

Alternator Fasa Tiga 12 Volt Untuk Praktik di Laboratorium

Teguh Yuwono
Jurusan Teknik Elektro PSD III Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Abstract

Performing an equipment to train the skille area student of costly adequate 3 phase alternator encumbering enough. So that student fulfilled the requiement learn skilled of encumbering of 3 phase alternator, need there is solution of levying of unit the skilled alternator 3 phase. One of the way is make by self, modifying car alternator become the 3 phase alternator.

Keyword: emf alternator

Pendahuluan

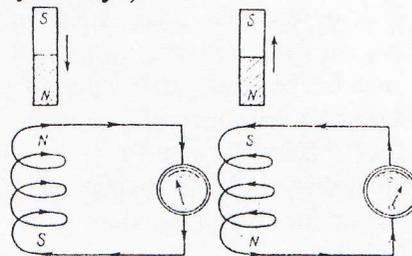
Alternator merupakan pembangkit listrik bolak-balik, berkemampuan sampai ratusan mega watt, yang sampai saat ini belum tergantikan oleh pembangkit listrik lain. Alternator adalah mesin listrik yang mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik melalui medium medan elektromagnet. Proses perubahan tenaga terjadi pada jangkar dalam alternator. Tegangan *emf* (*electromagnetic forces*) yang diinduksi kan pada jangkar ketika konduktor memotong medan magnet dari kutub-kutub magnet alternator. Alternator terdiri dari dua bagian utama, stator dan rotor. Stator bagian mesin yang diam, dan rotor bagian mesin yang berputar. Untuk mesin yang besar, magnet pembangkit medan terletak sebagai rotor, disebut mesin berkutub dalam, sedangkan untuk mesin kecil sampai sedang, pada umumnya magnet pembangkit medan terletak sebagai stator, disebut mesin berkutub luar.

Induksi Elektromagnet

E.Kh.Lenz (1833) melalui percobaannya, batang magnet tetap dimasukkan ke dalam lorong-belitan penghantar, kedua ujung belitan tersebut dipasang alat ukur dan membentuk rangkaian tertutup. Saat batang magnet

dimasukkan ke dalam lorong belitan terjadi peningkatan intensitas medan magnet dan jarum alat ukur menyimpang ke kiri, tetapi saat saat batang magnet ditarik dari lorong belitan terjadi penurunan intensitas medan magnet dan jarum bergerak menyimpang sebaliknya. Lihat gambar 1. *Lenzs* berkesimpulan bahwa perubahan intensitas medan magnet yang menginduksi penghantar dapat menimbulkan listrik.

Bila peningkatan dan penurunan mmedan magnet itu dinyatakan dengan perubahan fluks maka berlaku kaidah *Lenz* yang berbunyi "*arah emf terinduksi adalah demikian sehingga sebab yang menimbulkannya ditentang*". Arus induksi (sebagai akibat dari perubahan fluks) selalu terarah sedemikian rupa, hingga medan magnet yang dibangkitkannya merintangi perubahan fluks (yang menjadi penyebabnya).



Gambar 1 Percobaan *Lenz's*

Menurut *Faraday*, ahli fisika bangsa Inggris, yang hidup antara tahun 1791-1867, menyampaikan kertas kerja pada tahun 1831, bahwa interaksi elektro-mekanika antara penghantar yang berada dalam perubahan medan magnet fluks (ϕ) terbangkitkan *emf*, dan dinyatakan oleh *Faraday* bahwa: "*emf yang terinduksi dalam suatu untai sama dengan nilai negatif laju perubahan fluks magnet melalui untai ataupun turunan fluks magnet ke waktu*". Ditulis dalam rumus:

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

Bila penghantar dengan jumlah N belitan, maka persamaan (1) menjadi:

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

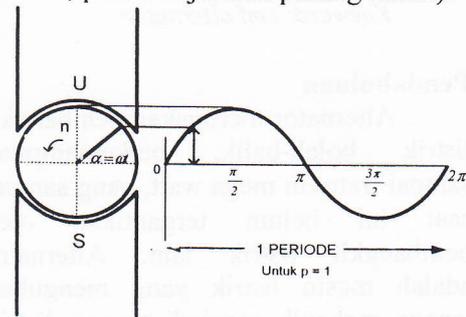
Mesin Pembangkit Listrik bolak-balik

Terbangkitnya *emf* dalam penghantar oleh perubahan intensitas medan magnet dari kutub-kutub magnet dalam mesin pembangkit, maka agar terjadi perubahan intensitas medan magnet dalam mesin, mesin pembangkit listrik bolak-balik dapat di buat sebagai berikut:

