JESCE

(Journal of Electrical and System Control Engineering)

Available online <http://ojs.uma.ac.id/index.php/jesce>

Analisis Performansi Motor Induksi Satu Fasa Dengan Perbandingan Suplai Daya v/f Konstan Pada Blower Dengan Menggunakan Matlab

Performance Analysis of One Phase Induction Motor with the Ratio of Constant Power Supply v/f in Blower by Using Matlab

Mhd. Fahmi Syawali Rizki

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Indonesia

Diterima: Maret 2019; Disetujui: April 2019; Dipublikasi: April 2019

*Corresponding Email: mfahmi.syawali@yahoo.com

Abstrak

Motor induksi satu fasa dengan perbandingan suplai daya V/f konstan dapat dilakukan dengan pengaturan frekuensi jala-jala yang masuk ke kumparan stator melalui suatu rangkaian converter-inverter. Dengan perbandingan suplai daya V/f yang konstan dapat dihasilkan torsi yang besar dengan putaran yang kecil. Putaran yang kecil hanya membutuhkan daya masukan yang kecil. Sehingga untuk menghasilkan torsi yang besar untuk menggerakkan beban cukup dengan memberikan daya masukan yang kecil dan penghematan energi listrik dapat dilakukan. Penelitian ini akan menganalisis secara teoritis performansi motor induksi satu fasa untuk aplikasi blower dengan perbandingan suplai daya V/f yang konstan. Motor induksi satu fasa yang digunakan adalah jenis motor kapasitor permanen untuk menjalankan daya *horse power* fraksional dari blower. Melalui simulasi komputer yang dilaksanakan dapat dihitung performansi motor induksi satu fasa seperti efisiensi dan torsi motor terhadap putaran dengan perbandingan V/f yang konstan. Oleh karena itu penulis menggunakan program Matlab untuk dapat melakukan perhitungan dan penggambaran secara akurat karakteristik dari motor induksi satu fasa tersebut. Sehingga diharapkan hasilnya dapat menjadi salah satu alternatif dalam pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa pada aplikasi blower.

Kata Kunci: Motor Induksi Satu Fasa, Suplai Daya V/f Konstan, Blower, Matlab

Abstract

A single phase induction motor with a comparison of the constant V/f power supply can be done by setting the mesh frequency that enters the stator coil through a converter-inverter circuit. By comparison the constant V/F power supply can produce a large torque with a small rotation. A small rotation requires only a small input power. So that to produce a large torque to drive enough load by providing a small input power and saving electricity can be done. This final project will theoretically analyze the performance of a single phase induction motor for blower applications with a constant ratio of V/f power supply. The one phase induction motor used is a type of permanent capacitor motor to run fractional horse power from the blower. Through computer simulations carried out, one-phase induction motor performance can be calculated such as motor efficiency and torque to rotation with a constant V/f ratio. Therefore, the author uses the Matlab program to be able to accurately calculate and describe the characteristics of the one phase induction motor.

So it is expected that the results can be an alternative in setting the speed of a single phase induction motor in a blower application.

Keywords : *One Phase Induction Motor, Constant V/f Power Supply, Blower, Matlab*

How to Cite: Rizki, M, F, S, (2019), Analisis Performansi Motor Induksi Satu Fasa Dengan Perbandingan Suplai Daya v/f Konstan Pada Blower Dengan Menggunakan *Matlab* (*Performance Analysis of One Phase Induction Motor with the Ratio of Constant Power Supply v/f in Blower by Using Matlab*), JESCE (*Journal of Electrical and System Control Engineering*),2(2):80-97

PENDAHULUAN

Motor induksi satu fasa adalah motor induksi yang beroperasi pada sumber arus bolak balik satu fasa (Chapman, 1999). Motor induksi satu fasa umumnya mempunyai rotor sangkar. Motor induksi satu fasa ini tidak mampu melakukan pengasutan sendiri (*self starting*), oleh karena itu motor ini membutuhkan peralatan bantu untuk menghasilkan momen putar awal, sehingga motor dapat berjalan secara kontinu.

Motor induksi satu fasa yang digunakan untuk aplikasi blower adalah jenis motor kapasitor permanen. Motor kapasitor permanen mempunyai kapasitor yang secara permanen dihubungkan seri dengan belitan bantu dan paralel dengan belitan utama. Belitan bantu untuk pengasutan awal motor tetap terhubung dengan belitan utama ketika motor berjalan.

Motor kapasitor permanen dengan perbandingan suplai daya V/f konstan dapat dilakukan dengan pengaturan frekuensi jala-jala yang masuk ke kumparan stator melalui suatu rangkaian inverter. Dengan pengaturan frekuensi jala-jala ini dapat menghasilkan torsi yang besar dengan putaran yang kecil. Putaran yang kecil hanya membutuhkan daya masukan yang kecil, sehingga untuk menghasilkan torsi yang besar untuk menggerakkan beban cukup dengan

memberikan daya masukan yang kecil dan penghematan energi listrik dapat dilakukan.

Penelitian ini menganalisis performansi dari motor kapasitor permanen dengan merubah-ubah tegangan dan frekuensi masukan dengan perbandingan yang konstan, sehingga diperoleh karakteristik performansi motor kapasitor permanen dengan perbandingan suplai daya V/f konstan.

Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan yang memerlukan daya rendah dan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban, dan umumnya digunakan pada sumber jala-jala satu fasa yang banyak terdapat pada peralatan listrik domestik. Walaupun demikian motor ini juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu kapasitas pembebanan yang relatif rendah, tidak dapat melakukan pengasutan sendiri tanpa pertolongan alat bantu dan efisiensinya yang rendah. Konstruksi motor induksi satu fasa hampir sama dengan motor induksi fasa banyak, yaitu terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor (Chapman, 1999). Keduanya merupakan

rangkaian magnetik yang berbentuk silinder dan simetris. Di antara rotor dan stator ini terdapat celah udara yang sempit. Stator merupakan bagian yang diam sebagai rangka tempat kumparan stator terpasang. Bagian ini terdiri atas : inti stator, kumparan stator dan alur stator. Motor induksi satu fasa dilengkapi dengan dua kumparan stator yang dipasang terpisah, yaitu kumparan utama atau sering disebut dengan kumparan berputar dan kumparan bantu yang sering disebut dengan kumparan start.

Rotor merupakan bagian yang berputar. Bagian ini terdiri atas inti rotor, belitan rotor dan alur rotor. Terdapat dua jenis rotor yaitu rotor belitan (*wound rotor*) dan rotor sangkar (*squirrel cage rotor*)

Gambar 1 Komponen Dasar dari Motor Induksi Satu Fasa

Prinsip kerja motor induksi satu fasa dapat dijelaskan dengan menggunakan teori medan putar silang (*cross-field theory*) (Julian, 1995). Jika suatu motor induksi satu

fasa diberikan tegangan ac satu fasa maka arus sinusoidal terhadap waktu akan mengalir pada belitan tersebut. Arus stator ini akan menghasilkan medan magnet seperti yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada gambar 2 dibawah:

Gambar 2 Medan Magnet Stator Berpulsa Sepanjang Garis AC

Arus stator yang mengalir pada setengah periode pertama akan membentuk kutub utara di A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub-kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator adalah selalu berubah-ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol dan polaritasnya berbalik secara periodik, aksi ini hanya terjadi sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet berpulsa pada posisi yang tetap (*stationary*).

Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder,

dalam hal ini belitan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu fasa adalah rotor sangkar dimana belitannya telah terhubung singkat, maka arus pun mengalir. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini (seperti yang ditunjukkan pada gambar 2) adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkannya menentang medan magnet yang menghasilkannya. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub-kutub pada permukaan rotor. Karena kutub-kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub-kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah, rotor tetap diam. Dengan demikian, motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 dibawah :

Gambar 3 Motor Dalam Keadaan Berputar

Misalnya sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar rotor dengan tangan ataupun dengan rangkaian bantu. Konduktor-konduktor rotor

memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor-konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada gambar 3 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.

Jika fluks stator seperti yang diperlihatkan pada gambar 3 mengarah ke atas, maka sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode berikutnya arah dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan akan terbalik. Gaya gerak listrik yang diinduksikan ke rotor adalah berbeda dengan arus dan fluks stator. Karena konduktor-konduktor rotor terbuat dari bahan dengan tahanan rendah dan induktansi tinggi, maka arus rotor yang dihasilkan akan tertinggal terhadap gaya gerak listrik rotor mendekati 90° .

Teori Medan Putar Ganda

Teori medan putar ganda (*double revolving-field theory*) adalah suatu metode lain untuk menganalisa prinsip perputaran motor induksi satu fasa disamping teori medan putar silang (Julian, 1995). Menurut teori ini, medan magnet yang berpulsa dalam waktu tetapi diam dalam ruangan dapat dibagi menjadi dua medan magnet, dimana besar

kedua medan magnet itu sama dan berputar dengan berlawanan arah. Dengan kata lain, suatu fluks sinusoidal bolak-balik dapat diwakili oleh dua fluks yang berputar, yang masing-masing besarnya sama dengan setengah dari nilai fluks bolak-balik tersebut dan masing-masing berputar secara sinkron dengan arah berlawanan.

Pada gambar 4.a. menunjukkan suatu fluks bolak-balik yang mempunyai nilai maksimum ϕ_m . Komponen-komponen fluksnya A dan B mempunyai nilai yang sama yaitu $\phi_m/2$, berputar dengan arah yang berlawanan dan searah perputaran jarum jam, seperti ditunjukkan anak panah.

Gambar 4 Konsep Medan Putar Ganda

Pada beberapa saat ketika A dan B telah berputar dengan sudut $+\theta$ dan $-\theta$ seperti pada gambar 2.7.b, maka besar fluks resultannya adalah :

$$\phi_r^2 = \frac{\phi_m^2 + \phi_m^2}{4} - \frac{2 \phi_m \phi_m}{2 \cdot 2} \cos 2\theta \dots\dots(1)$$

$$\phi_r = \phi_m \sin \theta$$

dimana :

ϕ_r = fluks resultan

ϕ_m = fluks maksimum

θ = sudut ruang

Setelah seperempat periode putaran, fluks A dan B akan berlawanan arah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.c, sehingga resultan fluksnya sama dengan nol. Setelah setengah periode putaran, fluks A dan B akan mempunyai resultan sebesar $-2 \times \phi_m/2 = -\phi_m$, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.7.d. Setelah tiga perempat putaran, resultannya akan kembali nol seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.7.e dan demikianlah seterusnya. Jika nilai-nilai dari fluks resultan digambarkan terhadap θ diantara $\theta = 0^\circ$ sampai $\theta = 360^\circ$, maka akan didapat suatu kurva seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.8

Gambar 5 Kurva Fluks Resultan Terhadap θ

Pada saat rotor berputar sesuai dengan arah momen putar medan maju dengan kecepatan tertentu, maka besar slip terhadap momen putar medan maju (S_f) yang terjadi adalah :

$$S_f = \frac{n_s - n_r}{n_s} = s \dots\dots\dots(2)$$

dimana : n_s = kecepatan sinkron

n_r = kecepatan putaran

Rotor

Sedangkan slip terhadap momen putar medan mundur (S_b) dengan rotor menentang arah momen putar mundur adalah :

$$S_b = \frac{n_s - (-n_r)}{n_s} = \frac{2n_s - (n_s - n_r)}{n_s}$$

$$S_b = 2 - s \dots\dots\dots(3)$$

Masing-masing dari kedua komponen fluks tersebut memotong konduktor rotor sehingga menginduksikan ggl dan pada

akhirnya menghasilkan torsi tersendiri. Kedua torsi mempunyai arah yang saling berlawanan seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9. Pada keadaan diam kedua komponen torsi tersebut sama besarnya, sehingga torsi resultan asut adalah nol. Pada saat motor berputar, besar kedua komponen torsi tersebut tidaklah sama sehingga torsi resultan membuat motor tetap berputar pada putarannya.

