

II. MOTOR LISTRIK.

1. Prinsip dasar.

Motor listrik adalah alat pengubah (konversi) energi yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berbentuk putaran.

Dasar dari perubahan energi ini adalah hukum BIOT SAVART yang berbunyi :

Bila suatu konduktor sepanjang 1 meter diletakkan pada suatu medan magnet uniform, yang memiliki kerapatan fluk sebesar B wb/m , dan pada konduktor tersebut dilewatkan arus sebesar I ampere, yang membentuk sudut dengan medan magnet itu, maka pada konduktor itu akan timbul gaya yang berusaha untuk menggerakkan konduktor itu. Gaya ini disebut gaya LORENTZ^{1>}, dimana besar gaya dinyatakan oleh :

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha$$

dimana :

F = gaya lorentz (newton)

B = kerapatan flux (wb/m²)

I = arus (ampere)

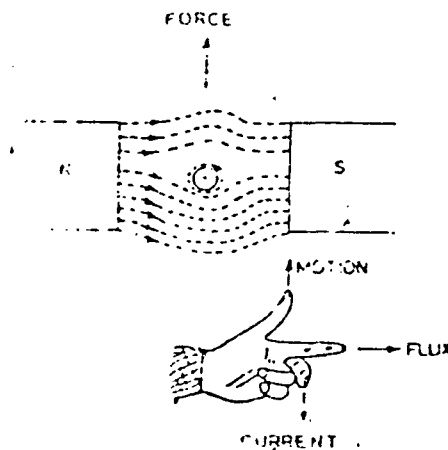
^{1>}Dhogan, PS. 1985. Basic Electrical Engineering With Numerical Problem Vol I. New Delhi : Mac Graw Hill, hal 103.

l = panjang konduktor (meter)

α = sudut antara arah arus dan arah medan magnet

Sedangkan arah gaya dinyatakan dengan aturan "tangan kiri" Flemings seperti terlihat pada gambar ini, dimana:

- a. Jari telunjuk menunjukkan arah medan.
- b. Jari tengah menunjukkan arah arus.
- c. Ibu jari menunjukkan arah gerakan.



Gambar 2.1

ATURAN TANGAN KIRI FLEMING

2. Jenis - jenis motor listrik.

2.1. Motor listrik arus searah.

Motor listrik dengan sumber arus searah menurut jenis penguatan (eksitasi)nya dibedakan menjadi 2 yaitu :

- a. Motor DC dengan penguatan bebas (free excitation).

Yang penguatannya mendapatkan tegangan dari luar.

- b. Motor DC dengan penguatan sendiri (self excitation).

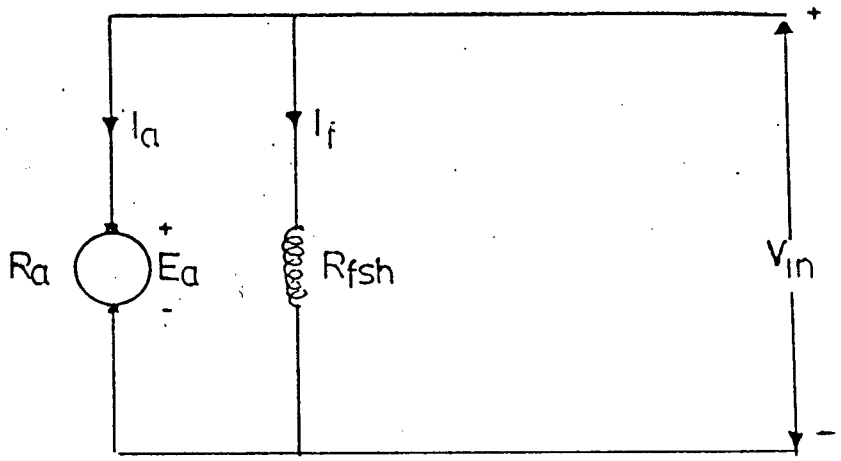
Yang penguatannya mendapatkan tegangan dari mesin itu sendiri.

Motor ini terdiri dari :

- Motor DC Shunt.

Pada motor DC jenis ini kumparan medan dan kumparan jangkar dihubungkan paralel sehingga masing-masing mendapat sumber tegangan yang sama.

Pada motor jenis ini berlaku hubungan seperti terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2.

RANGKAIAN LISTRIK PADA MOTOR DC SHUNT

Pada gambar 2.2 berlaku hubungan sebagai berikut :

$$V_{in} = I_a \times R_a + E_a \dots\dots\dots(1)$$

$$V_{in} = I_f \times R_{fsh} \dots\dots\dots(2)$$

Dengan mengasumsikan Ra dan Rfsh konstan dan

$$E_a = k.n.\Phi \dots\dots\dots(3)$$

Maka $E_a = V_{in} - I_a \times R_a$

$$k.n.\Phi = V_{in} - I_a \times R_a$$

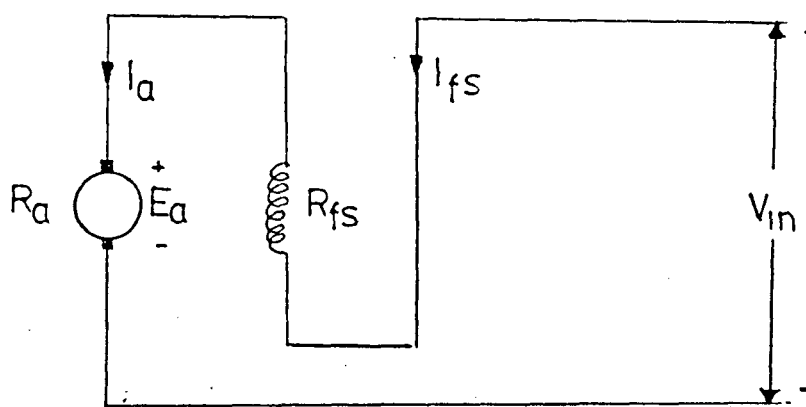
$$n = \frac{V_{in} - I_a \times R_a}{k.\Phi} \dots\dots\dots(4)$$

Di sini dapat dilihat bahwa putaran dapat diatur dengan cara :

1. Merubah harga V_{in} berarti merubah sumber tegangan.
2. Merubah harga R_a :
 - Dengan menambah tahanan terhubung seri dengan kumparan jangkar.
3. Merubah harga Φ berarti merubah arus medannya yang dapat dilakukan dengan cara :
 - Menambah tahanan terhubung seri dengan kumparan medan.

