

STUDI PENGATURAN PUTARAN MOTOR INDUKSI MELALUI PERUBAHAN FRKUENSI

Oleh:

Yahya Ginting¹⁾

Darliono Togatorop²⁾

Marco Hutasoit³⁾

Muhammad Yazdi⁴⁾

Jumari⁵⁾

Universitas Darma Agung, Medan^{1,2,3,4,5)}

E-mail:

ginting1972@yahoo.com¹⁾

darlionotogatorop@gmail.com²⁾

marcohutasoit@gmail.com³⁾

muhammadyazdi@gmail.com⁴⁾

62jumarieska@gmail.com⁵⁾

ABSTRAK

Daya dengan frekwensi yang dapat diatur ini dibangkitkan oleh rangkaian SCR yang disebut inverter. Sumber daya dari jala – jala system tenaga listrik terlebih dahulu diserahkan oleh penyerahan jembatan 3 fasa tak terkendali, kemudian dalam tahap arus searah digunakan sebuah cover sebagai pengatur tegangan yang diberikan pada motor setelah keluaran dari chopper ini lebih diratakan bentuk arusnya oleh rangkaian filter maka besar tegangan inilah yang merupakan tegangan input inverter yang kemudian dirubah kembali menjadi sumber daya bolak balik 3 fasa dengan ekwensi yang dapat diatur. Perubahan frekwensi dapat dilakukan melalui pengaturan kecepatan periode pulsa yang memacu gate SCR, jadi dengan mempercepat atau memperlambat periode, maka frekwensi daya yang dibangkitkan inverter akan berubah sehingga putaran motor juga akan berubah.

Kata Kunci : Frekuensi, Inverter, Converter, Pengaturan Putaran.

1. PENDAHULUAN

Motor induksi umumnya berputar dengan kecepatan konstan mendekati kecepatan sinkronnya, sehingga untuk kebutuhan tertentu diperlukan pengaturannya. Kecepatan sinkron ini dapat diatur dengan merubah frekwensi daya yang diberikan, hal ini dapat disebut dengan persamaan kecepatan sinkron. Perubahan frekwensi dalam mengatur putaran motor induksi biasanya diikuti juga dengan pengaturan tegangan terminal stator yang sebanding dengan frekwensi tersebut, hal ini bertujuan untuk mendapatkan fluks maksimum dan kopel yang konstan.

Dalam mengatur motor induksi 3 fasa dengan merubah frekwensi ini, yaitu menjadi permasalahan yaitu bagaimana system hubungan rangkaian peralatan semikonduktor tersebut dalam mem dalam membangkitkan daya dengan frekwensi yang variabel. Cara pengaturan yang digunakan dalam hal ini yaitu dengan menggunakan peralatan konverter frekwensi statis setelah melalui suatu tahap arus searah. Daya dengan frekwensi yang dapat diatur ini dibangkitkan oleh rangkaian SCR yang disebut inverter. Sumber daya dari jala – jala system tenaga listrik terlebih dahulu diserahkan oleh penyerahan jembatan 3 fasa tak

terkendali, kemudian dalam tahap arus searah digunakan sebuah cover sebagai pengatur tegangan yang diberikan pada motor setelah keluaran dari chopper ini lebih diratakan bentuk arusnya oleh rangkaian filter maka besar tegangan inilah yang merupakan tegangan input inverter yang kemudian dirubah kembali menjadi sumber daya bolak balik 3 fasa dengan frekwensi yang dapat diatur. Perubahan frekwensi dapat dilakukan melalui pengaturan kecepatan periode pulsa yang memacu gate SCR, jadi dengan mempercepat atau memperlambat periode, maka frekwensi daya yang dibangkitkan inverter akan berubah sehingga putaran motor juga akan berubah.

2. TINJAUAN PUSTAKA MOTOR INDUKSI 3-FASA

Disebut motor induksi, karena kenyataannya arus mengalir pada rotor bukan diperoleh dari suatu sumber tertentu melainkan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relative antara puaran poros dengan putaran fluksi yang terjadi pada stator. Medan putaran inilah yang menjadi prinsip dasar dari motor induksi 3 fasa, sedangkan motor induksi satu fasa tidak medan hasil putaran. Pada operasional motor induksi, pada saat start fenomena flicker[1] pasti terjadi yang berpengaruh terhadap kinerja system.

