

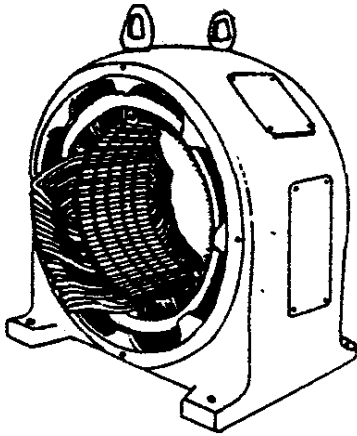
## TOPIK 13

### MOTOR INDUKSI

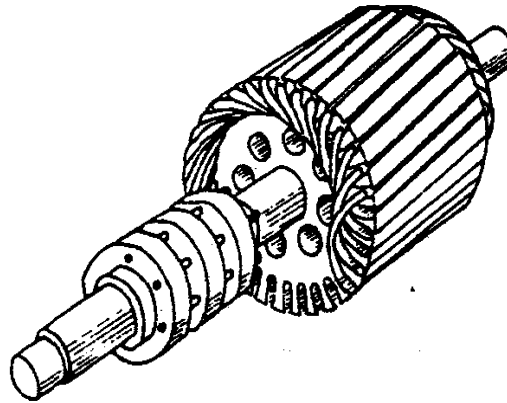
MOTOR induksi merupakan motor arus bolak-balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan -oleh arus stator.

Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ( $n_s = 120f/2p$ ). Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktorkonduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus; dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor, yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung

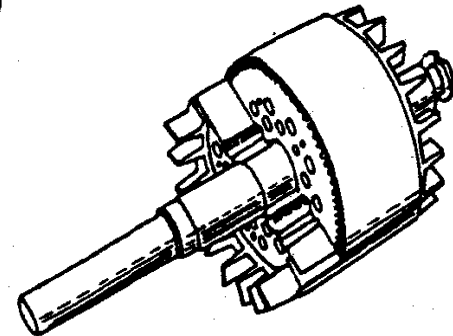
menurun. Dikenal dua tipe motor induksi (lihat gambar) yaitu motor induksi dengan rotor belitan dan motor induksi dengan rotor sangkar.



Kumparan Stator  
Sangkar



Rotor belitan



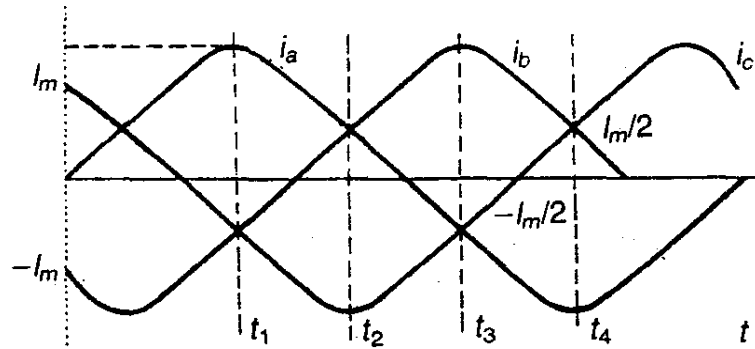
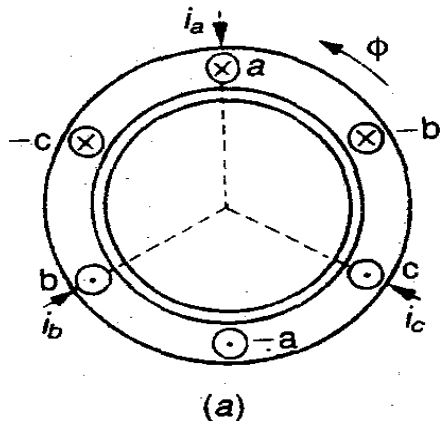
Rotor

## MEDAN PUTAR

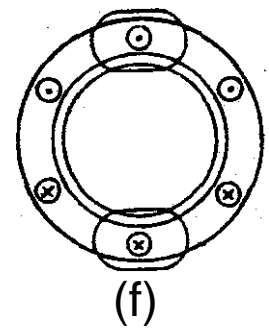
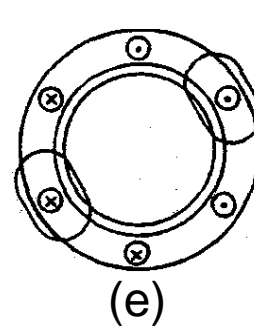
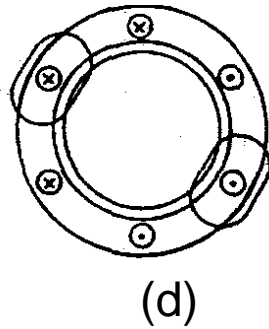
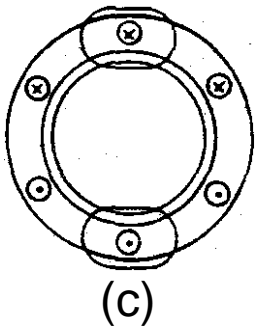
Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan magnet putar (fluks yang berputar) yang dihasilkan dalam kumparan statornya. Medan putar ini terjadi apabila kumparan