- Motor DC seri

Motor DC seri adalah motor yang kumparan medan dan kumparan jangkarnya dihubungkan seri. Rangkaian listrik motor ini dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3.

RANGKAIAN LISTRIK MOTOR DC SERI

Pada gambar 2.3. dapat dilihat hubungan sebagai berikut :

$$I_a = I_{fs} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_{in} = E_a + I_a (R_a + R_{fs}) \dots\dots\dots(6)$$

Dengan mengasumsikan R_a , R_{fs} konstan dan $E_a = k.n.\Phi$

maka $V_{in} = k.n.\Phi + I_a (R_a + R_{fs})$

$$k.n.\Phi = V_{in} - I_a (R_a + R_{fs})$$

$$n = \frac{V_{in} - I_a (R_a + R_{fs})}{k.\Phi} \dots\dots\dots(7)$$

Dari sini dapat dilihat bahwa pengaturan kecepatan (n) dapat dilakukan dengan cara :

1. Merubah tegangan masuk (V_{in})
2. Merubah I_a dengan cara :

Menambah tahanan yang seri dengan kumparan jangkar dan medan.

3. Merubah Φ yang berarti sama dengan merubah I_a .

- Motor DC Kompon,

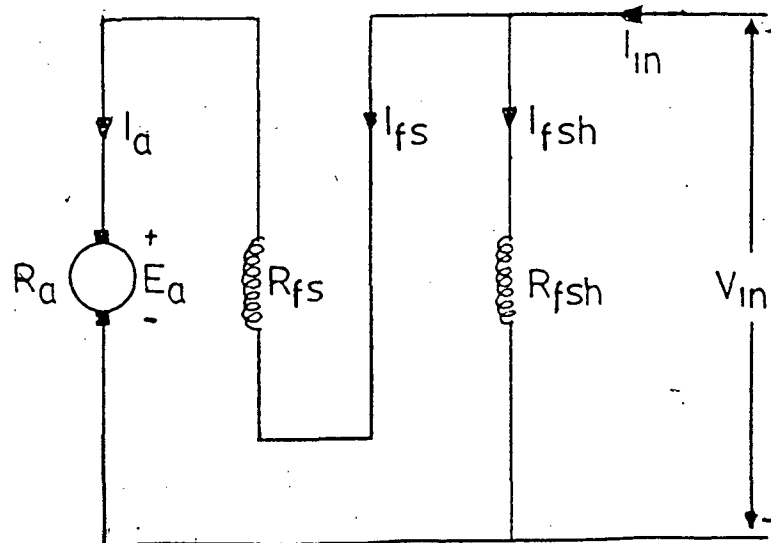
Motor DC kompon adalah motor dc yang memiliki kumparan medan tambahan yang berfungsi membantu atau melawan kumparan medan utama.

Motor DC kompon dibedakan menjadi dua :

- Motor DC kompon panjang

Adalah motor DC yang memiliki kumparan seri yang dihubungkan seri dengan kumparan jangkar dan kedua kumparan ini dihubungkan paralel dengan kumparan

shunt. Lihat gambar 2.4.



Gambar 2.4.

RANGKAIAN LISTRIK MOTOR DC KOMPON PANJANG

Dimana $I_{in} = I_{fs} + I_{fsh}$

$$E_a = V_{in} - I_a (R_a + R_{fs})$$

$$I_{fs} = I_a$$

$$I_a = k \cdot n \cdot \Phi$$

$$V_{in} = I_{fsh} \times R_{fsh}$$

Dimana R_{fs} = tahanan pada kumparan seri

R_{fsh} = tahanan pada kumparan shunt

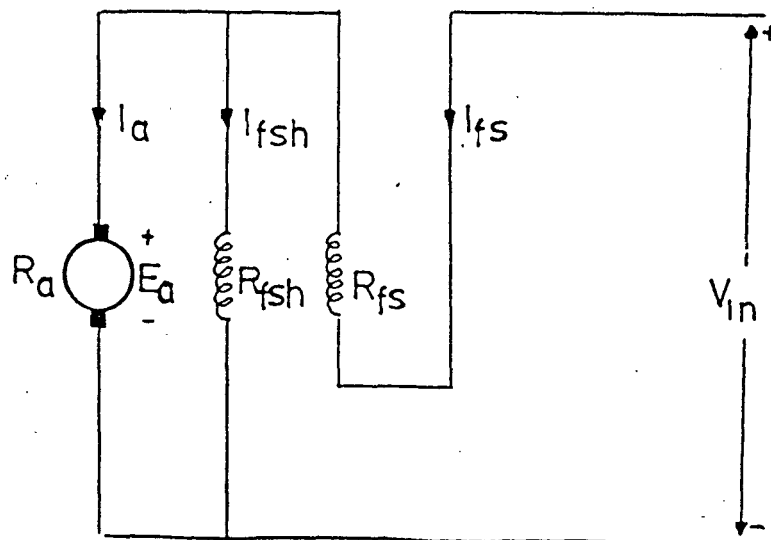
R_a = tahanan pada kumparan jangkar

- Motor DC kompon pendek

Motor ini hampir sama dengan motor DC kompon panjang.

Perbedaannya terletak pada letak dari kumparan seri

dan kumparan shuntnya. Pada motor jenis ini kumparan shunt terhubung paralel dengan kumparan jangkar dan kedua kumparan ini terhubung seri dengan kumparan seri. Lihat gambar 2.5.



Gambar 2.5.

RANGKAIAN LISTRIK MOTOR DC KOMPON PENDEK

Disini berlaku : $I_{in} = I_{fs} = I_a + I_{fsh}$

$$E_a = V_{in} - I_a \times R_a - I_{fs} \times R_{fs}$$

$$E_a = k.n.\Phi$$

Sedangkan menurut fungsinya kompon dibedakan menjadi dua :

- Kompon bantu yaitu kumparan tambahan yang berfungsi membantu medan utama.
- Kompon lawan yaitu kumparan tambahan yang berfungsi melawan medan utama.