Prinsip Kerja

Bila belitan stator di hubungkan ke jala – jala yang seimbang, maka di dalam belitan motor akan mengalir aru – arus ini selajutnya akan menimbulkan suatu putaran di celah udara yang akan memotong penghantar pada rotor (dalam hal ini rotor ini masih belum keadaan berputar) :

$$N_s = \frac{120f}{p} (rpm)$$

Dimana : f = frekuensi tegangan jala-jala yang mengalir ke stator

P = jumlah kutup

Medan putaran fluksi yang terjadi akan memotong batang-batang konduktor rotor, sehingga kapa kumparan rotor ini timbul gaya listrik industry dan jika kumparan rotor tertutup maka arus akan mengalir pada kumparan tersebut. Mengalir arus pada kumparan rotor yang terletak didalam medan putaran akan menimbulkan gaya lorent pada setiap kumparan yang besarnya :

$$F = B I \ell$$

Dimana : F = gaya pada motor

B = kecepatan fluksi rotor

I = arus mengalir pada rotor

ℓ = panjang kumparan

pada fluksi

Gaya ini akan menimbulkan kopel yang arahnya ditentukan oleh hokum tangan kiri, dan kopel ini akan menyebabkan rotor berputar.

Perlu di ketahui bahwa tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang – batang konduktor, hasil ini berarti supaya tegangan terinduksi, diperlukan adanya perbedaan relative anatara kecepatan medan ptar stator dengan putara poros stator.

Dimana tegangan induksi (emf) yang timbul pada setiap fasa sebesar :

$$E_{2s} = 4,45, f_2 N_2 \emptyset_m$$

$$E_{2s} = 4,44 F_1 N_2 \emptyset_m$$

$$E_{2s} = SE_2$$

Dimana : f_2 = Frekuensi rotor

N_2 = jumlah lilitan

\emptyset_m = fluksi maksimum yang dihasilkan per kutub

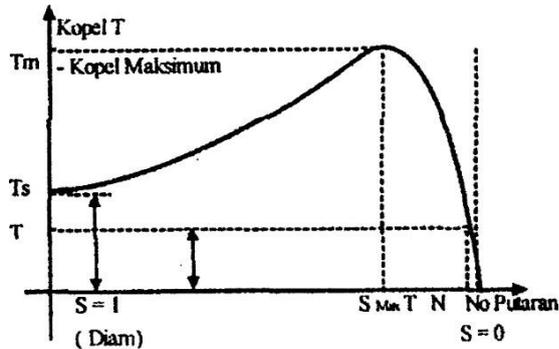
E_2 = tegangan induksi pada saat start

E_{2s} = tegangan induksi pada saat motor berputar

Karakteristik Putaran-Kopel

Karakteristik ini memperlihatkan bagaimana kopel berubah menurut perubahan putaran motor.

Nilai kopel untuk masing – masing putaran motor, mulai dari posisi diam sampai putaran nominal (N), dan seterusnya putaran sinkron (No). gambar 2.6 berikut memperlihatkan contoh karakteristik dari motor tak serempak rotor sangkar tiga fasa.



Gambar 1. Kurva Karakteristik putaran-kopel

Kopel mula (T_s) adalah kopel yang tersedia, bila motor berputar dari posisi diam. Sedangkan kopel beban penuh (T) adalah kopel yang dibasikan bila motor berjalan pada keluaran nominal, dan perputaran motor pada kopel itu disebut pularan nominal. Kemudian beban secara berangsur-angsur diperbesar dari keadaan dimana motor berputar pada keluaran nominal untuk melayani beban dan apabila kopel maksimum T^M dari poros motor yang dapat digunakan dilampaui, maka motor akan menjadi tak mampu melayani beban dan akhirnya berhenti. Kopel maksimum ini disebut juga kopel breakdown motor. Pada umumnya kopel mula dan kopel maksimum ini dinyatakan dalam persen dari kopel beban penuh.

Daya

Motor induksi merupakan analogi dari suatu transformator, dimana pada transformator keluarannya adalah daya listrik sedangkan pada motor induksi keluarannya merupakan daya mekanik (daya gerak).

Daya masukan suatu motor induksi (P_{in}) adalah dalam bentuk tegangan dan arus 3 fasa. Adapun daya masuk motor induksi itu adalah :

a. Daya masuk stator

$$P_i = 3 V_1 I_1 \cos \phi$$

b. Daya masuk rotor

$$P_2 = 3 E_1 I_1 \cos \phi$$

Rugi – rugi daya motor induksi :

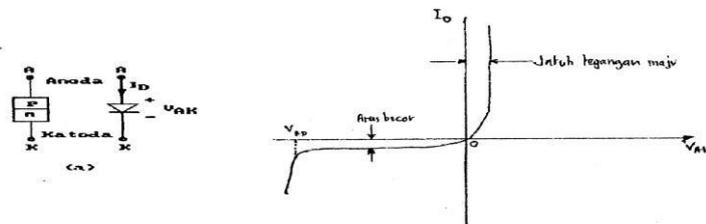
Dioda, Tiristor Dan Konverter

Diode dan tiristor merupakan saklar semikonduktor daya listrik daya statik. Kedua komponen ini paling banyak digunakan dalam rangkaian – rangkaian converter daya sattik, seperti rangkaian penyerahan, rangka, lian inverter dan rangkaian – rangkaian lainnya.