Gambar 6 Karakteristik Torsi – Kecepatan Motor Induksi Satu Fasa

Aplikasi Motor Induksi Satu Fasa pada Blower

Penghembus udara atau sering juga disebut dengan blower digunakan pada tempat residensial pemanasan dan pendinginan udara (*Heating and Conditioning*) dengan ciri kerja dalam bentuk pemanasan, pendinginan dan sirkulasi udara.

Blower dapat dikelompokkan menurut kenaikan tekanan yang ditimbulkan ketika menyedot udara. Menurut Theraja (1979), pada umumnya, blower dengan tekanan kerja

kurang dari 73,8 mmHg disebut juga kipas angin, dan yang tekanan kerjanya 73,8 mmHg sampai kurang dari 738 mmHg disebut blower dalam tipe turbo dan tipe pergeseran yang menurut prinsip kerjanya sebagai berikut:

1. Tipe turbo: Impeler diputar dengan kecepatan tinggi, untuk memperbesar momentum gas yang melalui sudu dan dengan itu memperbesar tekanan dan kecepatan gas. Ada tipe aliran aksial dan tipe sentrifugal.
2. Tipe pergeseran (*displacement*): Sejumlah gas tertutup dan volume dikurangi untuk memperbesar tekanan. Ada tipe berputar dan tipe torak.

Jenis		Kipas angin (< 73,8 mmHg)	Blower (73,8–738 mmHg)
Turbo	Aliran aksial	Kipas angin aliran aksial	Blower aliran aksial
	Sentrifugal	Kipas angin sudu jamak	
		Kipas angin radial	Blower radial
		Kipas angin turbo	Blower turbo
Pergeseran	Berputar		Blower root

Tabel 1. Jenis - Jenis Blower

Untuk aplikasi blower ini motor induksi satu fasa yang paling banyak digunakan jenis motor kapasitor permanen sebagai penggerak utama sudu atau kipas. Hal ini karena motor kapasitor permanen memiliki kelebihan yaitu faktor daya dan efisiensi yang lebih baik saat motor berputar, lebih halus dan tidak berisik dalam pengoperasiannya.

Berikut ini adalah gambar pemakaian motor kapasitor permanen untuk aplikasi blower satu tingkat :

Gambar 7 Penggunaan Motor Kapasitor Permanen pada Blower

Motor Induksi Satu Fasa Dengan Perbandingan Suplai Daya V/f Konstan

Ada dua teknik untuk mengatur kecepatan motor induksi. Salah satunya adalah memvariasikan kecepatan sinkron, yang merupakan kecepatan medan putar stator. Kecepatan rotor selalu mendekati kecepatan sinkronnya n_{sync} . Teknik yang lain adalah memvariasikan slip motor untuk setiap beban yang diberikan.

Persamaan kecepatan sinkron motor induksi adalah

$$n_s = \frac{120f}{p} \dots\dots\dots(4)$$

dimana : f = frekuensi suplai ke motor
 p = jumlah kutub motor

sehingga cara yang dilakukan untuk memvariasikan kecepatan sinkron mesin adalah dengan :

- mengubah jumlah kutub
- mengubah frekuensi listrik (frekuensi jala-jala)

Mengatur slip dapat dilakukan dengan :

- mengatur tahanan rotor (tahanan luar).
- mengatur tegangan terminal motor (tegangan jala-jala).

Pengaturan Putaran Dengan Variasi Tegangan Terminal Motor

$$T = \frac{60[(I_1^2 + a^2 I_2^2)(R_f - R_b) + 2a(R_f + R_b)I_1 I_2 \sin \theta_{21}]}{2\pi n_s}$$

$$\text{dimana : } \tilde{I}_1 = \frac{\tilde{V}_1(\hat{Z}_{22} - \hat{Z}_{12})}{\hat{Z}_{11}\hat{Z}_{22} - \hat{Z}_{12}\hat{Z}_{21}}$$

$$\tilde{I}_2 = \frac{\tilde{V}_1(\hat{Z}_{11} - \hat{Z}_{21})}{\hat{Z}_{11}\hat{Z}_{22} - \hat{Z}_{12}\hat{Z}_{21}}$$

Maka torsi yang dihasilkan motor kapasitor permanen akan sebanding dengan kuadrat tegangan. Dengan memvariasikan tegangan suplai ke motor, maka torsi dan kecepatan sinkron motor akan bervariasi juga. Sehingga karakteristik torsi-kecepatan motor dapat diatur dengan melebihi batasannya dengan memvariasikan tegangan jala-jala. Metode pengaturan kecepatan ini digunakan pada motor-motor kecil sebagai penggerak kipas (*driving fan*). Dapat dilihat pada gambar

8 yaitu Grafik Torsi Terhadap Kecepatan pada Pengaturan Kecepatan Dengan Memvariasikan Tegangan.

Gambar 8 Grafik Torsi Terhadap Kecepatan pada Pengaturan Kecepatan Dengan Memvariasikan Tegangan

Pengaturan Kecepatan Dengan Variasi Suplai Frekuensi Listrik

Kecepatan motor induksi dapat dikontrol dengan memvariasikan frekuensi jala-jala. Untuk menjaga agar kerapatan fluks tetap mendekati konstan, tegangan jala-jala juga divariasikan sebanding dengan frekuensi. Torsi maksimumnya akan sangat mendekati konstan. Motor induksi yang menggunakan cara ini mempunyai karakteristik yang sama dengan motor dc penguatan bebas dengan fluksi yang konstan dan tegangan jangkar yang bervariasi.