3. Motor DC Seri.

Motor DC seri adalah jenis motor DC yang saat ini paling banyak digunakan di masyarakat umum, baik dibidang industri maupun dibidang lain. Ini disebabkan oleh sifat-sifat istimewa dari motor ini.

Secara umum sifat-sifat itu adalah ;

- a. Motor DC jenis ini memiliki kumparan jangkar yang terhubung seri dengan kumparan utama.
- b. Motor ini dapat diberi sumber tegangan searah atau sumber tegangan bolak-balik. Motor DC seri dengan disain khusus untuk menggunakan sumber tegangan bolak-balik disebut juga universal motor.
- c. Memiliki torsi start yang tinggi, sehingga sangat baik untuk beban-beban tetap (misal : pompa air, mixer, dan lain-lain).
- d. Biasa bekerja pada putaran tinggi.

3.1. Karakteristik-karakteristik motor DC seri.

a. Karakteristik putaran-arus beban (N/I_a)².

Pada motor DC berlaku persamaan tegangan :

$$V_{in} = E_a + I_a \times R_a \quad \dots\dots(1)$$

$$n = \frac{V_{in} - I_a \cdot R_a}{k \cdot \Phi} \quad \dots\dots(2)$$

Dimana :

V_{in} = tegangan input motor

E_a = tegangan pada kumparan jangkar

I_a = arus kumparan jangkar

R_a = Tahanan kumparan jangkar

k = konstanta

Φ = fluks pada kumparan jangkar

Sedangkan pada motor DC seri juga berlaku

$$K \cdot \Phi = K_a \cdot I_a$$

$$I_f = I_a$$

$$\Phi = k \cdot I_f = k \cdot I_a$$

$$I_a = \frac{k}{K_a} \cdot \Phi$$

Dari dua persamaam di atas didapat kecepatan

$$n = \frac{V_{in} - I_a \cdot R_a}{K_a \cdot I_a} \dots\dots\dots(3)$$

$$n = \frac{V_{in}}{K_a \cdot I_a} - \frac{I_a \cdot R_a}{K_a \cdot I_a} \dots\dots\dots(4)$$

$$n = \frac{V_{in}}{K_a \cdot I_a} - \frac{R_a}{K_a} \dots\dots\dots(5)$$

Bila V_{in}/K_a konstan = C_{in}

R_a/K_a konstan = C_a

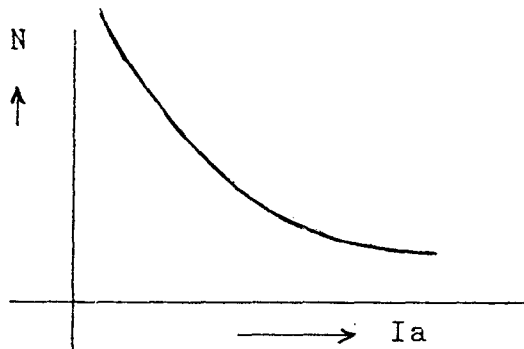
Maka pada motor DC seri berlaku

$$n = C_{in} \cdot (I_a)^{-1} - C_a \dots\dots\dots(6)$$

$$n = C_{in} \frac{1}{k' \cdot I T} - C_a$$

$$n = \frac{K'}{\sqrt{T}} - C_a \dots\dots\dots(7)$$

Persamaan ini dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 2.6

GRAFIK PUTARAN -- ARUS BEBAN (N/I_a) MOTOR DC SERI

b. Karakteristik torsi arus beban (T/I_a).

Pada motor Dc seri berlaku untuk daya :

$$E_a \cdot I_a = \frac{2 \cdot \pi \cdot T \cdot N}{60} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Sedangkan } E_a = \frac{P \cdot N \cdot \Phi \cdot Z}{60 \cdot A} \dots\dots\dots(2)$$

Dari kedua persamaan didapat :

$$2 \cdot \pi \cdot N \cdot 60 \cdot A = P \cdot N \cdot \Phi \cdot Z \cdot I_a \cdot 60$$

2) Ibid hal 146

$$T = \frac{P \cdot N \cdot \Phi \cdot Z \cdot I_a \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot N \cdot 60 \cdot A}$$

$$T = \frac{P \cdot N \cdot Z \cdot \Phi \cdot I_a}{A}$$

$$T = K \cdot \Phi \cdot I_a = K \cdot \Phi^2 \dots\dots\dots(3)$$

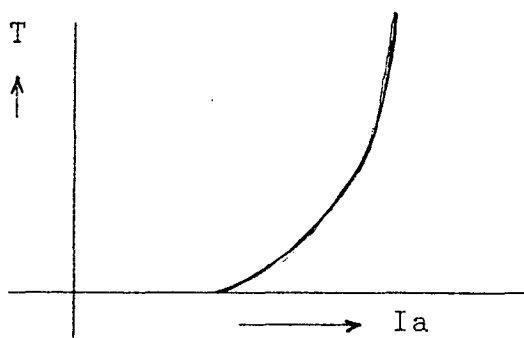
$$\Phi = K \cdot \sqrt{T} \dots\dots\dots(4)$$

$$I_a = K' \cdot \sqrt{T}$$

Dimana

$$K = \frac{P \cdot N \cdot Z}{A} \dots\dots\dots(5)$$

Dari persamaan tersebut dapat digambarkan



Gambar 2.7

GRAFIK TORSI -- ARUS BEBAN (T/I_a) MOTOR DC SERI

Dari grafik terlihat bahwa kurva tidak dimulai dari titik nol, karena pada arus yang terlalu kecil dimana arus ini tidak dapat menghasilkan gaya yang cukup untuk menggerakkan poros motor. Sehingga torsi tidak timbul.

Pada motor DC seri fluks dibangkitkan sebanding dengan arus beban dan arus medan ($\Phi = I_a$) sehingga :

$$\begin{aligned} T &= K \cdot I_a \cdot I_a \\ &= K \cdot I_a^2 \end{aligned}$$

c. Karakteristik putaran torsi (N/T).