stator dihubungkan dalam fasa bany,!,\(), umumnya fasa 3. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta

Di sini akan dijelaskan bagaimana terjadinya medan putar itu. Perhatikanlah gambar berikut:



(b)



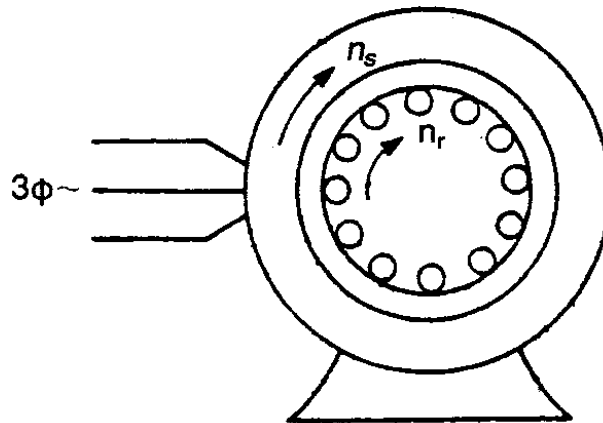
Misalnya kumparan a-a; b-b; c-c dihubungkan tiga fasa, dengan beda fasa masing-masing  $120^\circ$  (Gambar a ) dan dialiri arus sinusoid. Distribusi  $i_{cn}$   $i_h$ ,  $i_c$  sebagai fungsi waktu adalah seperti Gambar b. Pada keadaan  $t_1$ ,  $t_2'$   $t_3$ , dan  $t_4$ , fluks~ resultan yang ditimbulkan oleh kumparan tersebut masing-masing adalah seperti Gambar c, d, e, dan f. Pada  $t_j$  fluks resultan mempunyai arah sama dengan arah fluks yang dihasilkan oleh kumparan a-a; sedangkan pada  $t_2$ , fluks resultannya:: dihasilkan oleh kumparan b-b. Untuk  $t_4$ , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada saat  $t_1$ . (Keterangan ini akan lebih jelas pada:: analisis vektor.)

Dari gambar c, d, e, dan f tersebut terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali. Oleh karena itu, untuk mesin dengan

jumlah kutub lebih dari dua, kecepatan sinkron dapat diturunkan sebagai berikut:

$$n_s = 120 / p \quad f = \text{frekuensi} \quad p = \text{jumlah kutub}$$

### PRINSIP KERJA MOTOR INDUKSI



- (1) Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada *kumparan stator* akan timbul medan putar dengan kecepatan  $n_s = 120 / p$
- (2) Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor:
- (3) Akibatnya pada *kumparan rotor* timbul tegangan induksi (ggl) sebesar:  
 $E_{2s} = 4.44 f z N_2 d \cdot m$  (untuk satu fasa).  
 $E_{2s}$  adalah tegangan induksi pada saat rotor berputar.
- (4) Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka ggl ( $E$ ) akan menghasilkan arus ( $I$ ).
- (5) Adanya arus ( $I$ ) di dalam medan magnet menimbulkan gaya ( $F$ ) pada rotor
- (6) Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya ( $F$ ) pada rotor yang cukup besar untuk

memikul

kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.

(7) Seperti telah dijelaskan pada (3) tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang

konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya

perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan berputar rotor

(8) Perbedaan kecepatan antara  $n_r$  dan  $n_s$  disebut *slip* (5) dinyatakan dengan

$$S = (n_s - n_r)/n_s \times 100\%$$

(9) Bila  $n_r = n_s$ , tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila  $n_r$  lebih kecil dari  $n_s$

(10) Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron.