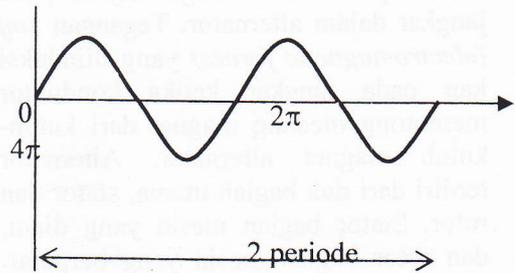
- Mesin pembangkit listrik bolak-balik (alternator) dengan magnet-magnet digerakkan (diputar, sebagai rotor) dan penghantar diam tetap sebagai stator. Alternator ini disebut mesin berkutub dalam.
- Alternator dengan penghantar yang digerakkan (bergerak berputar sebagai rotor) dan magnet-magnet diam tetap dalam kerangka stator. Mesin ini disebut alternator berkutub luar.
- Mesin dimana tidak mempunyai bagian yang berputar, tetapi mampu membangkitkan *emf* yang begitu besar, juga mampu memperkecil *emf*, dengan adanya perubahan intensitas induksi medan magnet. Mesin ini disebut transformator.

Frekuensi

Waktu yang digunakan untuk menggerakkan dua buah kutub yang tak senama yang berurutan melalui sebuah penghantar (kumparan) sama dengan satu periode. Dalam satu periode dihasilkan satu gelombang penuh, jadi satu periode adalah waktu yang diperlukan untuk terbentuknya satu gelombang penuh. Pada alternator 2-kutub, gambar 2, waktu yang digunakan untuk satu putaran sama dengan satu periode. Pada alternator 4-kutub, waktu yang digunakan untuk satu putaran sama dengan dua periode. Kemudian untuk generator P-kutub, waktu yang digunakan untuk satu putaran sama dengan p periode (P adalah jumlah kutub, p adalah jumlah pasang kutub).



(a)



(b)

Gambar 2 Pembangkitan Gelombang Sinus

- Satu pasang kutub, satu putaran satu periode
- Satu putaran dua periode untuk dua pasang kutub

Pada mesin empat kutub setiap satu kali putaran mesin, *emf* yang ditimbulkan sudah menyelesaikan dua siklus penuh, atau dengan kata lain 360° perputaran mekanik sama dengan 720°

perputaran listrik, secara umum dapat dituliskan:

$$\theta_e = \frac{P}{2} \theta_m \quad (3)$$

dimana: P = jumlah kutub

θ_e = sudut listrik

θ_m = sudut mekanik

Dari persamaan (3) diketahui, bahwa untuk setiap satu siklus *emf* yang dihasilkan mesin menyelesaikan $P/2$ kali putaran. Pada tiap-tiap perputaran rotor ber kutub ganda, *emf* menjalani siklus satu periode. Jumlah periode tiap detik dinamakan *frekuensi* dinyatakan dalam Hertz (disingkat Hz) dan dinyatakan dengan huruf f .

Karena itu frekuensi listrik bolak-balik dapat dituliskan :

$$f = \frac{P \cdot n}{2 \cdot 60} = \frac{P \cdot n}{120} \text{ Hz} \quad (4)$$

dimana: f = frekuensi (Hertz=H)

n = rotasi per menit (r.p.m.)

$n/60$ = rotasi per detik

Sehingga kecepatan putaran alternator dapat dituliskan:

$$n = \frac{120 \cdot f}{P} \text{ r.p.m} \quad (5)$$

Dalam artikel ini, untuk menggerakkan alternator dikopel dengan motor, yang mempunyai putaran 1420 r.p.m. Karena kutub alternator tetap maka agar dapat diperoleh frekuensi listrik yang sesuai, putaran alternator harus disesuaikan dengan pemasangan puli motor dengan perbandingan sesuai rumus :

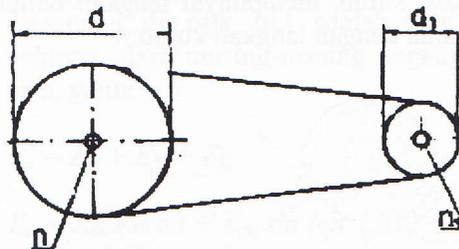
$$d \cdot x \cdot n = d_1 \cdot x \cdot n_1 \quad (6)$$

Dimana : d = diameter puli motor (2 inchi)

d_1 = diameter puli alternator (6 inchi)

n = kecepatan motor = 1420

Diameter puli alternator sebesar tiga kali lipat diameter puli motor maka kecepatan alternator berputar lebih pelan dari motor. Kecepatan motor tertulis 1420 r.p.m sehingga dengan menggunakan rumus (6) diperoleh kecepatan alternator (n_1) sebesar 490 r.p.m. Oleh karena itu alternator mengeluarkan frekuensi sebesar 49 Hz, mendekati 50 Hz.,sesuai dengan rumus (4).



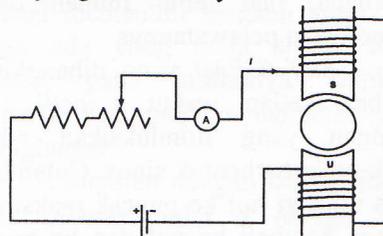
Gambar 3 Perbandingan kecepatan poros

Penguatan Medan

Penguatan medan pada alternator digunakan untuk menguatkan medan magnet sehingga *emf* E yang ditimbulkan besar, semakin besar arus penguatan, medan magnet semakin kuat.

