementary or quasi complementary circuits.

The complementary NPN types are the BD135, BD137 and BD139.



SOT-32



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit
		BD136	BD138	BD140	
V_{CB0}	Collector-Base Voltage ($I_E = 0$)	-45	-60	-80	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage ($I_B = 0$)	-45	-60	-80	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage ($I_C = 0$)	-5			V
I_C	Collector Current	-1.5			A
I_{CM}	Collector Peak Current	-3			A
I_B	Base Current	-0.5			A
P_{tot}	Total Dissipation at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	12.5			W
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	1.25			W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 150			$^\circ\text{C}$
T_J	Max. Operating Junction Temperature	150			$^\circ\text{C}$

THERMAL DATA

$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	10	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CB0}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	$V_{CB} = -30\text{ V}$ $V_{CB} = -30\text{ V}$ $T_c = 125^\circ\text{C}$			+0.1 -10	μA μA
I_{EB0}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = -5\text{ V}$			-10	μA
$V_{CE0(sus)*}$	Collector-Emitter Sustaining Voltage	$I_C = -30\text{ mA}$ for BD136 for BD138 for BD140	-45 -60 -80			V V V
$V_{CE(sat)*}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = -0.5\text{ A}$ $I_B = -0.05\text{ A}$			-0.5	V
V_{BE*}	Base-Emitter Voltage	$I_C = -0.5\text{ A}$ $V_{CE} = -2\text{ V}$			-1	V
h_{FE*}	DC Current Gain	$I_C = -5\text{ mA}$ $V_{CE} = -2\text{ V}$ $I_C = -0.5\text{ A}$ $V_{CE} = -2\text{ V}$ $I_C = -150\text{ mA}$ $V_{CE} = -2\text{ V}$	25 25 40		250	
h_{FE}	h_{FE} Groups	$I_C = -150\text{ mA}$ $V_{CE} = -2\text{ V}$ for BD140 group 10	63		160	

* Pulsed: Pulse duration = 300 μs , duty cycle 1.5 %

DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	7.4		7.8	0.291		0.307
B	10.5		10.8	0.413		0.445
b	0.7		0.9	0.028		0.035
b1	0.49		0.75	0.019		0.030
C	2.4		2.7	0.04		0.106
c1		1.2			0.047	
D		15.7			0.618	
e		2.2			0.087	
e3		4.4			0.173	
F		3.8			0.150	
G	3		3.2	0.118		0.126
H			2.54			0.100

MOTOROLA
SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by 4N25/D



6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

4N25*

4N25A*

4N26*

[CTR = 20% Min]

4N27

4N28

[CTR = 10% Min]

*Motorola Preferred Devices

STYLE 1 PLASTIC

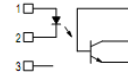


MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/ $^\circ\text{C}$
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector–Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/ $^\circ\text{C}$

STANDARD THRU HOLE
CASE 730A–04

SCHEMATIC



- PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)(1)

Characteristic	Symbol	Min	Typ(1)	Max	Unit
INPUT LED					
Forward Voltage ($I_F = 10\text{ mA}$)	V_F	—	1.15 1.3 1.05	1.5	Volts
			$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = -55^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$		
Reverse Leakage Current ($V_R = 3\text{ V}$)	I_R	—	—	100	μA
Capacitance ($V = 0\text{ V}$, $f = 1\text{ MHz}$)	C_J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR					
Collector–Emitter Dark Current ($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1	50	nA
			1	100	
($V_{CE} = 10\text{ V}$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)	I_{CEO}	—	1	—	μA
Collector–Base Dark Current ($V_{CB} = 10\text{ V}$)	I_{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1\text{ mA}$)	$V_{(BR)CEO}$	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)CBO}$	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage ($I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$)	$V_{(BR)ECO}$	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain ($I_C = 2\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$)	h_{FE}	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CE} = 0$)	C_{CE}	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{CB} = 0$)	C_{CB}	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance ($f = 1\text{ MHz}$, $V_{EB} = 0$)	C_{EB}	—	9	—	pF