## PENGATURAN PUTARAN

Motor induksi pada umumnya berputar dengan kecepatan konstan, mendekati kecepatan sinkronnya. Meskipun demikian pada penggunaan tertentu dikehendaki juga adanya pengaturan putaran. pengaturan motor induksi memerlukan biaya yang agak tinggi. Biasanya pengaturan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan mengubah jumlah kutub motor, mengubah frekuensi jala-jala, mengatur tegangan jala-jala, dan mengatur tahanan luar.

## Mengubah Jumlah Kutub Motor

Karena  $ns = 120fp$ , maka perubahan jumlah kutub (P) atau frekuensi (f) akan mempengaruhi putaran. Jumlah kutub dapat diubah dengan merencanakan cumparan stator sedeniikian rupa sehingga dapat menerima tegangan masuk pada posisi kumparan yang berbeda-beda. Biasanya diperoleh dua perubahan kecepatan sinkron dengan mengubah jumlah kutub dari 2 menjadi 4.

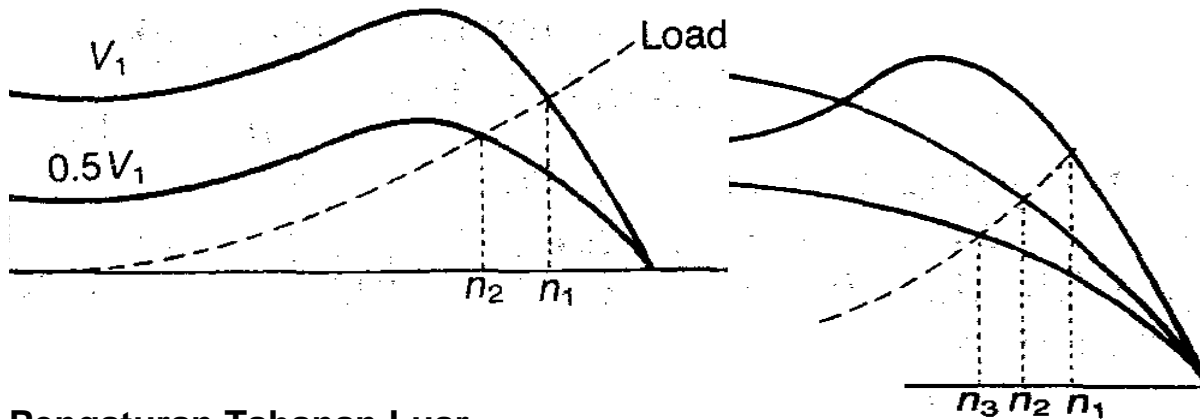
## Mengubah Frekuensi Jala-jala

Pengaturan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan mengubah-ubah harga frekuensi jala. Hanya saja untuk menjaga keseimbangan kerapatan fluks, perubahan tegangan harus dilakukan bersamaan dengan perubahan frekuensi. Persoalannya sekarang adalah bagaimana mengatur frekuensi dengan cara yang efektif dan ekonomis. Cara pengaturan frekuensi dengan menggunakan *solid state frequency converter* akan dibahas dalam bab: *solid state motor control*.

## Mengatur Tegangan Jala-jala

Dari persamaan kopel motor induksi di atas diketahui bahwa kopel sebanding dengan pangkat dua tegangan yang diberikan. Untuk karakteristik beban seperti terlihat pada

gambar, kecepatan akan berubah dari  $n_1$  ke  $n_2$  untuk tegangan masuk setengah tegangan semula. Cara ini hanya menghasilkan pengaturan putaran yang terbatas (daerah pengaturan sempit).



### Pengaturan Tahanan Luar

Tahanan luar motor induksi rotor belitan dapat diatur, dengan demikian dihasilkan karakteristik kopel kecepatan yang berbeda-beda seperti pada gambar.

Putaran akan berubah dari  $f_1$  ke  $f_2$  dan dari  $f_2$  ke  $f_3$  dengan bertambahnya tahanan luar yang dihubungkan ke rotor. Pengaturan putaran motor induksi umumnya mahal, sedangkan daerah pengaturan yang diperoleh tidak begitu lebar, kecuali dengan pengaturan pada 2, yaitu pengaturan frekuensi jala.

