

STUDI PENGARUH PERUBAHAN FREKUENSI SUMBER TERHADAP FAKTOR DAYA MOTOR INDUKSI 3-FASA

Oleh :

Zuriman Anthony, ST., MT*

Email: zuriman@itp.ac.id

*) Dosen Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri - Institut Teknologi Padang (ITP)

ABSTRAK

Perubahan frekuensi yang terjadi pada sistem tenaga listrik biasanya tidak begitu besar sehingga pengaruhnya tidak begitu diperhatikan terhadap kinerja motor induksi. Perubahan frekuensi yang besar biasanya dilakukan untuk mengatur kecepatan motor induksi. Tulisan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran pengaruh perubahan frekuensi yang dilakukan untuk mengatur kecepatan motor induksi 3-fasa terhadap faktor daya motor. Motor yang digunakan pada penelitian ini adalah motor induksi 3-fasa 2250 Hp, 2300 V, 60Hz, hubungan bintang

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa akan terjadi penurunan faktor daya pada motor bila dilakukan perubahan frekuensi sumber, baik dengan cara menaikkan ataupun dengan menurunkan frekuensi. Frekuensi terendah yang memungkinkan motor dapat bekerja dengan faktor daya yang baik adalah pada frekuensi yang tidak boleh lebih rendah dari 43,33% dari frekuensi standar motor.

Kata kunci : perubahan frekuensi, perubahan impedansi, perubahan faktor daya

ABSTRACT

Frequency changes that occur in the power system is usually not so large so that the effect is not so note on the performance of induction motors. Large frequency changes usually done to set the induction motor speed. This paper is intended to provide an overview of the influence of the frequency changes being made to control the speed of 3-phase induction motor to the motor power factor. Motors used in this study is 3-phase induction motor 2250 HP, 2300 V, 60 Hz, in star connection

The results showed that there will be a decrease in the power factor of the motor when done change frequency source, either by way of increase or the lower the frequency. Lowest frequency that allows the motor to work with a good power factor is the frequency should not be lower than 43.33% of the standard frequency of the motor.

Keywords: Changes in frequency, impedance changes, changes in power factor

1. Pendahuluan

Kecepatan motor induksi 3-fasa sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu; frekuensi, jumlah kutup dan amplitudo tegangan sumber. Dengan berkembangnya teknologi, maka pengaturan frekuensi sumber untuk mengatur kecepatan motor saat ini sangat mudah dilakukan.

1.1. Rumusan masalah

Perubahan frekuensi yang masuk ke motor induksi disamping akan mempengaruhi kecepatan motor, tentu juga akan mempengaruhi impedansi internal pada motor. Dengan berubahnya impedansi internal motor juga akan

mengakibatkan berubahnya pula faktor daya pada motor. Oleh karena itu maka diperlukan suatu kajian untuk melihat pengaruh perubahan frekuensi ini terhadap faktor daya motor induksi sehingga diperoleh gambaran ke depan seberapa besar perubahan frekuensi yang dapat dilakukan agar motor dapat bekerja dengan faktor daya yang baik.

1.2. Batasan masalah

Penelitian ini hanya untuk menganalisa pengaruh perubahan frekuensi sumber untuk mengatur kecepatan motor terhadap faktor daya motor induksi 3-fasa dalam kondisi beban dan tegangan sumber yang tetap. Motor induksi yang

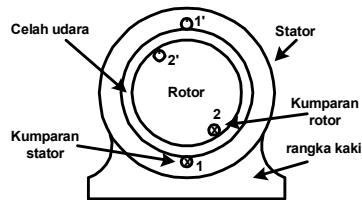
dianalisa adalah motor induksi 3-fasa 2250 Hp, 2300 V, 60 Hz. Untuk mempermudah analisa maka digunakan program MATLAB dengan memasukan parameter-parameter motor induksi 3-fasa ke dalam rangkaian ekivalen motor.

1.3. Tujuan penelitian

Untuk melihat pengaruh perubahan frekuensi terhadap faktor daya motor agar diketahui batas frekuensi yang layak agar motor dapat beroperasi dengan faktor daya yang baik pada sistem tenaga.

2. Landasan Teori

Motor induksi 3-fasa merupakan motor induksi yang banyak digunakan untuk berbagai keperluan terutama di pabrik-pabrik yang menggunakan motor sebagai penggerak. Diantara semua jenis motor induksi, motor induksi 3-fasa merupakan motor yang paling stabil dalam kondisi normal bila disuplai dengan sistem 3-fasa yang seimbang. Gambaran sederhana konstruksi motor induksi 3-fasa ini diperlihatkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konstuksi sederhana motor induksi

Kecepatan putaran medan magnet motor induksi akan dipengaruhi oleh frekuensi sumber yang masuk ke motor (yang juga mempengaruhi kecepatan perputaran rotor pada motor) dengan mengacu ke persamaan (2.1) berikut.

$$N_s = 120. f / p \quad (2.1)$$

yang mana :

- f = frekuensi sumber AC (Hz)
- p = jumlah kutub yang terbentuk pada motor
- Ns = kecepatan putaran medan magnet stator (putaran/menit, rpm)

Putaran medan magnet stator ini akan diikuti oleh putaran rotor motor induksi. Makin berat beban motor, maka kecepatan rotor juga akan turun sehingga terjadi slip (s), seperti yang diperlihatkan pada persamaan (2.2).