Masalah terbesar adalah menentukan nilai pengaturan frekuensi yang efektif dan

ekonomis. Salah satu cara adalah menggunakan mesin induksi rotor belitan sebagai pengubah frekuensi. Cara lain adalah menggunakan converter frekuensi solid state sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 9 dibawah:

Gambar 9 Rangkaian Pengaturan Kecepatan Motor Dengan Memvariasikan Frekuensi

Prinsip Dasar Motor Induksi Satu Fasa Dengan Perbandingan Suplai Daya V/f Konstan

Jika frekuensi listrik pada stator motor induksi diubah-ubah, tingkat putaran medan magnetnya (n_{sync}) akan berubah-ubah sebanding dengan perubahan frekuensi listriknya dan titik beban nol pada kurva karakteristik torsi-kecepatan akan berubah juga (Guru, 1998). Kecepatan Sinkron (n_{sync}) motor induksi pada kondisi nominal disebut sebagai kecepatan dasar (*base speed*). Dengan menggunakan pengaturan frekuensi yang berubah-ubah dapat diatur kecepatan motor di atas atau di bawah kecepatan dasar. Sebuah penggerak motor induksi dengan frekuensi

yang dapat diubah- ubah, dapat mengatur kecepatan motor induksi dalam selang 5 % kecepatan dasar sampai 2 kali kecepatan dasar. Namun, dikarenakan perubahan frekuensi, sangat penting untuk menjaga batasan tegangan dan torsi motor demi keamanan operasi. Ketika motor dijalankan pada kecepatan di bawah kecepatan dasar, sangat penting untuk mengurangi tegangan stator untuk operasi yang tepat. Tegangan stator harus diturunkan sebanding dengan penurunan frekuensi. Ketika frekuensi listrik motor dibuat melebihi rating frekuensi motor, tegangan stator dijaga pada nilai nominal.

Walaupun pertimbangan masalah kejenuhan masih mengijinkan tegangan dinaikkan nilai ratingnya, pada kondisi ini perlu dibatasi tegangan tersebut untuk melindungi isolasi belitan motor. Gambar dibawah adalah karakteristik kurva Torsi Kecepatan untuk semua frekuensi. Dibawah ini adalah gambar karakteristik kurva Torsi-Kecepatan untuk semua frekuensi.

Gambar 10 Karakteristik Kurva Torsi-Kecepatan Untuk Semua Frekuensi

METODE PENELITIAN

Pengaturan kecepatan motor induksi satu fasa pada blower dipergunakan agar memperoleh variasi kecepatan pada kondisi tertentu sesuai dengan kebutuhan tekanan udara yang diperlukan, sehingga blower dapat dipergunakan tidak hanya pada satu kondisi. Hal ini dilakukan dengan menjaga torsi motor tetap konstan. Performansi motor induksi satu fasa yang dipakai pada blower akan dianalisis untuk tiap-tiap frekuensi yang berbeda di bawah frekuensi rating adalah sebagai berikut :

1. Karakteristik torsi terhadap kecepatan
2. Karakteristik daya output terhadap kecepatan
3. Karakteristik arus kumparan utama terhadap kecepatan
4. Karakteristik arus kumparan bantu terhadap kecepatan
5. Karakteristik arus masukan terhadap kecepatan

6. Karakteristik faktor daya masukan terhadap kecepatan
7. Karakteristik daya input terhadap kecepatan
8. Karakteristik tegangan kapasitor terhadap kecepatan
9. Karakteristik efisiensi terhadap kecepatan

Untuk mendapatkan karakteristik-karakteristik di atas dengan akurat maka perhitungan performansi motor induksi satu fasa di atas dilakukan dengan menggunakan program Matlab.

Data-data motor induksi satu fasa yang digunakan sebagai data masukan ke dalam perhitungan adalah berupa data pengujian motor blower tersebut, yaitu sebagai berikut :

a. Data *name plate* motor blower :

- EWG Motor Type AMEB 80FY4R3
- Tipe : Permanent Split Capacitor Motor (PSC Motor)

0,75 kW $V_t = 220 \text{ V}$
 $f = 50 \text{ Hz}$ $p = 4$
 $C = 25 \mu\text{F} / 400 \text{ V}$ $I = 6,3 \text{ Amp}$
 Kelas Motor : B $n = 1370 \text{ rpm}$
 Fasa = 1

b. Data-data hasil pengujian motor :

Pengujian Tahanan Belitan		Pengujian Hubung Singkat	Pengujian Beban Nol	Pengujian Perbandingan Belitan
Kum paran Utama	Kum para n	$V_{br} = 83 \text{ V}$	$V_0 = 220 \text{ V}$	$V_m = 200 \text{ V}$
	Bantu	$I_{br} = 6,3 \text{ A}$	$I_0 = 4,45 \text{ A}$	$E_a' = 270 \text{ V}$
$V_{dcm} = 1,01 \text{ V}$	$V_{dca} = 3,13 \text{ V}$	$P_{br} = 410 \text{ W}$	$P_0 = 365 \text{ W}$	$V_a = 200 \text{ V}$
$I_{dcm} = 0,25 \text{ A}$	$I_{dca} = 0,41 \text{ A}$	$f_{br} = 50 \text{ Hz}$		$E_m' = 158 \text{ V}$

Data-data motor induksi tersebut selanjutnya akan diproses oleh komputer untuk mendapatkan performansi dan karakteristik motor induksi pada pengaturan dengan V/f konstan.