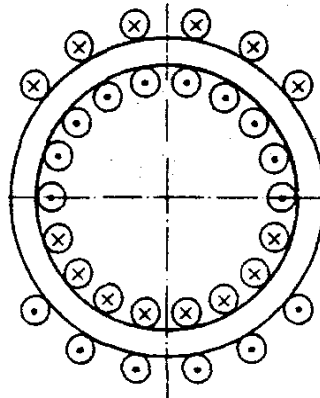
### FLUKS ARAH MAJU DAN MUNDUR FASA TUNGGAL

Oleh karena bentuknya yang sederhana dan harganya yang relatif murah, motor induksi fasa tunggal banyak dipakai untuk keperluan motor kecil di dalam rumah tangga seperti kipas angin, pompa, mesin pendingin, *air-conditioning*, dan lainlain. Struktur motor induksi fasa tunggal sama dengan motor induksi tiga fasa jenis rotor



sangkar, kecuali kumparan statornya yang hanya terdiri atas satu fasa

Seperti telah diketahui kumparan stator tiga fasa bila dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik akan menghasilkan suatu medan magnet yang berputar terhadap ruang. Medan putar inilah yang pada dasarnya menjadi prinsip motor induksi. Fasa tunggal tidak menghasilkan medan putar.



Dengan demikian dapat ditarik kesimpulan bahwa sebenarnya fluks yang dihasilkan oleh kumparan fasa tunggal merupakan fluks dengan dua komponen yaitu komponen fluks arah maju  $\frac{1}{2}P_m \cos(\theta - \omega t)$  dan komponen fluks arah mundur  $\frac{1}{2}P_m \cos(\theta + \omega t)$ .

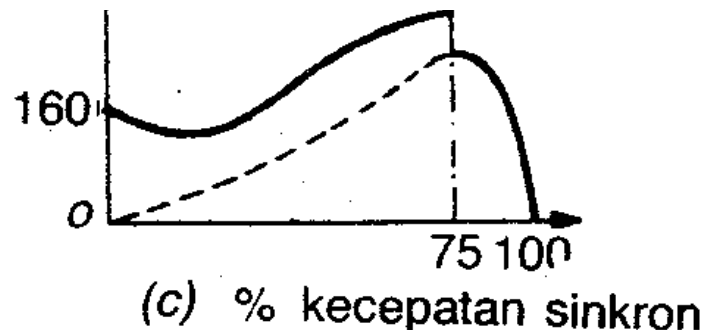
Kedua komponen fluks tersebut bergerak berlawanan arah dengan kecepatan sudut ( $\omega t$ ) yang sama, sehingga kedudukannya terhadap ruang seolah-olah tetap. Kedua komponen fluks yang berlawanan arah tersebut tentunya akan menghasilkan kopel yang sama besar dan berlawanan arah pula (arah maju dan mundur).

Kopel resultan yang dihasilkan oleh kedua komponen kopel tersebut pada dasarnya mempunyai kemampuan untuk menggerakkan rotor dengan arah maju atau mundur. Tetapi pada keadaan *start* kemampuan motor untuk maju sama besar dengan kemampuan gerak mundurnya, oleh sebab itu motor tetap saja diam. Apabila dengan

suatu alat bantu kita dapat memberikan sedikit kopel maju, motor akan berputar mengikuti kopel resultan maju dan demikian pula sebaliknya. Persoalannya sekarang adalah bagaimana cara memberikan kopel mula pada motor induksi fasa tunggal

## MOTOR FASA TIDAK SEIMBANG

Motor fasa tak seimbang mempunyai dua kumparan stator, yaitu kumparan utama (U) dan kumparan bantu (B) yang diletakkan dengan perbedaan sudut 90 derajat listrik. Kumparan bantu mempunyai tahanan lebih besar daripada kumparan utama, sedang reaktansinya dibuat lebih kecil. Dengan demikian, terdapat perbedaan fasa antara arus kumparan  $f_m$  dengan arus kumparan bantu  $f_a$  ( $V_a$  terdahulu dari  $f_m$ ). Motor berfungsi sebagai motor 2 fasa tidak seimbang, akibatnya terjadi medan putar pada stator yang mengakibatkan motor berputar. Kumparan bantu diputuskan hubungannya (saklar S terbuka) ketika motor mencapai putaran sekitar 75% kecepatan sinkron. Biasanya digunakan saklar yang terbuka oleh adanya gaya sentrifugal pada rotor.



## MOTOR KAPASITOR

Dengan dipasangnya kapasitor pada rangkaian kumparan bantu, akan diperoleh beda fasa  $90^\circ$  antara arus kumparan utama  $I_m$  dan arus kumparan bantu  $I_a$  ( $I_a$  terdahulu  $90^\circ$  dari  $I_m$ ); dan karenanya diperoleh kopel mula yang lebih besar. Berbagai alat seperti kompresor, pompa, mesin pendingin yang banyak dipakai di rumah memang memerlukan kopel mula yang relatif lebih besar sehingga kapasitor motor cukup digunakan..