Di atas telah dibuktikan bahwa pada motor DC seri berlaku

$$T = K \cdot I_a^2$$

Sedangkan

$$n = C_{in} \cdot (I_a)^{-1} - C_a$$

Jika dianggap bahwa

$$I_a = C_{in} \cdot (n)^{-1}$$

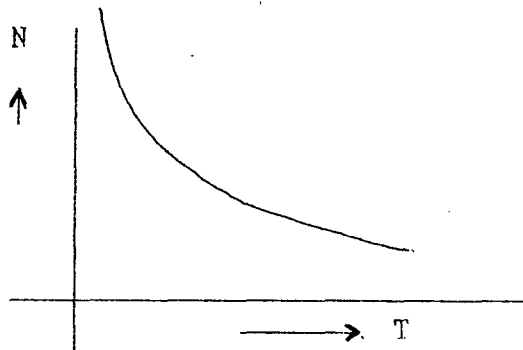
Maka

$$T = K \cdot (C_{in}/n)^2$$

$$T = \frac{K}{n^2}$$

$$n = \frac{k \cdot V_{in}}{\sqrt{T}} - k \text{ konstanta}$$

Persamaan ini dapat digambarkan dalam grafik seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8

GRAFIK PUTARAN -- TORSI (N/T) MOTOR DC SERI

4. Motor Universal.

4.1. Pengertian Dan Konstruksi Motor Universal.

Yang dimaksud dengan motor universal adalah suatu motor yang bisa beroperasi bila dihubungkan dengan suplai arus searah maupun suplai arus bolak balik satu fasa dengan kecepatan dan output yang hampir sama.

Motor universal ini memiliki konstruksi yang sederhana, hampir sama dengan motor dc seri, yaitu hanya terdiri atas kumparan jangkar dan kumparan medan.

Motor dc seri dapat diberi supply suplai arus bolak balik, tetapi motor ini tidak dapat bekerja dengan sempurna.

Hal ini disebabkan karena :

1. Fluks bolak-balik akan menyebabkan timbulnya arus eddy yang cukup besar pada inti kutub.
2. Bunga api akan timbul pada sikat arang, yang disebabkan karena tegangan dan arus yang terinduksi cukup besar dalam kumparan jangkar yang terhubung singkat selama periode komutasi.
3. Faktor daya rendah karena induktansi yang tinggi dalam kumparan medan dan kumparan jangkar.

Selanjutnya dengan sedikit perubahan dan penyempurnaan disain, maka motor DC seri ini dapat digunakan untuk supply arus bolak-balik.

Perubahan-perubahan itu antara lain :

1. Memberikan laminasi pada inti besi dari kumparan jangkar dan medan, ini akan mencegah/mengurangi timbulnya arus Eddy yang cukup besar.
2. Mengurangi jumlah lilitan pada kumparan medan agar supaya reaktansi kumparan jangkar dan kumparan medan berkurang, ini akan mengurangi kerugian daya.

Secara umum semua motor seri AC dilengkapi dengan kutub kompensator untuk memperbaiki komutasi seperti yang terjadi pada motor DC. Namun kutub kompensator ini sendiri tidak akan menghasilkan proses komutasi yang baik bila tidak dilengkapi dengan suatu rangkaian untuk menetralsir

tegangan induksi yang cukup besar pada kumparan jangkar yang terhubung singkat dengan adanya reaksi daripada transformator (pada motor DC seri tegangan induksi tersebut tidak ada).

Motor universal seperti halnya dengan motor kumparan seri lainnya memiliki torsi awal yang tinggi dan karakteristik kecepatan yang bervariasi. Motor ini sangat berbahaya pada kecepatan tinggidengan beban kosong. Hal ini yang menyebabkan kenapa motor universal digolongkan berdasarkan daya penggerakannya.

Secara umum motor universal dibuat dalam dua jenis, yaitu

- (a) Concentrated-pole, jenis tanpa kompensasi untuk daya yang kecil.
- (b) Distributed-pole, jenis dengan kompensasi untuk rating daya yang besar.

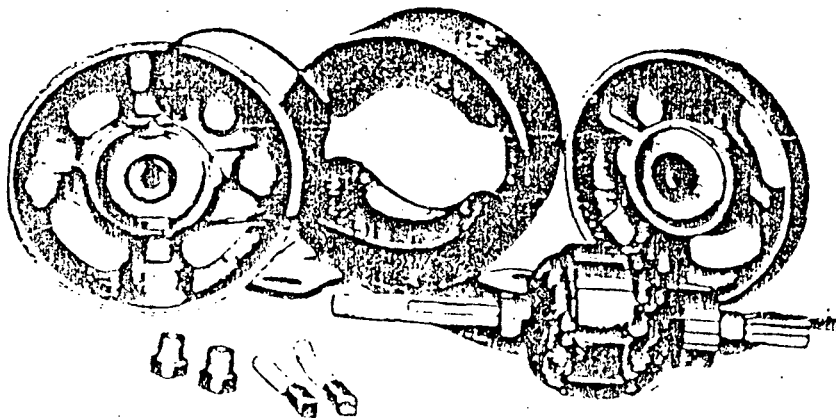
Motor universal tanpa kompensasi memiliki dua kutub yang salient, yaitu mirip dengan motor DC seri dua kutub, kecuali lintasan magnetiknya dilaminasi.

Jangkarnya adalah jenis wound (tergulung) dan sejenis dengan motor dc seri kecil. Jangkar ini terdiri atas inti yang terlaminasi serta memiliki slot-slot yang asiumetris dan komutator yang terhubung dengan ujung kumparan jangkar.

Pada motor universal dengan kompensasi yang medannya terdistribusi memiliki inti stator yang sama dengan motor

split phasa dan jangkarnya sama dengan motor seri dc kecil.