Penguatan medan menggunakan sumber arus searah yang bisa didapat dari sumber arus searah lain, baterai, disebut penguatan terpisah. Penguat medan secara terpisah dapat juga diambil dari power suplai.

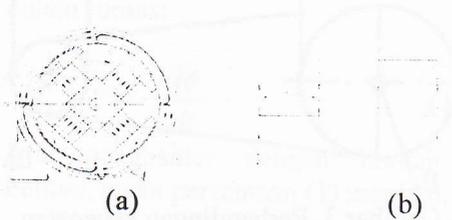
Apabila arus penguatan didapat dari alternator itu sendiri disebut penguatan sendiri. Penguatan medan ini dengan mengambil listrik dari alternator kemudian diseearahkan dengan dioda untuk penguat kutubnya . .



Gambar 4 Dsar rangkaian penguat medan terpisah pada alternator kutub luar

Alternator Fasa Satu

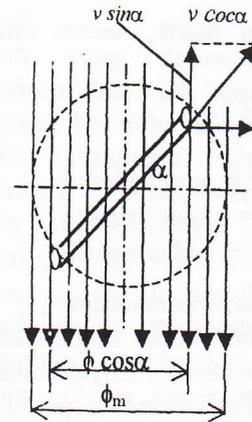
Pada kumparan alternator satu fasa statornya terdiri dari satu belitan. Untuk memberikan ilustrasi sederhana pada gambar diperlihatkan sebuah inti stator yang pada salah satu sisinya dipotong terbuka dan dibentangkan pada bidang datar. Terlihat pada gambar 5 belitan terpusat dalam satu alur dalam satu kutub, mempunyai langkah belitan sama dengan langkah kutub.



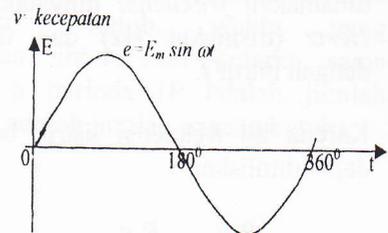
Gambar 5 Alternator satu fasa
(a) Alternator satu fasa 4 kutub
(b) Bentangan belitan jangkar 4 kutub

Pembangkitan tenaga listrik yang sampai saat ini banyak digunakan yaitu dengan memutar magnetnya, magnet sebagai rotor. Jangkar alternator dari belitan penghantar berada diam di stator. Cara ini lebih sederhana dan lebih hemat dan aman. Hemat karena tidak memakai cincin-cincin seret dan sikat-sikat, aman karena tidak lagi kemungkinan timbul bunga api antara sikat-sikat dan cincin-cincin seret. Pemakaian tenaga listrik yang dibangkitkan langsung dihubungkan pada terminal dari belitan jangkar alternator yang terpasang pada kerangka stator, lebih praktis, sederhana, dan lebih mudah dalam pemeriksaan perawatannya.

Emf (GEM) yang dibangkitkan berubah setiap waktu t detik, dan tegangan yang diinduksikan adalah bolak-balik berbentuk sinus. Gelombang sinus ini dari nol ke puncak maksimum positif, kembali ke nol dan ke puncak negatif, dan kembali ke nol lagi. Lihat gambar 6(b).



(a)



(b)

Gambar 6 Putaran potongan dalam medan magnet

- (a) Potongan kumparan dalam medan magnet;
(b) Gelombang sinus yang dibangkitkan

Menurut persamaan $E = -d\phi / dt$, fluks magnet terbesar yang dipotong sisi kumparan adalah fluks maksimum ϕ_m , dan fluks sesaat yang dipotong sisi kumparan adalah : $\phi = \phi_m \cos \alpha$, dan sudut α berputar menurut ωt , sehingga persamaan menjadi:

$$E = - \frac{d\phi_m \cdot \cos \omega t}{dt}$$

$$E = \phi_m \cdot \omega \cdot \sin \omega t, \text{ dimana : } \phi_m \omega = E_m$$

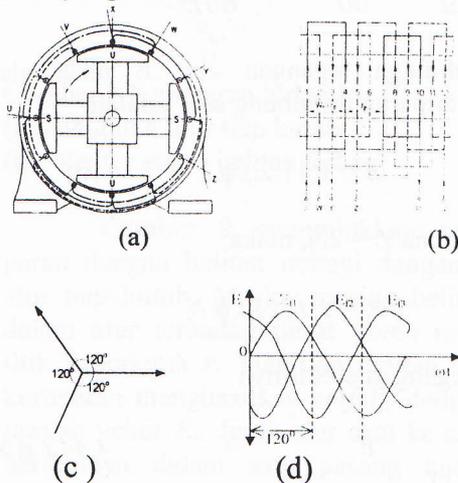
$$E = E_m \sin \omega t$$

(7)

Jadi tegangan listrik bolak-balik yang dibangkitkan adalah tegangan maksimum yang berubah setiap saat menurut periode gelombang sinus.