Diode merupakan komponen semikonduktor berlapis dua dalam bentuk p-n serta mempunyai dua terminal luar yaitu anoda A dan katoda K.

Bila potensial anodanya dibuat lebih positif relative terhadap katoda maka suatu diode dikatakan berbisa maju (forwr) dan diode tersebut akan konduksi. Suatu diode yang konduksi akan mempunyai jatuh tegangan maju yang relative kecil. Bila potensial katoda dibuat lebih positif terhadap anoda, diode dikatan terbiasa balik (reserve bias). Pada kondisi terbiasa bila, hanya ada arus bocor (leakange curren) kecil mengalir. Apabila tegangan balik tersebut terus dinaikkan hingga menyalami nilai tegangan tembus (breakdown voltage) V_{BD} maka arus bocor

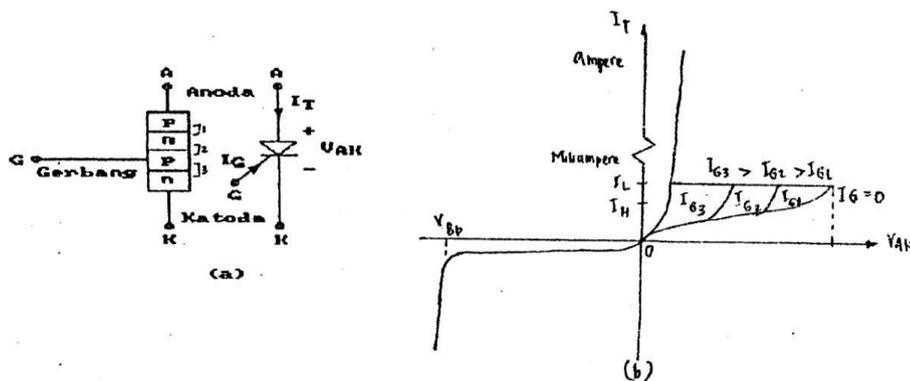
yang mengalir akan berubah menjadi sanat besar. Gambar1. memperlihatkan karakteristik I_D-V_{AK} dari diode.



Gambar 1 a. Struktur dan symbol diode
b. karakteristik $I_D - V_{AK}$ dari diode

Tiristor merupakan suatu alat pensakelaran static dengan empat lapis susunan bahan semikonduktor dalam bentuk p-n-p-n serta mempunyai tiga persambungan J1, J2, dan J3. Tiristor mempunyai tiga terminal luar yaitu anoda A, katoda K dan gerbang G. Bila potensial anoda suatu tiristor dibuat lebih positif relative terhadap katodanya maka persambungan J1 dan J3 akan dibias maju sementara persambungan akan terbias balik. Oleh karenanya, hanya ada arus bocor kecil yang mengalir dari tiristor tersebut dikatakan berada dalam kondisi

penghalang maju (forward blocking condition). Jadi tegangan anoda-katoda V_{AK} tiristor tersebut terus dinaikan hingga menyamai nilai tegangan terhembus maju (forward breakeover voltage) V_{BO} maka suatu longsor (avalanche) akan terjadi pada persambungan J2 dan tiristor akan disith ke kondisi konduksi. Biasanya pada saat ini, tegangan anoda-katodanya akan turun dari beberapa ratus volt hingga menjadi 1 dan 2 volt. Karakteristik $I_T - V_{AK}$ dari tiristor diperlihatkan pada gambar 2



Gambar 2 a. Struktur dan symbol tiristor
b. Karakteristik $I_T - V_{AK}$ dari tiristor

Jika suatu pulsa tegangan penyalat positif (yang dihasilkan dari suatu rangkaian penyalat) dikenakan anatar terminal gerbang dan katoda tiristor maka suatu arus gerbang I_G akan dihasilkan. Ini akan menyebabkan besar tegangan tembus maju tiristor direduksi. Dengan arus gerbang yang cukup besar maka tiristor tersebut dapat diswith ke

kondisi konduksi hanya dengan besar tegangan anoda – katoda yang relative kecil. Bila suatu tiristor telah mengkonduksikan suatu arus maju I_T yang mana lebih besar daripada nilai arus pengancing (latching current) I_L maka sebenarnya arus gerbang tidak membutuhkan lagi untuk tetap mempertahankan tiristor tersebut dalam