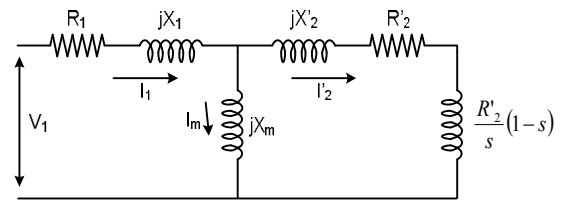
$$s = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad (2.2)$$

yang mana :

- s = slip

Nr = kecepatan putaran rotor pada motor

Perubahan frekuensi sumber pada motor induksi 3-fasa akan mempengaruhi besarnya impedansi kumparan motor karena kumparan motor induksi mengandung reaktansi induktif (X_L) seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Rangkaian ekivalen motor induksi 3-fasa perfasa

yang mana:

V_1 = Tegangan sumber perfasa pada kumparan stator

R_1 = Resistansi kumparan stator

X_1 = Reaktansi Induktif kumparan stator

R_2' = Resistansi kumparan rotor dilihat dari sisi stator

X_2' = Reaktansi Induktir rotor dilihat dari sisi stator

X_m = Reaktansi magnet pada Motor

$\frac{R_2'}{s}(1-s)$ = Resistansi yang mewakili beban motor

I_1 = Arus kumparan stator

I_2' = Arus pada kumparan rotor dilihat dari sisi stator

I_m = Arus Magnet

Dari rangkaian ekivalen motor gambar 2.2 di atas kemudian dapat dihitung arus dan efisiensi motor dengan cara sebagai berikut.

$$Z_2' = \frac{R_2'}{s} + jX_2' \quad (2.3)$$

$$Zp_2 = \frac{Z_2' \times jX_m}{Z_2' + jX_m} \quad (2.4)$$

$$Z_t = Z_1 + Zp_2 \quad (2.5)$$

$$i_L = \frac{V_1}{Z_t} = I \angle \phi \quad (2.6)$$

Jika sudut referensi tegangan sumber adalah 0° (Nol derajat), maka faktor daya adalah:

$$faktordaya = \text{Cos } \phi \quad (2.7)$$

Studi Pengaruh Perubahan Frekwensi Sumber Terhadap Faktor Daya Motor Induksi 3 -Fasa

Selanjutnya,

$$V_{AB} = V_1 - i_1 \cdot x \cdot Z_1 \quad (2.8)$$

$$(i_2') = \frac{V_{AB}}{Z_2'} \quad (2.9)$$

$$Pm_{(3\text{ fasa})} = 3x(i_2')^2 x \frac{R_2'}{s} (1-s) \quad (2.10)$$

$$P_{OUT} = Pm - Prot \quad (2.11)$$

$$P_{in(3\text{ fasa})} = \sqrt{3} \cdot x \cdot V_{LL} \cdot x \cdot I_L \cdot x \cdot \cos \varphi \quad (2.12)$$

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \cdot x \cdot 100\% \quad (2.13)$$

Motor induksi akan bekerja dengan baik dan dapat berumur panjang jika arus yang melewati kumparan tidak melewati batas yang telah ditetapkan pabrik pembuatnya (arus nominal motor). Bila arus yang melewati kumparan motor ini telah melampaui arus nominal motor, maka motor akan berumur pendek, dimana makin besar arus motor, maka makin pendek umur motor. Pemanfaatan energi pada motor juga akan lebih optimal jika efisiensi motor saat beroperasi sangat tinggi.

Dengan memperhatikan gambar 2.2 terlihat bahwa motor mempunyai reaktansi induktif baik pada kumparan stator (X_1), reaktansi magnet (X_m) dan kumparan rotor (X_2'). Bila mengacu kepada rumus dasar reaktansi induktif ini maka dapat dijabarkan sebagai berikut.

$$X = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L = 2 \cdot (3,14) \cdot f \cdot L \quad (2.14)$$

$$X = (6,28) \cdot f \cdot L$$

yang mana:

f = frekuensi sumber (Hz)

L = induktansi diri (Henry)

Dengan memperhatikan persamaan (2.14) terlihat bahwa dengan berubahnya frekuensi tentu akan mengakibatkan berubahnya pula nilai reaktansi kumparan motor sehingga akan merubah nilai impedansi total kumparan motor yang berakibat akan merubah nilai faktor daya pada motor.