Alternator Fasa Tiga

Konstruksi alternator fasa tiga pada dasarnya sama dengan alternator fasa satu perbedaannya terletak pada kumparan statornya. Kumparan fasa tiga dikatakan juga sebagai belitan-arus-putar, yang terdiri atas 3 belitan yang sama dengan tempat kedudukan dalam alur yang berbeda. Tiap-tiap belitan dipandang sebagai belitan fasa satu, jadi masing-masing dikerjakan dengan cara yang sama.



Gambar 7 Alternator tiga fasa
 (a) Alternator tiga fasa 4 kutub dengan 1 alur/ kutub/fasa
 (b) Bentangan belitan alternator tiga fasa 4 kutub dengan 1 alur/kutub/fasa
 (c) Vektor diagram
 (d) Gelombang fasa tiga

Belitan fasa tiga akan membangkitkan *emf* E dalam belitannya dan berputar sesuai letak posisi belitan satu terhadap yang lain. Dalam gambar 7(c), vektor fasa tiga membangkitkan gelombang listrik putar, gambar 7(d). Artinya fasa yang satu dapat lebih positif terhadap fasa yang lain secara berturut perputaran fasa, fasa satu terhadap yang lain berbeda 120° listrik. Belitan pada umumnya diletakkan di jangkat stator, medan magnetnya yang berputar sebagai rotor.

Jika belitan fasa pertama adalah E_{f1} belitan fasa ke dua adalah E_{f2} , dan belitan fasa ke tiga adalah E_{f3} , maka dapat dituliskan:

$$E_{f1} = E_{fm} \sin \omega t$$

$$E_{f2} = E_{fm} \sin (\omega t - 120^\circ)$$

$$E_{f3} = E_{fm} \sin (\omega t - 240^\circ)$$

Nilai efektif dari masing-masing tegangan fasa tersebut:

$$E_{f1} = E_{fm} / \sqrt{2};$$

$$E_{f2} = E_{fm} / \sqrt{2};$$

$$E_{f3} = E_{fm} / \sqrt{2}$$

Tegangan di titik nol adalah jumlah vektoris dari masing-masing tegangan fasa, yaitu:

$$E_o = E_{f1} + E_{f2} + E_{f3}$$

$$E_o = E_{fm} \sin \omega t + E_{fm} \sin (\omega t - 120^\circ) + E_{fm} \sin (\omega t - 240^\circ)$$

$$E_o = E_{fm} (\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t - \frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \omega t - \frac{1}{2} \sin \omega t + \frac{1}{2} \sqrt{3} \cos \omega t)$$

$$E_o = 0 \quad (8)$$

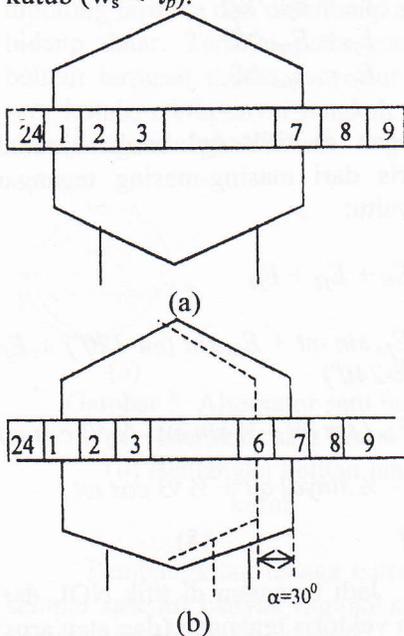
Jadi tegangan di titik NOL dari jumlah vektoris tegangan (dan atau arus) yang sama besar yang menuju satu titik adalah besarnya NOL, ini sesuai dengan Hukum Kirchhoff's.

8. Tegangan Induksi Dalam Kumparan Terbagi

Belitan jangkar alternator yang terletak di stator terbagi merata memenuhi lingkup lingkaran kerangka stator. Pelaksanaan belitan ini ada yang sesuai memenuhi langkah kutub, tetapi juga ada yang tidak sesuai langkah kutub, pada umumnya langkahnya diperpendek untuk menghemat panjang penghantar.

Kumparan dengan belitan diperpendek sebesar sudut α derajat elektris adalah belitan tali-busur. Adanya diperpendek langkah belitan kumparan-bagi, *emf* E , yang merupakan tegangan induksi, pada saat yang sama akan terjadi perbedaan nilai induksi tegangan, perbedaan ini terjadi posisi penempatan batang sisi kumparan dalam

alur yang berbeda antara kumparan satu dengan yang lain. Pada belitan terpusat, faktor langkah lebar belitan sama dengan faktor langkah kutub ($w_s = \tau_p$). Untuk belitan tali busur, diperpendek, langkah belitan akan lebih kecil beberapa derajat elektris dari langkah kutub ($w_s < \tau_p$).