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

TYPICAL CHARACTERISTICS

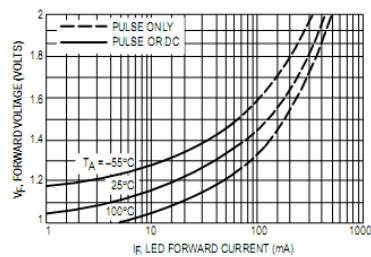


Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current

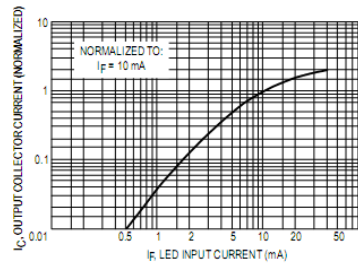


Figure 2. Output Current versus Input Current

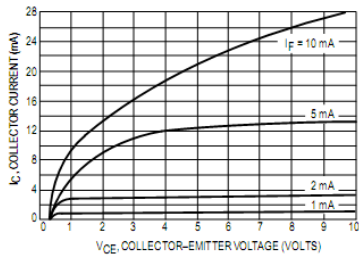


Figure 3. Collector Current versus Collector-Emitter Voltage

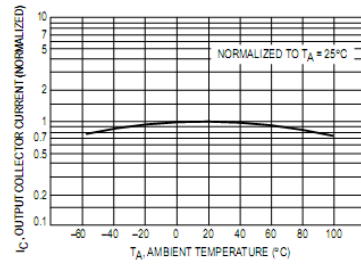


Figure 4. Output Current versus Ambient Temperature

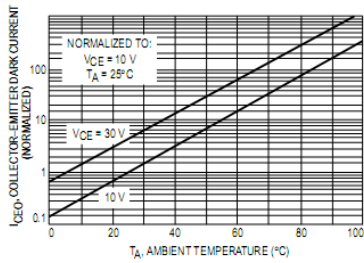


Figure 5. Dark Current versus Ambient Temperature

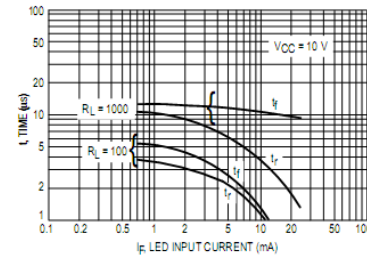


Figure 6. Rise and Fall Times (Typical Values)

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28

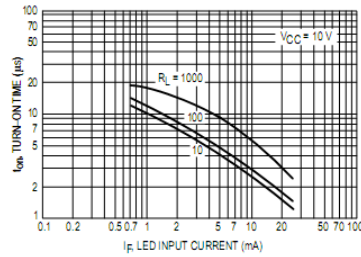


Figure 7. Turn-On Switching Times (Typical Values)

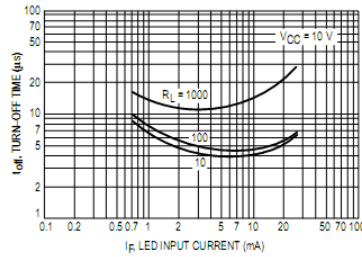


Figure 8. Turn-Off Switching Times (Typical Values)

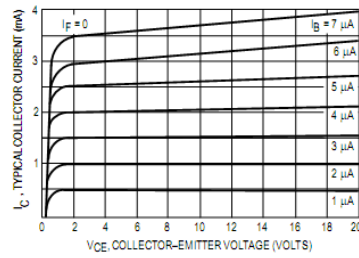


Figure 9. DC Current Gain (Detector Only)

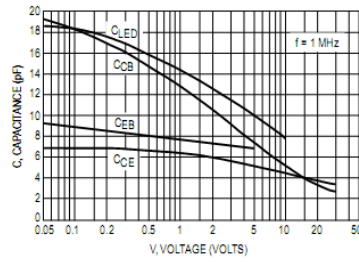


Figure 10. Capacitances versus Voltage

Advanced Power MOSFET

IRFP460

FEATURES

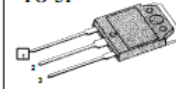
- ◆ Avalanche Rugged Technology
- ◆ Rugged Gate Oxide Technology
- ◆ Lower Input Capacitance
- ◆ Improved Gate Charge
- ◆ Extended Safe Operating Area
- ◆ Lower Leakage Current: 10μA (Max.) @ $V_{DS} = 500V$
- ◆ Lower $R_{DS(ON)}$: 0.197Ω (Typ.)