Pada motor tanpa kompensasi dengan dua kutub, tegangan yang diinduksikan oleh pengaruh transformator dalam kumparan selama komutasi tidak cukup untuk menyebabkan masalah serius mengenai komutasinya. Lebih dari itu, tahanan yang tinggi dari sikat arang dimaksudkan untuk menghindari komutasi. Seperti terlihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9

LAMINASI PADA STATOR MOTOR UNIVERSAL

4.2. Prinsip Kerja Motor Universal³⁾.

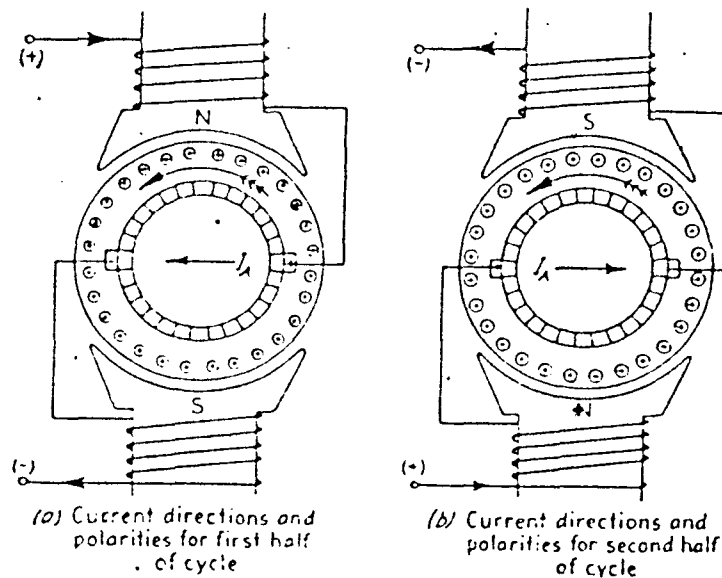
Prinsip kerja dari motor universal hampir sama dengan prinsip kerja motor DC seri, bedanya motor universal mampu beroperasi bila dihubungkan dengan supply DC maupun supply AC. Hal ini bisa terjadi karena arah torsi yang dihasilkan oleh motor universal ditentukan oleh kedua

polaritas dari medan fluks dan juga arah dari arus yang melalui kumparan jangkar. Berhubung arus yang melalui kumparan medan dan kumparan jangkar sama, maka arus tersebut akan mengikuti perubahan arus supply AC dari positif ke negatif demikian sebaliknya yang akan segera mempengaruhi polaritas medan dan arah arus yang melalui konduktor jangkar.

Pada gambar 2.10 ditunjukkan bahwa arah torsi motor seri selalu tetap meskipun polaritas dari suplai diubah-ubah. Dalam gambar 2.10 (a) terlihat bahwa pada setengah gelombang pertama, polaritas terminal adalah positif untuk kutub atas (utara) dan negatif untuk kutub bawah (selatan).

Dengan arus melalui kumparan jangkar dari kanan ke kiri maka, berdasarkan aturan tangan kiri Fleming's di dapat arah yang dinotasikan dengan x (cross) dan .(dot), di mana x (cross) menunjukkan bahwa arah medan konduktor menjauhi pengaman sedangkan titik (dot) menunjukkan bahwa medan konduktor mendekati pengaman. Maka dengan menggunakan aturan tangan kanan dari Fleming's maka akan diperoleh gaya yang akan memutar jangkar berlawanan dengan arah jarum jam.

³Siskind, Charles. 1988 Electrical Machines, 2 nd.ed. Japan Mc Graw Hiu. P 401.



Gambar 2.10

PENGARUH PERUBAHAN POLARITAS SUPLAI TERHADAP ARAH TORSI

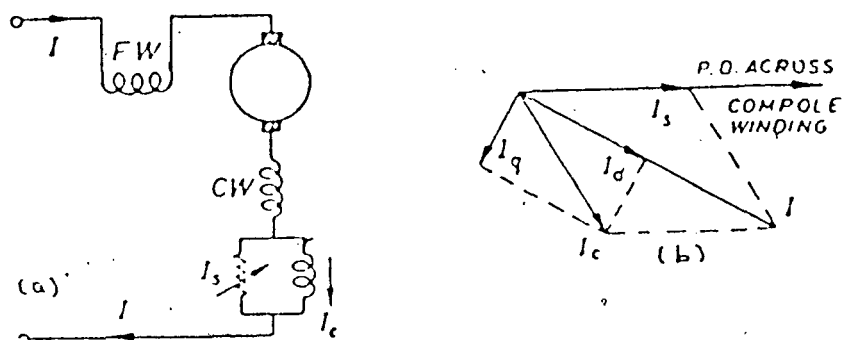
Pada gambar 2.10 (b) terlihat bahwa bila polaritas dari supply berbalik pada setengah gelombang berikutnya maka arah arus akan mengalir dari kiri ke kanan dan akibatnya arah medan konduktor akan berubah. Juga pada keadaan seperti itu, terlihat bahwa jangkar akan terus berputar dengan arah berlawanan dengan arah jarum jam.

Perlu diingat bahwa pada motor seri AC, fluks yang dihasilkan oleh kumparan medan adalah bolak-balik dan fluks tersebut menginduksikan tegangan dengan kumparan jangkar yang terhubung singkat selama komutasi. Kumparan medan bersama-sama kumparan jangkar menjalani komutasi sebagai kumparan primer dan selama proses komutasi kumparan jangkar berlaku sebagai kumparan sekunder yang terhu-

bung singkat. Transformator ini menghasilkan arus yang besar dalam kumparan jangkar selama proses komutasi sehingga mengakibatkan loncatan bunga api. (tanpa tegangan pada transformator dinetralsir). Metode ini seringkali digunakan pada motor-motor seri yang besar yang terdiri atas kumparan shunt pada tiap kutub komutasi dengan tahanan yang tak induktif seperti yang terlihat pada gambar 2.11.(a).

Pada gambar 2.11(b) diperlihatkan vektor diagram dari kutub komutasi paralel (shunt). Arus I_a melalui kutub kompensator yang mana tertinggal (lag) terhadap total arus motor, dapat dipecahkan menjadi dua komponen rectangular I_d dan I_q sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.11 (b). I_d menghasilkan fluks yang sama sephasa dengan total arus yang masuk motor I , sedangkan fluks yang dihasilkan oleh I_q tertinggal 90° terhadap I . Dengan pengaturan yang benar dari tahanan shunt (I_a), maka kecepatan tegangan yang dibangkitkan dalam kumparan yang terhubung singkat oleh perpotongan dari komponen yang tertinggal 90° dari kutub kompensator, fluks dapat digunakan untuk menetralsir tegangan induksi akibat adanya reaksi transformator.⁴⁾

⁴⁾Theraja, B.L.1984 A. Text Book of Electrical Technology New Delhi Nirja Counstruction P.988.