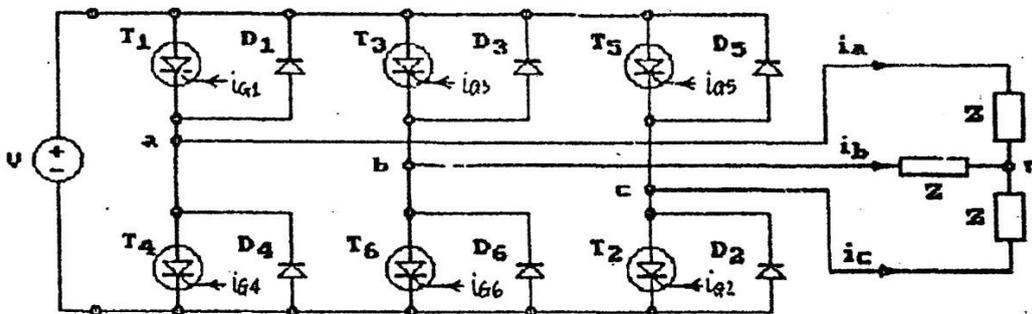
kondisi konduksi. Suatu tiristor akan kembali ke kondisi penghalang majunya apabila besar arus majunya kecil daripada nilai arus penahan (holding current) I_H .

Bila potensial anoda dibuat lebih negative relative terhadap katoda, persambungan erluar dan J3 akan dibias balik dan persambungan tengah J2 akan dibias maju. Oleh karenanya, hanya ada arus bocor kecil (dalam skala miliampere) yang mengalir. Jika tegangan balik ini terus dinaikkan hingga menyamai nilai tegangan tembus balik (reverse breakdown voltage) V_{BD} maka pada persambungan J1 dan J3 akan terjadi longsor dan arus bocor akan menaik secara tajam. Apabila tegangan balik yang diberikan kepada tiristor berada dibawah harga tegangan tembus baliknya, tiristor tersebut akan berlaku sebagai suatu komponen yang berimpedansi tinggi dan dapat dianggap sebagai suatu scalar terbuka.

Sekali tiristor sudah mulai menghantarkan arus maju yang cukup besar, arus gerbang telah kehilangan kendali terhadapnya. Suatu tiristor yang sedang konduksi hanya dapat dipadamkan (dikomutasikan) jika besar arus majunya diturunkan dibawah nilai arus penahan atau dengan mengenakan suatu tegangan balik pada tiristor tersebut.

Inverter Tiga Fase Bentuk Jembatan

Inverter merupakan suatu converter daya dc ke ac. Inverter tiga fase bentuk jembatan berfungsi mengubah suatu tegangan input dc menjadi tegangan output ac bentuk jembatan diperlihatkan pada gambar 3.7 dengan beban induktif tiga fase seimbang pada magnitude dan frekuensi yang diinginkan. Rangkaian dasar dari inverter tiga fase seimbang yang terhubung secara bintang. Beban tersebut dapat direpresentasikan sebagai suatu motor induksi tiga fase. Symbol tiristor – tiristor yang dilingkari menandakan bahwa tiristor – tiristor tersebut hanya dapat dipadamkan dengan menggunakan metode komutasi – paksa. Rangkaian inverter tersebut didesain sedemikian rupa sehingga tiristor – tiristor yang berada pada cabang rangkaian yang sama tidak akan konduksi secara bersamaan pada setiap saat. Ini mengartikan bahwa apabila tiristor T1 dinyalakan, tiristor T4 akan dipadamkan. Demikian juga bila masing-masing tiristor T3 dan T5 dinyalakan, tiristor – tiristor T6 dan T2 akan dipadamkan. Diode – diode umpan balik, yang mana dihubungkan secara antiparalel dengan tiap – tiap tiristor, berfungsi untuk mengembalikan energy dari beban relisip murni, diode – diode umpan balik ini tidak ada fungsinya.



Gambar 3. Rangkaian dasar inverter tiga fase bentuk jembatan

Rangkaian Penyala Inverter Tiga Fase Bentuk Jembatan

Frekuensi output f_s dari rangkaian inverter tiga fase bentuk jembatan hanyalah bergantung pada frekuensi pulsa – pulsa tegangan penyalanya. Untuk dapat menghasilkan pulsa – pulsa tegangan penyala dengan frekuensi yang dapat diatur dengan suatu tegangan kendali E_{cf} maka biasanya suatu rangkaian penyala inverter akan menggunakan dua rangkaian utama yaitu rangkaian osilator terkendali – tegangan (voltage-controlled oscillator) dan rangkaian pencacah simpal Jhonson tiga-tingkat (three-stage Jhonson ring counter).

3. METODOLOGI PENELITIAN Inverter Dan Sistem Perubahan Frekwensi Melalui Konverter Frekwensi Statis Dalam Mengatur Putaran

Perubahan frekwensi daya yang diberikan pada kumparan stator dalam hal ini bertujuan untuk mengatur putaran motor induksi tiga fasa torot sangkat. Pengaturannya dilakukan dengan cara membuat frekuensi yang variable melalui suatu perubahan frekuensi statis. Adapun cara atau system yang dilakukan yaitu dengan mengkonversikan daya arus bolak-balik menjadi daya bolak – balik melalui tahap arus seraha.