Gambar 8 Penampang belitan
 (a). Belitan langkah penuh;
 (b). Belitan diperpendek

Belitan tali-busur menjadikan tegangan induksi dalam kumparan tidak lagi simetris, tidak selaras dengan fluks kutub, yaitu menjadi vektoris diantara sisi-sisi kumparannya. Tegangan induksi emf E akan dipengaruhi oleh faktor perpendekan belitan, dan faktor langkah belitan. Faktor langkah belitan ini didefinisikan sebagai: $w_s =$

$$w_s = \frac{\text{Jumlah Vektor Tegangan Induksi Tiap Sisi Kumparan}}{\text{Jumlah Aljabar Tegangan Induksi Tiap Sisi Kumparan}}$$

$$w_s = \frac{2E_s \cos 30^\circ / 2}{2E_s}$$

$$w_s = \cos \frac{1}{2} \alpha \quad (9)$$

Selanjutnya bila sebuah alternator dengan jumlah kutub P yang

dapat menghasilkan fluks ϕ , dan alternator mempunyai jumlah kumparan N dengan sisi-sisi kumparan yang tersambung seri adalah $Z (=2N)$, dan alternator dapat menghasilkan frekuensi f . Dalam satu putaran rotor ($n/60$ detik) tiap kawat penghantar memotong fluks (ϕP) weber, sehingga $\Delta\phi = \phi P$ dan $\Delta t = 60/n$, maka GEM E tiap kawat penghantar

$$\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{\phi \cdot P \cdot n}{60} = \frac{\phi \cdot P \cdot 120f}{60P} = 2f\phi$$

sehingga tegangan emf E pada sisi kumparan terhubung seri adalah:

$$E = 1,11 \cdot 2 \cdot f \cdot \phi \cdot Z \quad (10)$$

karena $Z = 2N$, maka:

$$E = 1,11 \times 4 \cdot f \cdot \phi \cdot N$$

tegangan efektifnya

$$E = \dots \quad (11)$$

Dimana 1,11 adalah faktor puncak dari gelombang sinus, yaitu perbandingan sinusoida dengan nilai rata-ratanya,

$$\left\{ \frac{E_m / \sqrt{2}}{E_m / \pi} \right\} = 1,10989011 \approx 1,11.$$

Dengan memperhitungkan faktor langkah belitan w_s diperoleh :

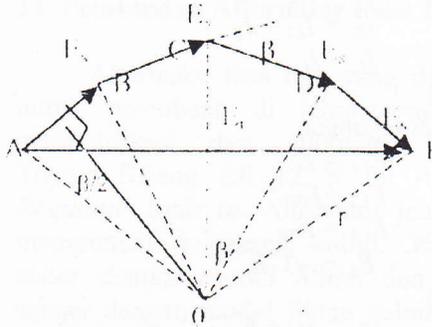
$$E = 4,44 \cdot w_s \cdot f \cdot \phi \cdot N \quad (12)$$

untuk kumparan terpusat $w_s = 1$, diperoleh :

$$E = 4,44 \cdot f \cdot \phi \cdot N$$

Untuk kumparan-bagi, belitan mempunyai faktor distribusi w_d didefinisikan jumlah vektor tegangan induksi emf belitan terdistribusi dibagi jumlah aljabar tegangan induksi emf belitan terdistribusi, dapat dituliskan: $w_s =$

Jumlah Vektor Tegangan Induksi Tiap Sisi Kumparan
Jumlah Aljabar Tegangan Induksi Tiap Sisi Kumparan



Gambar 9 Kumparan terbagi
 (a). Belitan 4 alur tiap kutub;
 (b). Vektor emf 4 belitan terbagi

Gambar 9 menunjukkan kumparan dengan belitan terbagi dengan 4 alur tiap kutub. Masing-masing belitan dalam alur terhadap pusat poros rotor titik 0 berjarak r . Tiap-tiap belitan sisi kumparan menghasilkan emf E_s dengan jumlah vektor E_r . Jarak alur satu ke alur berikutnya dalam satu pasang kutub dinyatakan dengan sudut $\beta = 180^\circ / (\text{jumlah alur per kutub})$. Bila jumlah alur per kutub adalah g , dan setiap alur ditempati batang penghantar membangkitkan emf E_s , maka jumlah aljabar emf dalam rengkuh kutub adalah $(g \cdot E_s)$. emf E_s sama dengan garis vektoris $AB = 2r \cdot \sin \beta/2$, sehingga

Jumlah aljabar tegangan induksi emf = $g \cdot 2r \cdot \sin \beta/2$

Jumlah vektor tegangan induksi sama dengan resultan tegangan-tegangan induksi kumparan yang direngkuh kutub ditunjukkan oleh garis AE sama dengan E_r . Vektoris AB; BC; CD; dan DE dibentuk oleh parabolis lingkaran keliling mesin sehingga berbeda sudut sebesar β sejumlah kumparan tiap kutub dengan sudut sebaran fasa sebesar $g \cdot \beta$. Mengingat kedudukan kumparan pada bidang parabolis lingkaran mesin, maka Jumlah vektoris tegangan induksi emf

$$= 2r \cdot \sin g \cdot \beta/2$$

Sehingga diperoleh faktor sebaran belitan kumparan:

$$W_d = \frac{2r \cdot \sin(1/2 \cdot g \cdot \beta)}{2r \cdot g \cdot \sin(1/2 \cdot \beta)}$$

$$= \frac{\sin(1/2 \cdot g \cdot \beta)}{g \cdot \sin(1/2 \cdot \beta)}$$

(13)