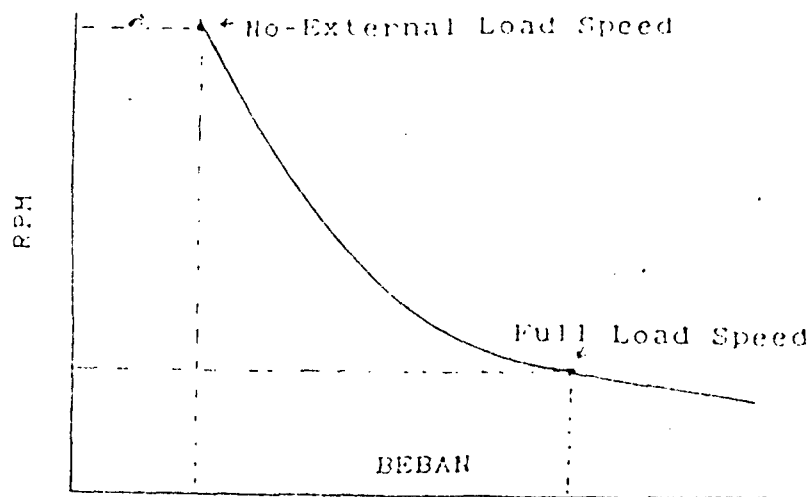
Gambar 2.11

KUTUB PARALEL DAN VEKTOR DIAGRAM

4.3. Karakteristik Motor Universal.

Motor universal memiliki kecepatan yang bervariasi seperti motor DC seri, yaitu memiliki kecepatan yang rendah pada saat diberi beban berat dan memiliki kecepatan yang tinggi bila diberi beban yang ringan. Tetapi dalam kenyataannya motor universal kecil yang diameter jangkar-nya kira-kira 1 sampai 2 inci hanya memiliki kecepatan 2000 rpm. Bahkan dalam keadaan beban kosong, kecepatan maksimum dari motor dibatasi oleh rugi-rugi gesekan dan usia belitan sehingga disebut sebagai "run away speed".

Pada umumnya karakteristik motor yang dilihat adalah karakteristik torsi (beban) terhadap kecepatan (putaran) motor, seperti yang terlihat pada gambar 2.12 berikut ini.



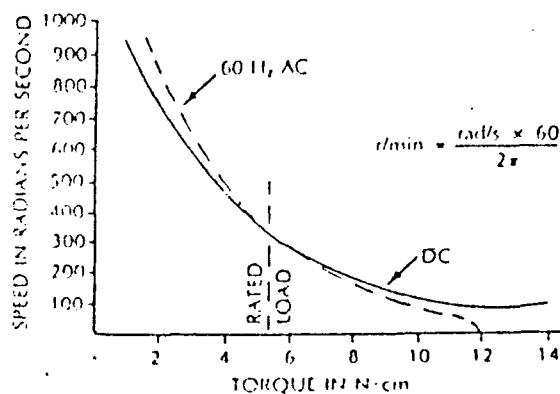
Gambar 2.12

KARAKTERISTIK BEBAN -- KECEPATAN MOTOR UNIVERSAL⁵⁾

Titik yang diberi tanda pada gambar 2.12 menunjukkan bahwa variasi kecepatan sangat banyak bahkan dalam beberapa motor kecepatan beban kosongnya bisa mencapai lima kali atau lebih besar daripada kecepatan beban penuh.

Namun dalam pengujian yang seringkali dilakukan diperoleh kenyataan bahwa karakteristik beban kecepatan motor universal untuk supply AC tidak sama (tidak persis sama), seperti terlihat dalam gambar 2.13.

5)Siskind, Charles S. Opceet P.406.



Gambar 2.13.6)

KARAKTERISTIK BEBAN -- KECEPATAN MOTOR UNIVERSAL DENGAN SUPLAI DC DAN SUPLAI AC

Untuk beberapa motor universal, ada yang kecepatan pada saat diberi supply AC lebih tinggi daripada diberi supply DC.

Beberapa faktor yang menyebabkan mengapa perubahan beban mengakibatkan perubahan kecepatan motor, yaitu :

- Pada arus AC terjadi drop pada jangkar dan tahanan medan dimana hal ini cenderung tidak mengurangi kecepatan motor bila beban diberikan.
- Pengaruh reaksi jangkar, yang mana cenderung untuk menaikkan kecepatan bila beban diberikan.
- Pada arus AC timbul faktor ketiga yaitu drop tegangan reaktansi yang cenderung untuk menurunkan kecepatan

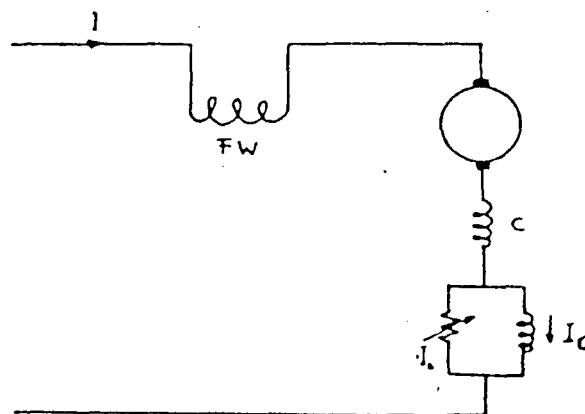
6) Bartkew, Walter L. and Sookhoo, Kenny T. 1986 Electrical Systems Technology Canada. MC.Graw Hill

dengan bertambahnya beban.

Dari faktor-faktor di atas dapat diambil kesimpulan bahwa pada beban yang ringan drop tegangan reaktansi dapat diabaikan sehingga motor cenderung untuk bekerja pada kecepatan yang lebih tinggi pada supply AC daripada dengan supply DC, namun sebaiknya pada beban berat maka drop tegangan reaktansi tidak dapat diabaikan begitu saja sehingga motor cenderung berputar lebih cepat untuk supply DC daripada supply AC.

4.3.1. Pengaturan kecepatan motor universal.

Untuk melakukan pengaturan kecepatan motor universal sebelumnya perlu diketahui parameter-parameter mana yang berpengaruh terhadap kecepatannya. Hal ini dapat diperoleh berdasarkan rangkaian ekuivalen dari motor universal (yang sama dengan motor DC seri) seperti pada gambar 2.14.