Prinsip Operasi

Frekuensi jala – jala tenaga listrik yang digunakan di Indonesia yaitu 50 Hz. Pada frekuensi ini jika daya dihubungkan langsung pada komparan stator motor induksi empat kutub akan menyebabkan putaran sinkron 1500 rpm. Mengingat putaran motor perlu diatur untuk suatu kebutuhan tertentu, maka salah satu cara yang digunakan disini yaitu dengan menggunakan

rangkaiannya perubah frekuensi statis melalui tahap searah.

Prinsip operasinya : terlebih dahulu supply daya tiga fasa 50 Hz jala – jala diserahkan melalui penyearah diode tak terkendali. Penyearah ini tidak bias mengatur output karena semua elemennya terdiri dari dioda. Tegangan output penyearah ini adalah constant dan kontinu. Rangkaian yang berfungsi mengatur tegangan searah dalam hal ini adalah sebuah de chopper denganc ara mengenal tegangan searah yang kontinu tersebut. Kemudian setelah besar tegangan searah ini diatur oleh chopper, maka bentuk gelombang arusnya perlu lebih diratakan untuk mengurangi factor ripple yang terjadi yang melalui suatu rangkaian filter adalah hal ini yaitu LC-filte.

Arus searah yang telah diratakan ini dirubaj kembali menjadi bentuk daya bolak balik melalui rangkaian inverter jembatan 3 fasa. Daya dengan prekuensi yang berubah - ubah (variabel) diperoleh dengan cara mengatur periode penyalan pulsa gate yang diberikan pada semua SCR dari rangkaian inverter.

Terlihat bahwa pengaturan tegangan yang merupakan terminal motor dilakukan oleh alat penggal chopper yang berfungsi yang merupakan tegangan searah. Sedangkan pengaturan frekuensi dilakukan oleh komponen.

SCR pada inverter. Sepintas lalu cara ini kelihatannya rumit karena adanya 3 unsur yaitu : penyearah, chopper dan inverter. Keuntungan cara ini adalah dimana ketiga unsur tersebut merupakan rangkaian yang terdiri dari atas peralatan yang reletaiv sederhana.

Pengaruh Tegangan Searah melalui DC Chopper

Pengaturan tegangan searah rata rata yang dihasilkan chopper ini pada

prinsipnya merupakan pengaturan nyala padam (on/off) SCR.

Daya input Chopper berupa sumber tegangan searah yang kontinu. Apabila hanya pulsa trigger saja yang diberikan pada gate SCR utama, maka ia akan satu kali saja nyala dan setelah itu tidak akan pernah padam. Justru itulah diperlukan suatu rangkaian yang dapat membuat arus SCR menuju arus genggannya (I_H) dan juga suatu pulsa periode pada gatenya agar bias dinyalakan kembali.

Chopper ini terdiri dari SCR beban utama (SCR_1) yang bertindak sebagai pemeran utama dalam mengeluarkan daya ke beban dan SCR pembantu (SCR_2) yang berfungsi sebagai pengatur operasi kerja SCR_1 prinsip kerjanya :

Setelah chopper dihubungkan dengan sumber (E) maka arus tidak akan mengalir ke beban sebelum kedua SCR dinyalakan. pertama kali kapasitor C harus dimutasi sampai tegangannya mencapai tegangan sumber, yaitu dengan menyalakan SCR_2 . Pada ini tegangan SCR_2 . Akan turun menjadi nol.

Apabila tegangan kapasitor (V_c) sudah mencapai tegangan sumber, maka arus kapasitor menjadi nol, begitu juga arus I_{SCR_2} dan arus jatuh dibawah tegangan genggannya. Kemudian SCR_1 ditrigger sehingga arus mengalir dan tegangannya turun menjadi nol dan sumber terhubung dengan beban. Pada saat yang sama antara L dan C terjadi osilasi kontinu untuk setengah siklus, tapi Dioda D menghalangi atau memblok arus reverse yang mengalir, sehingga muatan C polaritasnya terbalik (-E). SCR_1 tetap nyala sampai SCR_2 ditrigger lagi. Arus pada SCR_2 akan memberikan tegangan negative pada SCR_1 dan memadamkannya.

Peralatan gelombang tegangan dan arus dari chopper

Rangkaian filter merupakan rangkaian yang berfungsi memperkecil factor ripple (riak) dari output suatu penyearah. Terdapat beberapa jenis rangkaian penyearah, dimana masing-masing memberikan hasil yang berbeda terhadap bentuk tegangan dc yang keluar.

Semakin kecil factor ripple yang dihasilkan, maka bentuk gelombang arus searah yang dihasilkan menjadi lebih baik (rata).