Tabel 2 Data-data Pengujian Motor Blower

DIAGRAM ALUR PENELITIAN

PERHITUNGAN PERFORMANSI MOTOR INDUKSI SATU FASA PADA BLOWER DENGAN SUPLAI DAYA V/f KONSTAN DENGAN PROGRAM MATLAB

Perhitungan performansi motor induksi satu fasa pada aplikasi blower menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab yang merupakan bahasa pemrograman yang dapat dipakai untuk komputasi teknik. Di dalamnya terdapat kemampuan penghitungan, visualisasi dan pemrograman dalam suatu lingkungan yang mudah untuk digunakan, karena permasalahan dan pemecahannya dinyatakan dalam notasi matematika biasa.

Berikut program Matlab untuk perhitungan performansi motor induksi satu fasa pada aplikasi blower untuk frekuensi 34 Hz sampai 50 Hz :

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%      imperffreq.m      %
%      Menggambar Karakteristik Performansi      %
%      Motor Induksi Satu Fasa pada Pengaturan dengan V/f konstan      %
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

clear;
format short g
%Percobaan pengukuran tahanan belitan
Vdcm = 1.01; Idcm = 0.25; % Tegangan (V) dan arus (A) dc belitan utama
Vdca = 3.13; Idca = 0.41; % Tegangan (V) dan arus (A) dc belitan bantu

%Percobaan rotor tertahan
Vbr = 83; %Tegangan rotor tertahan (V)
Ibr = 6.3; %Arus rotor tertahan (A)
Pbr = 410; % Daya rotor tertahan (W)

%Percobaan beban nol
Vo = 220; %Tegangan beban nol (V)
Io = 4.45; %Arus beban nol (A)
Po = 368; %Daya beban nol (W)

%Pengukuran konstanta perbandingan
Vm = 200; %Tegangan belitan utama (V)
Ea = 270; %Tegangan yang diinduksikan belitan bantu (V)
Va = 200; %Tegangan belitan bantu (V)
Em = 158; %Tegangan yang diinduksikan belitan utama (V)

%Data nameplate motor
vt = 220; % Tegangan Stator (V)
p = 4; % Jumlah Kutub
f = 34.450; % Frekuensi Tegangan Stator (Hz)
C = 0.000025; % Kapasitor Permanen (F)
nr = 1370; %Putaran nominal motor (rpm)

%Menghitung parameter motor
Rlm = 1.1*(Vdcm/Idcm); %Tahanan belitan utama (ohm)
Rla = 1.1*(Vdca/Idca); %Tahanan belitan bantu (ohm)
Ibr = Vbr/Ibr;
Pbr = Pbr/Ibr^2;

```

```

a11(ii,1) = wlm(i)+wf(ii,1)+wb(ii,1);
a12(ii,1) = -j.*a.*(wf(ii,1)+wb(ii,1));
a21(ii,1) = j.*a.*(wf(ii,1)+wb(ii,1));
a22(ii,1) = wla(i)+(a^2.*(wf(ii,1)+wb(ii,1)+j.*w1(i)));
Im(ii,1) = (vt(ii,1).*(a22(ii,1)-a12(ii,1)))/(a11(ii,1).*(a22(ii,1)-...
(a12(ii,1).*(a22(ii,1)))
im(ii,1) = abs(Im(ii,1));
pffm(ii,1) = cos(angle(Im(ii,1)));
Ia(ii,1) = (vt(ii,1).*(a11(ii,1)-a21(ii,1)))/(a11(ii,1).*(a22(ii,1)-...
(a12(ii,1).*(a22(ii,1)))
ia(ii,1) = abs(Ia(ii,1));
pfa(ii,1) = cos(angle(Ia(ii,1)));
pfa_m(ii,1) = sin(angle(Ia(ii,1))-angle(Im(ii,1)));
Il(ii,1) = Im(ii,1)+Ia(ii,1);
il(ii,1) = abs(IL(ii,1));
pffl(ii,1) = cos(angle(IL(ii,1)));
Pin(ii,1) = vt(ii,1).*(il(ii,1).*(pffl(ii,1)));
Pg(ii,1) = ((Im(ii,1)^2)+(a^2.*ia(ii,1)^2)).*(wf(ii,1)+wb(ii,1)+(2.*ia...
(ii,1).*(im(ii,1).*(wf(ii,1)+wb(ii,1)).*(pfa_m(ii,1)));
Tind(ii,1) = Pg(ii,1)/w_syno(i);
Pd(ii,1) = (1-w_syno(i)).*Tind(ii,1);
Pout(ii,1) = Pd(ii,1)+Pout;
if Pout(ii,1)<0; Pout(ii,1)=0; else; end;
Eff(ii,1)=100.*Pout(ii,1)/Pin(ii,1);
wo(ii,1) = ia(ii,1).*(wo(i));
Vo(ii,1) = abs(vo(ii,1));
end

%Menghitung Performansi motor saat slip nominal
n_s(i) = 120*f(s)/p;
anm(i) = (n_s(i)-nr)/n_s(i);
nnom(i) = (1-anm(i)).*n_syno(i);
wf(i) = 0.5.*(j.*nm(i).*(a2(i)./(anm(i))+j.*a2(i))./(a2(i)./(anm(i)+...
j.*a2(i).nm(i)))));
wf(i) = real(wf(i));
a2(i) = imag(wf(i));
ab(i) = 0.5.*(j.*nm(i).*(a2(i)./(2-anm(i))+j.*a2(i))./(a2(i)./(2-...