Gambar 2.14

RANGKAIAN EKIVALEN MOTOR UNIVERSAL

Dari rangkaian ini dapat diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$U = E + I \times R_{total} \dots\dots\dots(2-1)$$

atau bisa juga ditulis sebagai

$$E = U - I \times R_{total} \dots\dots\dots(2-2)$$

Sedangkan besarnya E diketahui sebagai :

$$E = c n \Phi \dots\dots\dots(2-3)$$

Dengan mengeliminir persamaan (2-2 dan 2-3) maka diperoleh :

$$c n \Phi = U - I \times R_{total}$$

$$n = \frac{U - I \times R_{total}}{c \Phi} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

n = kecepatan motor universal (rpm)

U = tegangan suplai (volt)

E = tegangan jangkar (volt)

I = arus suplai (ampere)

c = konstanta

Φ = fluks per kutub (weber/m²)

R total = tahanan total (ohm)

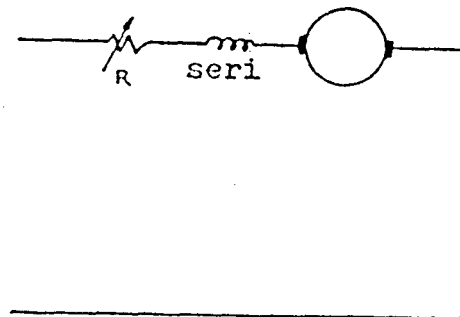
Dari persamaan (2-4) diketahui parameter-parameter yang mempengaruhi kecepatan putaran motor universal yaitu tegangan suplai (U), tahanan (R total) dan fluks (Φ).

Dari parameter-parameter ini maka didapatkan beberapa metode pengaturan kecepatan putaran motor yang dapat diurai-

kan sebagai berikut :7>

4.3.2.1. Metode Tahanan.

Dalam metode ini kecepatan putaran motor diatur dengan menggunakan suatu variabel tahanan R yang dihubungkan seri atau paralel dengan jangkar motor. Dengan mengubah besarnya variabel tahanan R tersebut kecepatan putaran motorpun akan berubah juga. Contoh penggunaan metode ini yaitu pada pengaturan kecepatan motor mesin jahit. Metode ini merupakan metode yang paling sederhana dan sangat ekonomis, akan tetapi kurang efisien dalam pemakaian daya dari motor rugi-rugi daya dalam tahanan ini cukup besar.



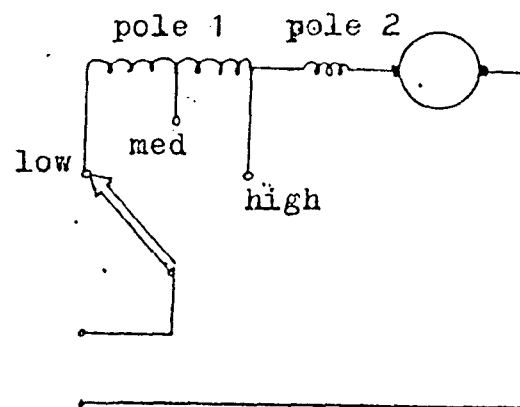
Gambar 2.15

METODE TAHANAN

7) Theraja, B.L. 1984 A Text Book of Electrical Technology. New Delhi P.968

4.3.2.2. Metode Tapped-field.

Pada metode ini kutub medan disadap (ditapped) pada titik-titik yang bervariasi dan kecepatannya diatur dengan mengubah-ubah uap medannya (Φ).



Gambar 2.16

METODE TAPPED - FIELD

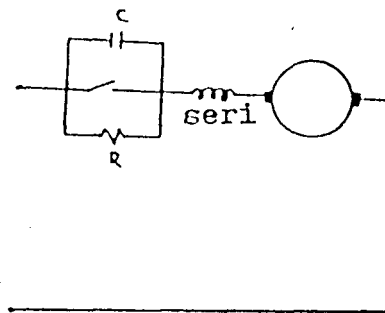
Untuk mencapai maksud tersebut diperlukan 2 persyaratan berikut :

- a. Kutub medan digulung (dililit) dalam berbagai variasi dengan ukuran kawat yang berbeda dan disadap keluar dari tiap-tiap bagiannya.
- b. Tahanan kawat yang terbuat dari nichrome digulung keluar dari salah-satu kutub medan dan disadap keluar dari kawat itu.

Metode ini jarang sekali dipakai karena sangat rumit serta membutuhkan biaya yang cukup besar.

4.3.2.3. Metode Mekanisme Centrifugal.

Metode ini biasanya digunakan untuk mengatur kecepatan motor universal yang mana pemilihan kecepatannya dilakukan dengan peralatan centrifugal yang ditempatkan pada sisi motor, misalnya mixer.



Gambar 2.17

METODE MEKANISME CENTIFUGAL

Bila motor kecepatannya meningkat di atas kecepatan yang telah ditentukan sebelumnya dengan pengangkat skala dari luar, peralatan centrifugal akan membuka kontak dan memasukkan tahanan R dalam rangkaian untuk mengurangi kecepatan motor. Bila motor dioperasikan pada kecepatan rendah maka kontak tersebut menutup menjadi hubungan singkat sehingga kecepatan motor akan meningkat lagi. Adapun fungsi daripada kapasitor yang dipasang pada titik kontak adalah untuk mengurangi timbulnya loncatan bunga api yang disebabkan oleh mekanisme pembukaan dan penutupan kontak secara berulang-ulang.

4.3.2.4. Metode Perubahan Tegangan Supply.

Ada berbagai cara dalam penerapan/ penggunaan metode ini diantaranya :

- a. Menggunakan regulator tegangan/trafo untuk menaikkan atau menurunkan tegangan supply. Cara ini cukup baik dan murah tetapi efisiensinya kecil karena daya yang diserap oleh trafo /regulator relatif besar.
- b. Menggunakan peralatan elektronika, dalam hal ini power elektronik. Keuntungan metode ini ialah lebih efisien, murah dan tidak membutuhkan perawatan yang rumit, serta mudah pengoperasiannya.

Dasar dari cara tersebut dapat dijelaskan lebih lanjut.