Faktor Ripple

Perbandingan antara tegangan dc yang keluar terhadap tegangan ac yang ikut serta hasil output recifier, yang diberi notasi "r".

$$r = \frac{\text{komponen ac}}{\text{komponen dc}} \times 100\%$$

Suatu rumus yang digunakan untuk menghitung factor ripple adalah

$$r = \left[\frac{v_{rms}}{v_{dc}} \right] - 1 \times 100\%$$

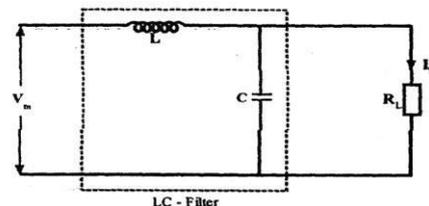
Dimana,

V_{dc} = harga rata-rata tegangan dc yang keluar dari penyearah

V_{rms} = harga efektif dari tegangan ac yang keluar dari suatu penyearah

LC-Filter

Rangkaian filter digunakan untuk lebih meratakan output tegangan rectifier ataupun chopper yang akhirnya merupakan input tegangan inverter, ini terlihat pada gambar 4.4 berikut :



Gambar 4. Rangkaian perata arus, LC-Filter

Prinsip kerja LC-Filter ini dapat diuraikan sebagai berikut :

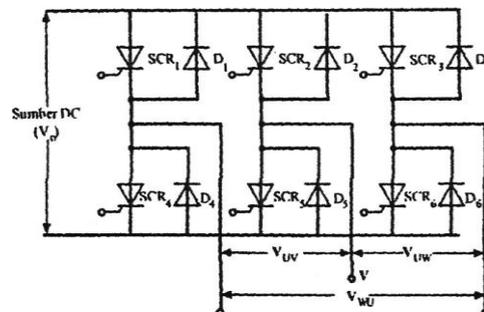
Bentuk gelombang tegangan searah rata-rata, dari chopper masih

mempunyai komponen ac yang tidak diinginkan dan komponen dc yang diinginkan. Besar tegangan ini akan menggerakkan komponen L (inductor berinti besi, choke) kapasitor C dan tahanan RL. Choke dihubungkan seri dengan beban dan C dihubungkan parallel dengan terminal beban. Choke akan melewati komponen dc dengan mudah, karena reaktansi induktif adalah nol untuk arus searah ($X_L = 2\pi \cdot f \cdot L = 0$, pada $f=0$). Kemudian C seolah – olah terbuka terhadap arus searah, karena reaktansi kapasitansi tak terhingga besarnya $X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \infty$ tak terhingga, sehingga komponen dc yang keluar dari choke akan mengalir ke beban choke dalam hal ini menghalangi komponen ac susah untuk melewati choke. Kemudian setiap komponen ac yang sanggup melewati choke ini akan lebih suka mengalir melalui C (X_C sangat rendah) dibandingkan dengan tahanan beban. Jelas terlihat disini bahwa choke dan kapasitor sebagai pembagi tegangan ac yang berfungsi melemahkan komponen ac sehingga factor semakin kecil.

Inverter Jembatan 3-Fasa

Rangkaian ini berfungsi merubah – ubah daya arus searah menjadi bentuk daya arus bolak-balik dengan frekuensi yang bervariasi. Inverter yang dimaksud disini bukanlah sebuah MG-set yang merubah arus melalui motor dc yang menggerakkan generator ac, tapi yang dimaksud yaitu sebuah inverter dengan SCR sebagai elemen lama. Inverter yang memberikan daya pada prekuensi yang variable bagi system penggerak motor ac biasanya merupakan inverter 3-fasa. Sebuah batere juga dapat digunakan dapat sebagai cadangan bila sumber cadangan bolak balik yang diberikan terputus. Inverter ini mempunyai 6 buah SCR yang diatut membentuk sebuah rangkaian jembatan yang dihubungkan

secara berurutan meniru suatu himpunan tiga fasa pada terminal diberikan pada moto. Bentuk rangkaian inverter ini dapat dilihat melalui gambar 4.5.



Gambar 5. Rangkaian inverter jembatan tiga fasa

Pengaturan Frekuensi Output Inverter

Frekuensi dari tegangan bolak – balik yang dibangkitkan inverter, merupakan hal sangat penting dalam mengatur putaran motor. Pada prinsipnya frekuensi itu akan berubah apabila periode ($f=1/T$). frekuensi akan semakin kecil apabila periode atau lamanya waktu yang diperlukan untuk mencapai 1 siklus diperbesar dan begitu sebaliknya. Dengan demikian frekuensi keluaran dari inverter dapat merubah yaitu dengan cara mempercepat untuk memperlambat pelayanan SCR dalam membentuk 1 periode.