'Color','k','LineWidth',2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 nnom(1) nnom(2) nnom(3) nnom(4) nnom(5)]);
set(gca,'ytick',[0 500 Pinnom(1) Pinnom(2) Pinnom(3) Pinnom(4) Pinnom(5) 1500 2000
2500 3000]);
title('Daya Masukan','FontSize',14); xlabel('Kecepatan (rpm)','FontSize',14);...
ylabel('Daya Masukan (W)','FontSize',14);

figure(7); plot(nm(i,1),Eff(i,1),nm(i,2),Eff(i,2),nm(i,3),...
Eff(i,3),nm(i,4),Eff(i,4),nm(i,5),Eff(i,5),nnom(1),Effnom...
(1),'m',nnom(2),Effnom(2),'m',...
nnom(3),Effnom(3),'m',nnom(4),Effnom(4),'m',nnom(5),Effnom...
(5),'m','Color','k','LineWidth',2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 nnom(1) nnom(2) nnom(3) nnom(4) nnom(5)]);
set(gca,'ytick',[0 10 20 Effnom(1) Effnom(2) Effnom(3) Effnom(4) Effnom(5) 80]);
title('Efisiensi','FontSize',14); xlabel('Kecepatan (rpm)','FontSize',...
14); ylabel('Efisiensi (%)','FontSize',14);

figure(8); plot(nm(i,1),Vo(i,1),nm(i,2),Vo(i,2),nm(i,3),Vo(i,3),...
nm(i,4),Vo(i,4),nm(i,5),Vo(i,5),nnom(1),Vnom(1),'m',nnom(2)...
,Vnom(2),'m',nnom(3),Vnom(3),'m',nnom...
(4),Vnom(4),'m',nnom(5),Vnom(5),'m',...
'Color','k','LineWidth',2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 nnom(1) nnom(2) nnom(3) nnom(4) nnom(5)]);
set(gca,'ytick',[0 150 Vnom(1) Vnom(2) Vnom(3) Vnom(4) Vnom(5) 450]);
title('Tegangan Kapasitor','FontSize',14); xlabel('Kecepatan (rpm)','FontSize',...
14); ylabel('Tegangan Kapasitor (V)','FontSize',14);

figure(9); plot(nm(i,1),pfi(i,1),nm(i,2),pfi(i,2),nm(i,3),...
pfi(i,3),nm(i,4),pfi(i,4),nm(i,5),pfi(i,5),nnom(1),pfinom...
(1),'m',nnom(2),pfinom(2),'m',nnom(3)...
,pfinom(3),'m',nnom(4),pfinom(4),'m',nnom(5),pfinom(5),...
'm','Color','k','LineWidth',2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 nnom(1) nnom(2) nnom(3) nnom(4) nnom(5)]);
set(gca,'ytick',[0 0.2 0.4 0.6 pfinom(1) pfinom(2) pfinom(3) pfinom(4) pfinom(5) 1]);
title('Faktor Daya Masukan','FontSize',14); xlabel('Kecepatan (rpm)','FontSize',...
14); ylabel('Faktor Daya Masukan','FontSize',14);

```

```

anom(1)=j.*(x2(1)+nm(1)));
qb(1)= real(zb(1));
xb(1)= imag(zb(1));
x11(1)= x1m(1)+zf(1)+zb(1);
x12(1)= -j.*a.*(zf(1)-zb(1));
x21(1)= j.*a.*(zf(1)-zb(1));
x22(1)= x1a(1)+j.*a^2.*(zf(1)+zb(1)+j.*x1(1));
Inom(1)= (v_t(1).*(x22(1)-x12(1)))./((x11(1).*x22(1))-(x12(1).*x21(1)));
inmom(1)= abs(Inom(1));
pfInom(1)= cos(angle(Inom(1)));
Ianom(1)= (v_t(1).*(x11(1)+x21(1)))./((x11(1).*x22(1))-(x12(1).*x21(1)));
ianom(1)= abs(Ianom(1));
pfIanom(1)= cos(angle(Ianom(1)));
pfa_nom(1)= sin(angle(Ianom(1))-angle(Inom(1)));
ILnom(1)= Inom(1)+Ianom(1);
ILnom(1)= abs(ILnom(1));
pILnom(1)= cos(angle(ILnom(1)));
Pinom(1)= v_t(1).*ILnom(1).*pILnom(1);
Pgnom(1)= ((Inom(1)^2)+(a^2.*Ianom(1)^2)).*(zf(1)-zb(1))+(2.*a.*ianom(1)...
.*inmom(1).*(zf(1)+zb(1)).*pfa_nom(1));
Tnom(1)= Pgnom(1)./w_sync(1);
Pdnom(1)= (1-anom(1)).*w_sync(1).*Tnom(1);
Poutnom(1)= Pdnom(1)-Prot;
Effnom(1)=100.*Poutnom(1)./Pinom(1);
vconm(1)= Ianom(1).*xc(1);
Vconm(1)= abs(vconm(1));

% Menampilkan hasil perhitungan dalam bentuk tabel
disp(['
PERFORMANSI MOTOR INDUKSI SATU FASA PADA '...
'TEGANGAN ',num2str(v_t(1)),'V FREKUENSI ',num2str(f(1)),' Hz'])
disp(['
-----
'])
disp(['
Slip      Kecepatan      Torsi      Daya      Efisiensi      Tegangan      Arus Kump.      Arus '...
'Kump.      Mekanik      Mekanik      Mekanik      Mekanik      Mekanik      Mekanik      Mekanik '...
'      (rpm)      (Nm)      (W)      (%)      (V)      (A)      (A) '...
'])
disp(['
-----
'])

figure(3); plot(nm(:,1),im(:,1),nm(:,2),im(:,2),nm(:,3),im(:,3),...
nm(:,4),im(:,4),nm(:,5),im(:,5),nm(:,6),im(:,6),nm(:,7),im(:,7),...
nm(:,8),im(:,8),nm(:,9),im(:,9),nm(:,10),im(:,10),nm(:,11),im(:,11),...
nm(:,12),im(:,12),nm(:,13),im(:,13),nm(:,14),im(:,14),nm(:,15),im(:,15),...
nm(:,16),im(:,16),nm(:,17),im(:,17),nm(:,18),im(:,18),nm(:,19),im(:,19),...
nm(:,20),im(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Torsi Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Torsi (Nm)');