$$BV_{DSS} = 500 V$$

$$R_{DS(on)} = 0.25\Omega$$

$$I_D = 22 A$$

TO-3P



1. Gate 2. Drain 3. Source

Absolute Maximum Ratings

Symbol	Characteristic	Value	Units
V_{DSS}	Drain-to-Source Voltage	500	V
I_D	Continuous Drain Current ($T_c=25^\circ C$)	22	A
	Continuous Drain Current ($T_c=100^\circ C$)	13.4	
I_{DM}	Drain Current-Pulsed (1)	88	A
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 30	V
E_{AS}	Single Pulsed Avalanche Energy (2)	2151	mJ
I_{AR}	Avalanche Current (1)	22	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy (1)	27.8	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt (3)	3.5	V/ns
P_D	Total Power Dissipation ($T_c=25^\circ C$)	278	W
	Linear Derating Factor	2.22	
T_J, T_{STG}	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	$^\circ C$
T_L	Maximum Lead Temp. for Soldering Purposes, 1/8. from case for 5-seconds	300	

Electrical Characteristics (T_C=25°C unless otherwise specified)

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
BV _{DSS}	Drain-Source Breakdown Voltage	500	--	--	V	V _{GS} =0V, I _D =250μA
ΔBV/ΔT _J	Breakdown Voltage Temp. Coeff.	--	0.69	--	V/°C	I _D =250μA See Fig 7
V _{GS(th)}	Gate Threshold Voltage	2.0	--	4.0	V	V _{DS} =5V, I _D =250μA
I _{GSS}	Gate-Source Leakage, Forward	--	--	100	nA	V _{GS} =30V
	Gate-Source Leakage, Reverse	--	--	-100	nA	V _{GS} =-30V
I _{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	--	--	10	μA	V _{DS} =500V
		--	--	100		V _{DS} =400V, T _C =125°C
R _{DS(on)}	Static Drain-Source On-State Resistance	--	--	0.25	Ω	V _{GS} =10V, I _D =11A (4)
g _{fs}	Forward Transconductance	--	17.31	--	Ω	V _{DS} =50V, I _D =11A (4)
C _{iss}	Input Capacitance	--	3940	5120	pF	V _{GS} =0V, V _{DS} =25V, f=1MHz See Fig 5
C _{oss}	Output Capacitance	--	465	535		
C _{rss}	Reverse Transfer Capacitance	--	215	250		
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	--	27	65	ns	V _{DD} =250V, I _D =22A, R _G =5.3Ω See Fig 13 (4) (5)
t _r	Rise Time	--	30	70		
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	--	150	310		

t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	--	150	310	ns	R _G =5.3Ω See Fig 13 (4) (5)
t _f	Fall Time	--	43	95		
Q _g	Total Gate Charge	--	182	236	nC	V _{DS} =400V, V _{GS} =10V, I _D =22A See Fig 6 & Fig 12 (4) (5)
Q _{gs}	Gate-Source Charge	--	26	--		
Q _{gd}	Gate-Drain (, Miller,) Charge	--	79.6	--		

Source-Drain Diode Ratings and Characteristics

Symbol	Characteristic	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Condition
I _S	Continuous Source Current	--	--	22	A	Integral reverse pn-diode in the MOSFET
I _{SM}	Pulsed-Source Current (1)	--	--	88		
V _{SD}	Diode Forward Voltage (4)	--	--	1.4	V	T _J =25°C, I _S =22A, V _{GS} =0V
t _r	Reverse Recovery Time	--	528	--	ns	T _J =25°C, I _F =22A
Q _r	Reverse Recovery Charge	--	8.35	--	μC	dI _F /dt=100A/μs (4)

Notes:

- (1) Repetitive Rating: Pulse Width Limited by Maximum Junction Temperature
- (2) L=8mH, I_{AS}=22A, V_{DD}=50V, R_G=27Ω, Starting T_J=25°C
- (3) I_{SS} ≤ 22A, dI/dt ≤ 300A/μs, V_{DS} ≤ BV_{DSS}, Starting T_J=25°C
- (4) Pulse Test: Pulse Width = 250μs, Duty Cycle ≤ 2%
- (5) Essentially Independent of Operating Temperature