Apabila diinginkan frekuensi dibawah frekuensi nominal motor, maka periode tegangan bolak – balik yang dibangkitkan inverter harus diperbesar atau dengan kata lain harus memperlambat pelayanan SCR dari periode nominal motor.

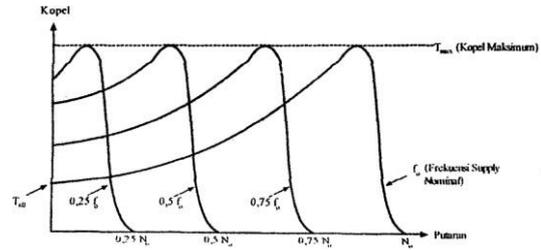
Dalam permasalahan ini perlu diketahui putaran motor yang dapat diatur hanya dibawah putaran nominal, karena pemberian frekuensi diatas frekuensi nominal akan melebihi kemampuan nominal motor (rating). Misalnya besar periode pada frekuensi

nominal 50 Hz adalah 20 mdet. Bila diinginkan frekuensi 25 Hz untuk suatu putaran tertentu, maka periode harus diperlambat 2 kali dari periode nominal yaitu 40 mdet sebab : $T_{25\text{HZ}} = 1/25 = 40$ mdet.

Dengan demikian, penyalan SCR harus diperlambat supaya periode yang dihasilkan menjadi 40 mdet.

Jadi pada penghantar 180° , SCR yang semualanya menyala selama 10 mdet (pada 50 Hz) harus dirubah menjadi 20 mdet pada frekuensi 25 Hz untuk setengah periode. Kemudian besar tegangan terminalstator harus juga rubah menjadi setengah dari tegangan nomial motor yaitu dengan mengatur lamanya penyalan SCR utama terhadap periode pemotongan yang di operasikan pada alat penggal dc chopper.

Untuk melihat efek perubahan frekuensi terhadap putaran motor, dapat dilihat dari karakteristik putaran kopel pada frekuensi yang variable dan dengan menjaga fluks resultan dari motor selalu konstan, seperti terlihat pada gambar 6



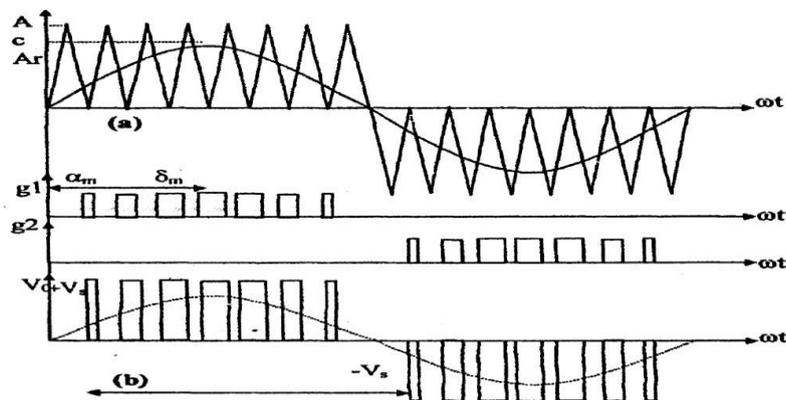
Gambar 6. Karakteristik putaran kopel, pada f variable dan ratio V/f konstan

Dari karakteristik ini terlihat bahwa, apabila sebuah motor induksi 3 fasa dirubah frekeunsinya dari nomina, maka putarannya juga akan turut berubah. Kemudian untuk menjaga fluks resultan motor konstan, maka perbandingan V/f harus dijaga konstan.

Pada setiap perubahan frekuensi, ternyata kopel maksimum yang dihasilkan adalah tetap. Sedangkan kopel mula menjadi semakin besar apabila frekuensi diperkecil.

Modulasi Lebar Pulsa Sinusoidal (sinusoidal PWM)

Bila pada tehnik PWM ganda lebar pulsanya sama, maka lebar yang dihasilkan dengan SPMW ini bervariasi dengan amplitude gelombang sinus (gelombang referensi) yang dievaluasi.



Gambar 7. Modulasi lebar pulsa ganda
(a) Pembangkit sinyal gerbang dan
(b) Tegangan keluaran

Frekuensi keluaran (f_0) inverter didapat dengan mengatur frekuensi gelombang referensi (f_r), sementara nilai puncaknya (amplitude) Ar mengatur indeks modulasi (M) mengontrol lebar pulsa (β) yang dihasilkan, yang kemudian mengatur tegangan keluar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Rangkaian Sistem Perubahan Frekuensi:

Rangkaian system perubahan frekuensi dalam mengatur putaran motor, mulai dari sumber daya sampai kekumpanan stator motor, dalam hal ini terjadi perubahan daya arus bolak balik sumber daya menjadi bentuk daya bolak balik dengan frekuensi variable.