figure(4); plot(nm(:,1),ia(:,1),nm(:,2),ia(:,2),nm(:,3),ia(:,3),...
nm(:,4),ia(:,4),nm(:,5),ia(:,5),nm(:,6),ia(:,6),nm(:,7),ia(:,7),...
nm(:,8),ia(:,8),nm(:,9),ia(:,9),nm(:,10),ia(:,10),nm(:,11),ia(:,11),...
nm(:,12),ia(:,12),nm(:,13),ia(:,13),nm(:,14),ia(:,14),nm(:,15),ia(:,15),...
nm(:,16),ia(:,16),nm(:,17),ia(:,17),nm(:,18),ia(:,18),nm(:,19),ia(:,19),...
nm(:,20),ia(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Arus Kump. Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Arus Kump. (A)');

figure(5); plot(nm(:,1),il(:,1),nm(:,2),il(:,2),nm(:,3),il(:,3),...
nm(:,4),il(:,4),nm(:,5),il(:,5),nm(:,6),il(:,6),nm(:,7),il(:,7),...
nm(:,8),il(:,8),nm(:,9),il(:,9),nm(:,10),il(:,10),nm(:,11),il(:,11),...
nm(:,12),il(:,12),nm(:,13),il(:,13),nm(:,14),il(:,14),nm(:,15),il(:,15),...
nm(:,16),il(:,16),nm(:,17),il(:,17),nm(:,18),il(:,18),nm(:,19),il(:,19),...
nm(:,20),il(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Arus Kump. Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Arus Kump. (A)');

figure(6); plot(nm(:,1),Pin(:,1),nm(:,2),Pin(:,2),nm(:,3),Pin(:,3),...
nm(:,4),Pin(:,4),nm(:,5),Pin(:,5),nm(:,6),Pin(:,6),nm(:,7),Pin(:,7),...
nm(:,8),Pin(:,8),nm(:,9),Pin(:,9),nm(:,10),Pin(:,10),nm(:,11),Pin(:,11),...
nm(:,12),Pin(:,12),nm(:,13),Pin(:,13),nm(:,14),Pin(:,14),nm(:,15),Pin(:,15),...
nm(:,16),Pin(:,16),nm(:,17),Pin(:,17),nm(:,18),Pin(:,18),nm(:,19),Pin(:,19),...
nm(:,20),Pin(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Daya Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Daya (W)');

figure(7); plot(nm(:,1),Pdn(:,1),nm(:,2),Pdn(:,2),nm(:,3),Pdn(:,3),...
nm(:,4),Pdn(:,4),nm(:,5),Pdn(:,5),nm(:,6),Pdn(:,6),nm(:,7),Pdn(:,7),...
nm(:,8),Pdn(:,8),nm(:,9),Pdn(:,9),nm(:,10),Pdn(:,10),nm(:,11),Pdn(:,11),...
nm(:,12),Pdn(:,12),nm(:,13),Pdn(:,13),nm(:,14),Pdn(:,14),nm(:,15),Pdn(:,15),...
nm(:,16),Pdn(:,16),nm(:,17),Pdn(:,17),nm(:,18),Pdn(:,18),nm(:,19),Pdn(:,19),...
nm(:,20),Pdn(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Efisiensi Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Efisiensi (%)');

figure(8); plot(nm(:,1),vcon(:,1),nm(:,2),vcon(:,2),nm(:,3),vcon(:,3),...
nm(:,4),vcon(:,4),nm(:,5),vcon(:,5),nm(:,6),vcon(:,6),nm(:,7),vcon(:,7),...
nm(:,8),vcon(:,8),nm(:,9),vcon(:,9),nm(:,10),vcon(:,10),nm(:,11),vcon(:,11),...
nm(:,12),vcon(:,12),nm(:,13),vcon(:,13),nm(:,14),vcon(:,14),nm(:,15),vcon(:,15),...
nm(:,16),vcon(:,16),nm(:,17),vcon(:,17),nm(:,18),vcon(:,18),nm(:,19),vcon(:,19),...
nm(:,20),vcon(:,20)), 'k', 'LineWidth', 2.0);
set(gca,'xtick',[0 200 400 600 800 1000 1200 1400 1600]);
set(gca,'ytick',[0 2 4 6 8 10]);
title('Arus Kump. Terhadap Kecepatan'); xlabel('Kecepatan (rpm)'); ylabel('Arus Kump. (A)');