Dimana pada motor universal berlaku :

$$E_a = V_{in} - I_a \cdot (R_a + R_s)$$

Dengan menganggap harga R_a dan R_s konstan dan dilakukan perubahan pada harga V_{in} maka akan didapat persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$E_{a1} = V_{in1} - I_{a1} \cdot (R_a + R_s) \dots\dots\dots(1)$$

$$E_{a2} = V_{in2} - I_{a2} \cdot (R_a + R_s) \dots\dots\dots(2)$$

dari persamaan (1) dan (2) didapat :

$$\frac{E_{a1}}{E_{a2}} = \frac{V_{in1} - I_{a1} \cdot (R_a + R_s)}{V_{in2} - I_{a2} \cdot (R_a + R_s)} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan :

$$n_1 \text{ (putaran)} = \frac{E_{a1}}{K \cdot \Phi_1}$$

$$n_2 \text{ (putaran)} = \frac{E_{a2}}{K \cdot \Phi_2}$$

Dari kedua persamaan di atas dapat disusun persamaan :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{E_{a1} \cdot \Phi_2}{E_{a2} \cdot \Phi_1}$$

Pada motor Dc seri $\Phi = I_a$.

Maka :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{E_{a1} \cdot I_2}{E_{a2} \cdot I_1} \dots\dots\dots(4)$$

Dari persamaan (3) dan (4) ini didapat :

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{(V_{in1} - I_{a1} (R_a + R_s)) I_{a2}}{(V_{in2} - I_{a2} (R_a + R_s)) I_{a1}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana,

E_{a1} : Harga emf kumparan jangkar motor pada tegangan sumber V_1 .

E_{a2} : Harga emf kumparan jangkar motor pada tegangan sumber V_2 .

I_{a1} : Harga arus beban pada tegangan sumber V_1 .

I_{a2} : Harga arus beban pada tegangan sumber V_2 .

Cara menggunakan persamaan di atas :

a. Mencari harga R_a dan R_s . ?

- Motor dicatu dengan tegangan nominal (V_1) dan tanpa diberi beban. Dapat diukur arus motor (I_1) dan putaran motor (n_1).
- Catu daya diturunkan tegangannya (V_2) tetap tanpa diberi beban. Didapat hasil arus (I_2) dan putaran (n_2).
- Dari dua hasil di atas dan dengan menggunakan persamaan (5) dapat dicari harga ($R_a + R_s$).

b. Untuk mencari harga-harga parameter-parameter lain dapat dilakukan dengan cara :

- Menentukan beban motor atau arus motor yang diinginkan (I_{a2})
- Menentukan harga putaran yang dikehendaki (n_2)
- Maka tegangan akan dapat ditentukan (V_2)
- Dengan mengubah - ubah jenis parameter akan didapat hasil yang berbeda-beda. Contoh dengan menentukan harga I_{a2} dan n_2 dapat dihitung besar tegangan yang harus digunakan (V_2) untuk membuat motor berputar pada putaran n_2 dan arus beban I_{a2} .

5. Aplikasi Motor Universal.

Motor universal digunakan secara luas untuk segala macam keperluan karakteristik operasi. Namun aplikasi yang sangat cocok untuk motor universal adalah operasi yang membutuhkan kecepatan konstan, hal ini disebabkan karena motor universal memiliki karakteristik teori kecepatan yang lebih tajam dropnya daripada motor DC seri. Motor ini seringkali digunakan pada kondisi dimana torsi yang tinggi dan beban yang ringan diutamakan, karena itu jenis aplikasi yang sesuai yaitu seperti vacuum cleaner dimana kecepatan motor yang sesungguhnya adalah kecepatan dalam keadaan berbeban. Sedangkan dalam pemakaian lain yang membutuhkan roda gigi untuk mengurangi kecepatan sesungguhnya dalam keadaan berbeban, seperti misalnya dalam penggunaan mixer, bor listrik, mesin jahit dan peralatan dapur lainnya. Yang mana untuk lebih jelasnya dapat dilihat tabel 4.1 berikut ini mengenai jenis-jenis aplikasi dari motor universal.

Tabel 18>

APLIKASI MOTOR UNIVERSAL SECARA UMUM

Advertising devices	Hammers	Sanders
Calculating machines	Hedge trimmers	Saws
Cast cutters	Hones	Screw drivers
Clippers	Lock mortisers	Sewing machines
Compressors	Motion-picture outfits	Sirens
Die sinkers	Nibblers	Small fans
Dishwashers	Nut setters	Small grinders
Drink mixers	Pipe threaders	Surgical instruments
Electric shavers	Planers	Vacuum machines
Files	Polishers	Valve grinders
Food mixers	Portable drills	Ventilating equipment
Grease guns	Pumps	Vibrators
Hair driers	Routers	Wood shapers

5.1. Keuntungan motor universal.

Motor universal banyak sekali digunakan sehubungan dengan faktor-faktor menguntungkan yang dimilikinya, seperti :

- a. Dari segi ukuran dan berat, motor universal menghasilkan daya yang lebih besar per satuan berat dan per satuan volume dibandingkan dengan motor-motor lain.
- b. Memiliki torsi yang besar.
- c. Dapat dioperasikan pada suplai DC maupun suply AC.
- d. Dengan memberi tapped-field akan diperoleh metode pengaturan kecepatan yang paling sederhana.

5.2. Kerugian motor universal

Disamping memiliki faktor-faktor yang menguntungkan, motor universal juga memiliki faktor-faktor yang merugikan, seperti berikut :

- a. Bila motor dioperasikan pada kecepatan yang sangat tinggi hingga mencapai 40000 rpm, maka faktor kebisingan perlu dipertimbangkan.
- b. Pengaman motor yang sangat kecil. Meskipun motor dapat melindungi sendiri terhadap beban yang berlebihan, namun disebabkan besarnya peningkatan daya input pada kondisi maksimum dan hilangnya pendinginan motor menyebabkan motor dapat terbakar dalam waktu 30 detik.

e>Sikind, Charles. Opcit.p.408

- c. Hanya untuk pemakaian intermitten. Berhubung motor ini adalah jenis motor komutator dimana menggunakan sikat arang dan komutator yang memiliki jangka waktu pemakaian, maka aplikasi yang paling cocok dari motor universal adalah untuk pemakaian intermitten.
- d. Berinterferensi dengan gelombang radio dan televisi. Akibat proses komutasi ditimbulkan frekuensi daya pada range frekuensi audio hingga frekuensi televisi, yang tentunya akan mengganggu penerimaan daripada radio dan televisi. Karenanya perlu ditambahkan filter untuk mengurangi problem interferensi tersebut.