Persamaan (12) menjadi :

$$E = 4,44 \cdot w_s \cdot w_d \cdot f \cdot \phi \cdot N \quad (14)$$

Dimana :

E = tegangan induksi yang dibangkitkan, dalam Volt

w_s = faktor langkah belitan

w_d = faktor distribusi, sebaran kumparan dalam rengkuh kutub

g = jumlah alur/kutub/fasa

$\beta = 180^\circ / (\text{jumlah alur/kutub})$

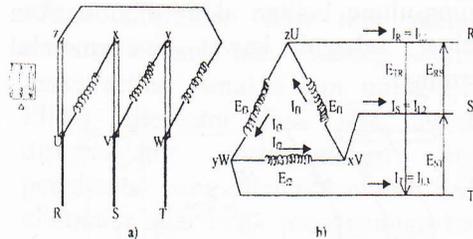
f = frekuensi, dalam Hertz (Hz) atau cycle per second (c.p.s)

ϕ = fluks magnet tiap kutub, dalam Weber

N = jumlah belitan

9. Belitan Hubung Delta (Δ)

Belitan hubung *delta* merupakan hubungan putar, ujung belitan akhir pertama dihubungkan dengan ujung awal belitan kedua, ujung akhir belitan kedua dihubungkan dengan ujung awal belitan ketiga, dan ujung akhir belitan ketiga dihubungkan dengan ujung awal belitan pertama.



Gambar 10 Belitan hubungan *delta*

(a). Hubungan pelaksanaan pada terminal;

(b). Arus dan tegangan line

Masing-masing belitan membangkitkan tegangan induksi E_{f1} ; E_{f2} ; dan E_{f3} ; masing-masing sejajar dengan E_{RS} ; E_{ST} ; dan E_{TR} sebagai tegangan line, maka:

$$\begin{aligned}
 E_{RS} = E_{ST} = E_{TR} = E_L &= \text{tegangan line} \\
 E_{f1} = E_{f2} = E_{f3} = E_f &= \text{tegangan fasa} \\
 E_L = E_f & \\
 (15)
 \end{aligned}$$

Besar arus :

$$\begin{aligned}
 I_R = I_{L1} ; I_S = I_{L2} ; \text{ dan } I_T = I_{L3} \\
 I_L = \sqrt{3} \cdot I_f \\
 (16) \\
 I_f = I_L / \sqrt{3} \\
 (17)
 \end{aligned}$$

Tenaga listrik yang dikeluarkan oleh alternator dengan beban seimbang, yaitu : tegangan fasa sama, arus fasa sama, dan sudut pergeseran fasa juga sama, tenaga listriknya adalah:

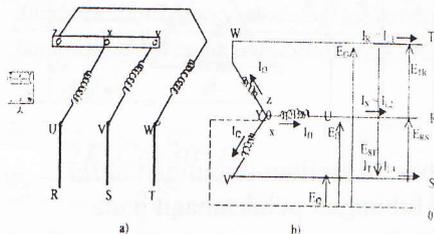
$$P = 3 E_f I_f \cos \varphi \quad (18)$$

Karena: $E_L = E_f$, dan $I_f = I_L / \sqrt{3}$, diperoleh:

$$\begin{aligned}
 P &= 3 E_L I_L / \sqrt{3} \cos \varphi \\
 P &= \sqrt{3} \sqrt{3} E_L I_L / \sqrt{3} \cos \varphi \\
 P &= \sqrt{3} E_L I_L \cos \varphi \text{ Watt} \\
 (19)
 \end{aligned}$$

10. Belitan Hubung Star (Y)

Belitan hubung star, ujung belitan pangkal dihubungkan menjadi satu sebagai titik nol dengan kawat netral atau kawat nol, masing-masing ujung-ujung belitan akhir dihubungkan keluar sebagai kawat line melalui terminal.



Gambar 11 Belitan hubungan star
 (a) hubungan pelaksanaan pada terminal
 (b) Tegangan dan arus line

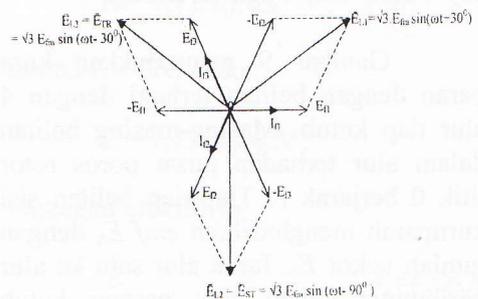
Masing-masing belitan membangkitkan tegangan induksi E_{f1} ; E_{f2} ; dan E_{f3} . Dan masing-masing arus :

$$\begin{aligned}
 I_{f1} = I_{L1} = I_R \\
 I_{f2} = I_{L2} = I_S \\
 I_{f3} = I_{L3} = I_T \\
 I_L = I_f \\
 (20)
 \end{aligned}$$