Hasil Percobaan:-

Data – data peralatan:-

Three Phase Motor

Type = AO₂7124
Rpm = 1400 r/min
Daya = ½ Hp
Ins. CLB = IP44
Power = 380V
Arus = 12A
Conn = Y
Nos = 745308

IV.1.2. Alat Pengatur Frekuensi (inverter) Multi Fungsi

ALTIVAR 18 KW/5HP
380 /460V
MERK : TELEMECANIQUE
TYOE : SQUARED
IV.7.1.3. Alat pengukur putaran
HAND TACHOMETER
MERK. TECLOCK
56756
JAPAN

Hasil Pengukuran :-

Tabel 1. Hasil Pengukuran Percobaan Frekuensi (f) pada putaran (rpm)

No	Frekuensi	Putaran (rpm)	$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$
1	10	300	300
2	20	600	600
3	30	900	900
4	40	1170	1200

N_s : stator = stator (ditutup)

$$N_s = \frac{120f}{p} - p = 4$$

$$F = 10 : N_s = \frac{120 \times 10}{4} = 300$$

$$F = 20 : N_s = \frac{120 \times 20}{4} = 600$$

N_r = diukur

5. SIMPULAN

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan serta pembahasan-pembahasan yang di kemukakan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- Rangkaian inverter berfungsi sebagai pengontrol kecepatan motor induksi tiga fase, dan memiliki beberapa keuntungan antara lain :
 - Putaran motor dapat diatur dengan cara merubah-ubah frekuensi.
 - Start awal putaran motor tidak mengalami sentakan
 - Dapat menghemat konsumsi daya listrik
 - Pada tipe tertentu dapat diaplikasikan dengan PLC.
- Inverter memiliki system proteksi yang sangat sensitive terhadap gangguan – gangguan yang terjadi baik yang berasal dari luar system maupun dari dalam system, antara lain :
 - Kapasitas bebas suatu motor dapat dengan tiba – tiba melebihi rating normal, kemudian inverter memberikan respon untuk mengamankan dan inverter akan trip.

- b) Hubung singkat yang terjadi akibat benda cair maupun sejenis benda loga, antara fase ke fase.
3. Tehnik modulasi lebar pulsa dikembangkan untuk mengatur prekuensi dan tegangan keluaran inverter serta menekan kandungan harmoniknya.
 4. IGBT terpilih menjadi peralatan semikonduktor daya karena waktu pensaklaran yang tinggi dan rugi pensaklaran yang relative rendah.

Sebagai contoh aplikasi untuk teknik sinusoidal PWM dengan prekuensi pembawa (f_c) 3 KHZ dan prekuensi keluaran 30 Hz, indeks modulasi 0,2.

$$\text{Modulasi frekuensi} = \frac{f_c}{f_o} = \frac{3000}{30} = 100$$

$$\text{Jumlah pulsa per } \frac{1}{2} \text{ gelombang} = \frac{mf}{2} = 50 \text{ pulsa}$$

Didapatkan $a_{49} = 174,2211^\circ$ lalu lebar pulsa ke-49 (Q_{49}) = 0,131891

$A_{50} = 174,1461^\circ$ artinya transitor menyala selama $\frac{Q_{49}}{w} =$

$$\frac{0,131891}{2\pi \cdot 30} = 701$$

5. Inverter LG/SV004iC5-1F dapat memberikan berbagai variasi frekuensi yang dapat disesuaikan pada aplikasi dan inverter LG menyediakan beberapa type untuk disesuaikan dalam aplikasi system produksi.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. J Napitupulu, L Siahaan, Studi Flicker Pada Start Motor Asinkron, Jurnal Teknologi Energi Uda: Jurnal Teknik Elektro 9 (1), 1-7, 2020.
2. Zuhail, "Dasar Tehnik tenaga listrik dan elektronika daya", Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1988.
3. B>L< Theraja A Tex Book Of Electrical Thenology I. SI "System Of Unit", publication Division Of Nirja Contruaction And Dvelopment Co. (P) Ltd. New Delhi 1982.
4. B,L Theraja anda AT,K Theraja, "Power Electronics New Edition" Publication Chand New Delhi, 2001
5. P.C Sen Power Electronics", 2th tata Mc graw Hill New Delhi 1982.
6. Muhammad h. Rashid "Elektronika Daya Edisi 8", Terjemahan Penerbit Erlangga 1999.
7. Cyrell Lender, "Power Electronics: , Edition 12th" Practince Hall New York 1982.
8. Manual book Inverter LG/SV00iC5-IF
9. Albert Paul Malvino Phd. "Electronic Principles", Tata mc graw Hill Publishing Company Ltd. New delhi 1976.
10. Charles L. Alley, "Elektronik Engineering", Wyley and Sons inc, New York 1973.