Fig 1. Output Characteristics

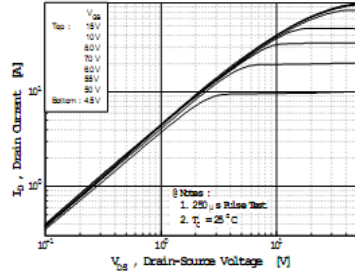


Fig 2. Transfer Characteristics

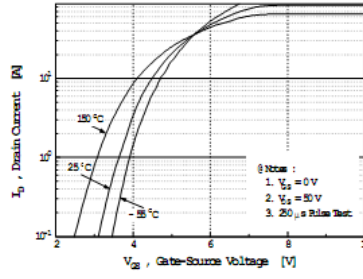


Fig 3. On-Resistance vs. Drain Current

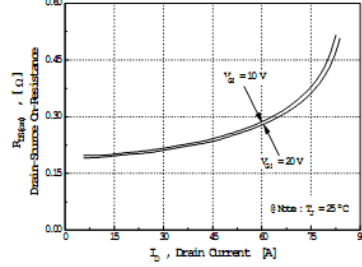


Fig 4. Source-Drain Diode Forward Voltage

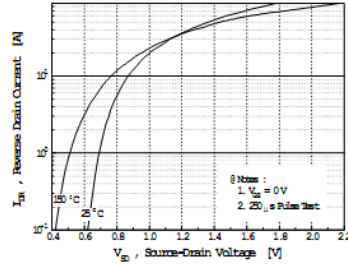


Fig 5. Capacitance vs. Drain-Source Voltage

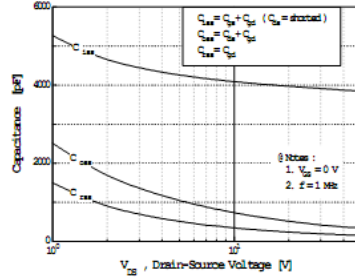


Fig 6. Gate Charge vs. Gate-Source Voltage

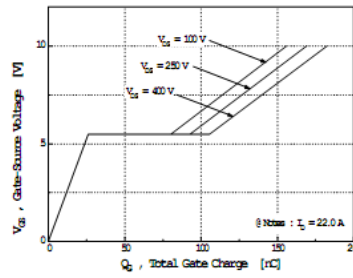


Fig 7. Breakdown Voltage vs. Temperature

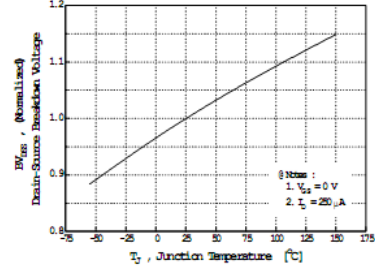


Fig 8. On-Resistance vs. Temperature

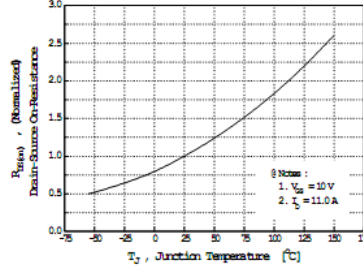


Fig 9. Max. Safe Operating Area

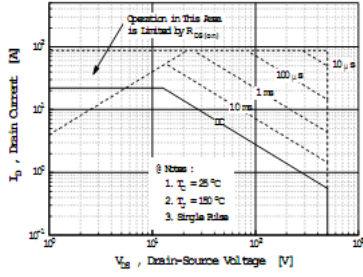


Fig 10. Max. Drain Current vs. Case Temperature

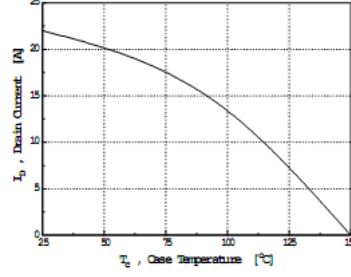


Fig 11. Thermal Response