Besar tegangan

$$\begin{aligned}
 E_{L1} = E_{RS}; \\
 E_{L2} = E_{ST}; \\
 E_{L3} = E_{TR} \\
 E_L = \sqrt{3} \cdot E_f \\
 (21)
 \end{aligned}$$

$$E_f = E_L / \sqrt{3} \quad (22)$$



Gambar 12 Vektor arus sefasa ($\varphi = 0$) dengan tegangan

Tenaga listrik yang dikeluarkan oleh alternator dengan beban seimbang, yaitu: tegangan fasa sama, arus fasa sama, dan sudut pergeseran fasa juga sama, tenaga listrik adalah:

$$P = 3 E_f I_f \cos \varphi \quad (23)$$

Karena: $E_f = E_L / \sqrt{3}$, dan $I_f = I_L$, diperoleh:

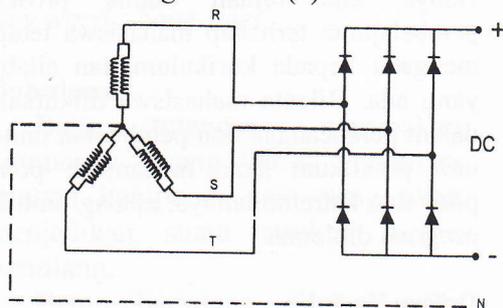
$$\begin{aligned}
 P &= 3 E_L / \sqrt{3} I_L \cos \varphi \\
 P &= \sqrt{3} \sqrt{3} E_L / \sqrt{3} I_L \cos \varphi \\
 P &= \sqrt{3} E_L I_L \cos \varphi \text{ Watt} \\
 (24)
 \end{aligned}$$

Jadi, daya listrik alternator tiga fasa antara hubungan delta dan star adalah sama besar. Perbedaannya terletak pada besar arus line dibagi akar tiga, dan tegangan line sama dengan tegangan fasa, untuk

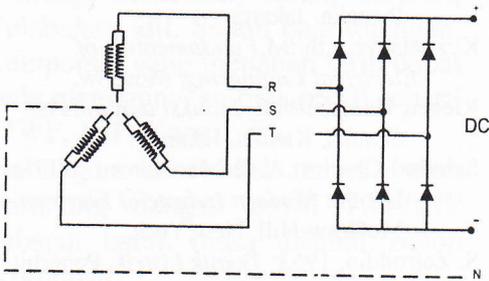
hubungan *delta*. Untuk hubung *star* tegangan line dibagi akar tiga, dan arus line sama dengan arus fasa.

11. Pembuatan Alternator Fasa Tiga

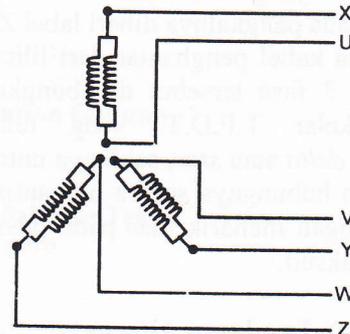
Alternator fasa tiga yang dipakai untuk percobaan di laboratorium ini memodifikasi dari alternator mobil Toyota Kijang Efi 12 V 80 Ah *IC Regulator built in*. Alternator jenis ini mempunyai 6 pasang kutub, 36 slot stator dengan model lilitan dua lapis sejajar dengan model lilitan gelombang sebanyak 6 kali putaran tiap fasanya. Pemilihan alternator tipe ini karena mempunyai belitan parallel yang dapat menghasilkan arus output lebih besar dibanding dengan satu belitan saja. Diharapkan untuk mempermudah dalam pengamatan pada pembacaan alat ukur dalam percobaan nantinya. Alternator tipe ini pada dasarnya alternator fasa tiga yang telah terhubung *star*. Untuk menghasilkan listrik searah ketiga fasanya dihubungkan dengan 6 buah dioda. Lihat gambar 13(a).



(a)



(b)



(c)

Gambar 13

- (a) Hubungan lilitan alternator 3 fasa hubung *star* dengan 6 buah dioda sebagai penyearahnya
- (b) Alternator dengan lilitan dan dioda setelah dilepas hubungannya
- (c) Hubungan lilitan alternator tiga fasa

Dari gambar 13(b) terlihat bahwa alternator tersebut memakai hubung *star* dimana pangkal tiap fasanya disatukan. Pertemuan antar pangkal fasa tersebut disebut sebagai kawat netral N. Ujung-ujung yang lain pada tiap fasanya yang dihubungkan dengan dioda diputus, terjadilah alternator tiga fasa.

Setelah dinamo arus searah diubah menjadi alternator fasa tiga hubung *star*, pangkal pertemuan fasa (lilitan) sebagai netral (N) juga dilepas supaya belitan fasa tiga dapat dihubungkan *delta* atau juga dihubungkan *bintang*, lihat gambar 13(c).