% Menghitung Performansi motor
s=linespec(0,1,201);
s=fix(s);
fsm=1:1:201;
nm(fsm,1)= (1-s(fsm)).*n_sync(1);
zf(fsm,1)= 0.5*(j.*nm(fsm,1).*(x2(1)+j.*x1(1))./(x2(1)+j.*x1(1)...
+(x2(1)+j.*x1(1)));
zf(fsm,1)= real(zf(fsm,1));
zf(fsm,1)= imag(zf(fsm,1));
xb(fsm,1)= 0.5*(j.*nm(fsm,1).*(x2(1)+j.*x1(1))./(x2(1)+j.*x1(1)...
+(x2(1)+j.*x1(1)));
qb(fsm,1)= real(xb(fsm,1));
xb(fsm,1)= imag(xb(fsm,1));

```

Dengan menjalankan program bmV/fkonstan.m di atas diperoleh keluaran berupa grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 19. Data secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel data

Gambar 11 Grafik Torsi Terhadap Kecepatan

Gambar 12 Grafik Daya Keluar Terhadap Kecepatan

Gambar 13 Grafik Arus Kumparan Utama Terhadap Kecepatan

Gambar 14 Grafik Arus Kumparan Bantu Terhadap Kecepatan

Gambar 15 Grafik Arus Masukan Terhadap Kecepatan

Gambar 16 Grafik Daya Masukan Terhadap Kecepatan

Gambar 17 Grafik Efisiensi Terhadap Kecepatan

Gambar 18 Grafik Tegangan Kapasitor Terhadap kecepatan

Gambar 19 Grafik Faktor Daya Stator Terhadap Kecepatan

Dan dari data-data itu kita peroleh data performansi saat motor beroperasi pada

putaran nominalnya yaitu 1370 rpm. Data-data tersebut adalah,

$$\text{Slip} = 0.087$$

$$\text{Faktor Daya Masukan} = 0.986$$

$$\text{Kecepatan Mekanik} = 1370$$

$$\text{Rpm Daya Masukan} = 1262.88 \text{ W}$$

$$\text{Torsi Mekanik} = 7.06 \text{ Nm}$$

$$\text{Arus Masukan} = 5.82 \text{ A}$$

$$\text{Daya Keluaran} = 762.58 \text{ W}$$

$$\text{Arus Kumputan Utama} = 4.355 \text{ A}$$

$$\text{Efisiensi} = 75.32 \%$$

$$\text{Arus Kumputan Bantu} = 2.69 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan Kapasitor} = 342.49 \text{ V}$$

Tabel 3 Performansi Motor Induksi Satu Fasa Pada Torsi Nominal = 7.06 Nm

Teg. (V)	Frek. (Hz)	Slip	Kec. Mekanik (rpm)	Torsi Mekanik (Nm)	Daya Keluaran (W)	Arus Kumputan Utama (A)	Arus Kumputan Bantu (A)	Arus Masukan (A)	Daya Masukan (W)	η (%)	Teg. Kap. (V)	Faktor Daya Stator (W)
149.6	34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
167.2	38	0.19	923.4	7.0654	434.39	7.2772	1.2741	7.6618	1183.7	36.697	213.46	0.92402
184.8	42	0.135	1089.9	7.0581	557.72	6.055	1.694	6.6906	1162.1	47.993	256.77	0.93987
202.4	46	0.105	1236.1	7.0209	660.22	5.1287	2.1632	6.0997	1188.6	55.547	299.37	0.96275
220	50	0.085	1372.5	6.9701	753.93	4.2678	2.7007	5.7257	1242.7	60.668	343.86	0.98657

Tabel 4 Performansi Motor Induksi Satu Fasa Pada Torsi Maksimal

Teg. (V)	Frek. (Hz)	Slip	Kec. Mekanik (rpm)	Torsi Mekanik (Nm)	Daya Keluaran (W)	Arus Kumputan Utama (A)	Arus Kumputan Bantu (A)	Arus Masukan (A)	Daya Masukan (W)	η (%)	Teg. Kap. (V)	Faktor Daya Stator (W)
149.6	34	0.28	734.4	6.554	256.18	8.444	0.92886	8.7167	1193.5	21.465	173.92	0.91526
167.2	38	0.27	832.2	7.4149	388.34	9.0834	1.1554	9.354	1437.2	27.717	193.57	0.91891
184.8	42	0.26	932.4	8.2801	560.62	9.5644	1.4107	9.9438	1696.6	33.044	213.83	0.92326
202.4	46	0.25	1035	9.1554	744.45	9.9738	1.6975	10.493	1972.2	37.748	234.93	0.92869
220	50	0.24	1140	10.048	961.63	10.312	2.0193	11.012	2265.3	42.01	257.11	0.93502

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan uraian pada bab-bab sebelumnya, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Motor induksi satu fasa pada blower jika dioperasikan di bawah frekuensi ratingnya dengan perbandingan suplai daya V/f konstan memiliki banyak variasi kecepatan dengan torsi beban yang berubah-ubah.
2. Pada kondisi torsi nominal, motor akan mengeluarkan daya yang lebih rendah saat beroperasi dengan frekuensi rendah dibandingkan dengan pada saat beroperasi pada frekuensi rating.
3. Pada kondisi torsi nominal, penurunan frekuensi akan menyebabkan arus yang mengalir pada motor akan semakin besar, oleh karena itu penurunan frekuensi yang dilakukan jangan terlalu besar agar tidak melebihi kemampuan arus motor.
4. Faktor daya masukan dan tegangan pada kapasitor motor cenderung akan menurun jika beroperasi pada frekuensi rendah.
5. Efisiensi motor akan semakin rendah jika beroperasi pada frekuensi yang rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- A. L. Julian, R. S. Wallace, P. K. Sood, “*Multi_Speed Control of Single Phase Induction Motors for Blower Applications*”, IEEE Trans. On Power Electronics, vol.10, no.1, pp.72-77, January 1995.
- Bhag S. Guru, Huseyin R. Hiziroglu, “*Electric Machinery and Transformers*”, Harcourt Brace Javanovich, San Diego, 1988.
- Cathey, Jimmie J., *Electricmachines : Analysis and Design Applying Matlab*, McGraw Hill, Boston, 2001.
- Chapman, Stephene J., *Electric Machinery Fundamentals*, Third Edition, McGraw Hill Companies, New York, 1999.
- Fitzgerald, Charles Kingsley JR., *Mesin-Mesin Listrik*, Edisi Keenam, Erlangga, Jakarta, 1993.
- Soelaiman,Ts. MHD, *Mesin Tak Serempak Dalam Praktek*, Pradnya Paramitha, Jakarta, 1995.
- Theraja, B.L., *A Text Book of Electrical Technology*, 17th Revised Edition, S.Chand & Company Ltd., Ram Nagar, New Delhi, 1979