Supaya mudah dalam merangkai lilitan alternator fasa tiga menjadi hubung *bintang* atau hubung *segitiga*, maka setiap pangkal dan ujung-ujung lilitan alternator fasa tiga tersebut diperpanjang menggunakan kabel penghantar yang dikeluarkan dari badan alternator agar tidak mengganggu kerja alternator.

Untuk memudahkan dalam penyambungan *delta* atau *star*, pangkal dan ujung belitan diberi diberi label sebagai berikut :

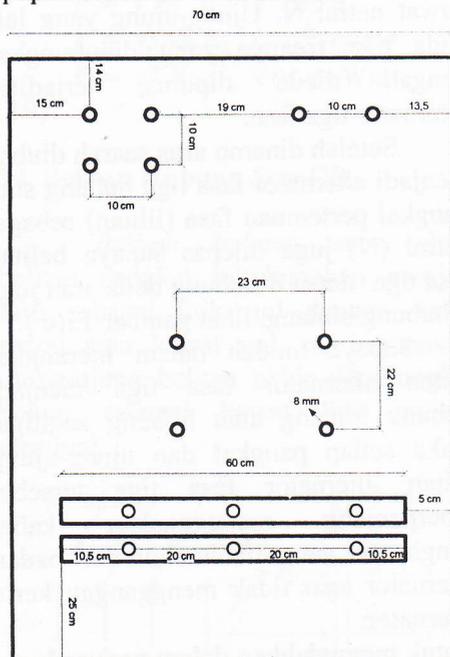
- a) Fasa R ujung lilitan diberi label U dan pada pangkalnya diberi label X
- b) Fasa S ujung lilitan diberi label V dan pada pangkalnya diberi label Y

- c) Fasa T ujung lilitan diberi label W dan pada pangkalnya diberi label Z

Semua kabel penghantar dari lilitan alternator 3 fasa tersebut dihubungkan pada sakelar T.P.D.T. yang telah dihubungkan *delta* atau *star*, sehingga untuk mengubah hubungannya secara bergantian hanya dengan menarik tuas pada posisi yang dimaksud.

Pembuatan Landasan Alternator

Landasan alternator dibuat dari papan kayu yang telah dipotong dan dirangkai menjadi papan persegi panjang dengan ukuran 100 cm x 70 cm x 1.5 cm. Landasan ini akan menopang perangkat alternator fasa tiga yang dikopel dengan motor listrik (motor kapasitor) fasa satu dan juga sebagai landasan bagi papan panel lainnya. Landasan ini juga sebagai tempat instalasi perkabelan. Agar penampilan landasan ini lebih menarik perlu dicat dengan warna tertentu dan setiap tepi papan diberi lis aluminium.



Gambar 14 Landasan alternator dan perangkat lain

Penutup

Alternator sebagai alat merubah energi mekanik menjadi energi listrik

melalui perubahan intensitas medan magnet (ϕ) dalam penghantar. Bilamana penghantar mempunyai lilitan dengan jumlah besar dan perubahan intensitas medan magnet juga besar akan membangkitkan *emf E* yang besar pula.

Alternator hubungan *star* untuk menghasilkan tegangan line yang besar, karena tegangan line sama dengan akar tiga kali tegangan fasa, sedangkan arus line sama dengan arus fasa. Alternator hubungan *delta* untuk menghasilkan arus line yang besar, karena arus line akar tiga kali arus fasa, sedangkan tegangan line sama dengan tegangan fasa.

Alternator walaupun dihubungkan *star* atau *delta* tetap mempunyai daya yang sama dalam beban seimbang. Alternator hubungan *delta* dilakukan hanya untuk percobaan-percobaan laboratorium. Pada kenyataan dilapangan alternator dihubungkan *star*.

Pengadaan alat-alat laboratorium dengan merancang dan membuat sendiri jelas sangat menghemat anggaran belanja laborat. Hanya saja tujuan utama proses pembelajaran terhadap mahasiswa tetap mengacu kepada kurikulum dan silabi yang ada. Bilamana mahasiswa diikutkan dalam perancangan dan pembuatan unit-unit praktikum akan menambah pola pikir dan ketrampilannya, apalagi untuk program diploma.

Daftar Pustaka

- Johannes, 1978: *Listrik dan Magnet*. Balai Pustaka, Jakarta.
- Kuznetsove, t.th.: *M.Fundamentals of Electrical Engineering*, Moscow.
- Rieger, Heinz, 1988: *Induksi dan Induksi Sendiri*, Katalis, Jakarta.
- Schuler, Charles .A. & Mc. Namee, William L, t.th.: *Modern Industrial Electronic*, McGraw-Hill, New York.
- S. Zeiruddin, 1953: *Teknik Listrik*. Penerbit H.STAM, Jakarta.
- Theraja, B.L., 1988: *A Text-Book of Technology in S.I. Sistem of Units*. Ram Nagar L, New Delhi.
- Zuhail, 1982: *Dasar Tenaga Listrik*. ITB, Bandung.