3. Metode Penelitian

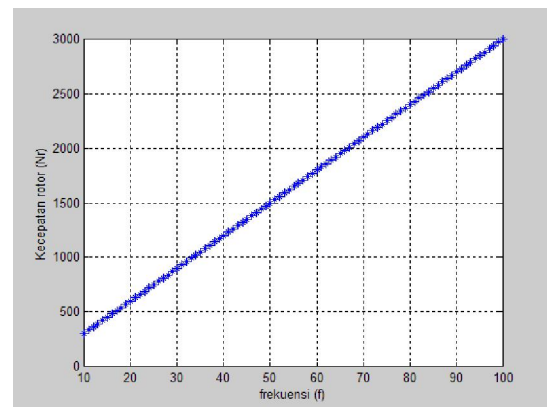
Motor induksi yang menjadi objek penelitian adalah motor induksi 3-fasa 2250 Hp, 2300 V, terhubung bintang, 60Hz yang mempunyai data parameter sebagai berikut^[4].

P = 4 kutub	$R_1 = 0,029$
F = 60 Hz	$X_1 = 0,226$
$V_L = 2300$ V	$X_m = 13,04$
$N_r = 1786$ rpm	$R_2' = 0,022$
$P_{out} = 2250$ Hp	$X_2' = 0,226$

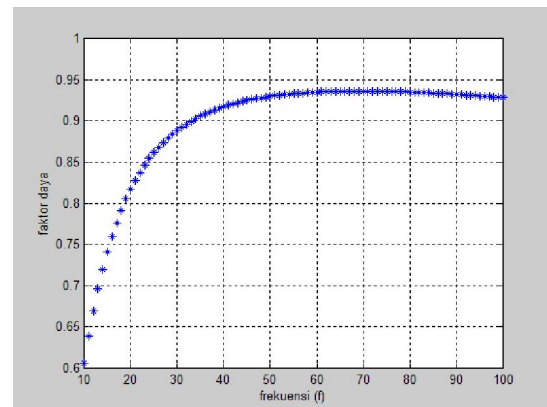
Untuk menganalisa kondisi motor saat diberikan perubahan frekuensi sumber untuk mengatur kecepatan motor, maka digunakan program MATLAB agar dapat menghasilkan perhitungan dan grafik yang lebih akurat dan cepat.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dengan bervariasi frekuensi sumber yang masuk ke motor induksi 3-fasa dengan kondisi beban dan tegangan sumber konstan, maka diperoleh hasil kinerja motor seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.1 sampai dengan gambar 4.3.



Gambar 4.1 Pengaruh perubahan frekuensi terhadap kecepatan motor induksi

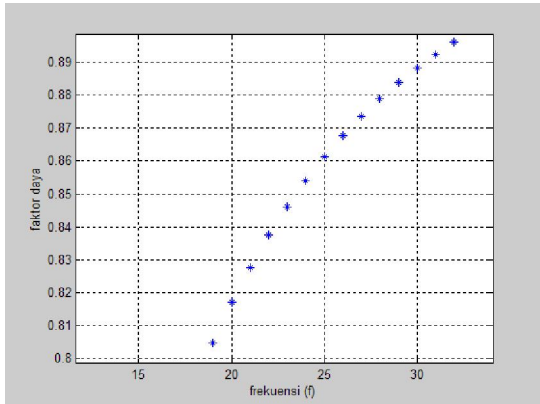


Gambar 4.2 Pengaruh perubahan frekuensi terhadap faktor daya motor induksi

Dengan memperhatikan gambar 4.1 terlihat bahwa dengan memperbesar frekuensi akan menaikkan kecepatan motor, sedangkan dengan memperkecil frekuensi akan memperlambat kecepatan motor. Bila

Studi Pengaruh Perubahan Frekwensi Sumber Terhadap Faktor Daya Motor Induksi 3 -Fasa

diperhatikan gambar 4.2 terlihat bahwa menaikkan dan menurunkan frekuensi motor akan menurunkan faktor daya pada motor. Bila gambar 4.2 diperbesar untuk daerah frekuensi yang rendah maka diperlihatkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Pengaruh perubahan frekuensi dari gambar 4.2 yang diperbesar

Bila diinginkan motor bekerja dengan frekuensi yang baik, maka sebaiknya motor beroperasi dengan faktor daya minimal 0,86. Dengan mengacu ke gambar 4.3 terlihat bahwa faktor daya yang besar dari 0,86 adalah pada posisi frekuensi di atas 25 Hz. Bila diambil standar minimal 26 Hz, maka dengan mengacu ke frekuensi standar motor yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 60 Hz, maka frekuensi terendah yang dapat diberikan ke motor adalah pada batas $(26/60) \times 100\% = 43,33\%$ dari frekuensi standarnya. Ini menunjukkan bahwa agar motor induksi 3-fasa dapat dioperasikan dengan faktor daya yang baik dalam mengatur kecepatan motor dengan menggunakan perubahan frekuensi sumber, maka frekuensi terendah yang boleh diberikan adalah pada batasan 43,33% dari frekuensi standar motor induksi yang digunakan.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Memperbesar frekuensi sumber dalam menaikkan kecepatan motor induksi 3-fasa akan memperkecil faktor daya pada motor.
2. Memperkecil frekuensi sumber dalam menurunkan kecepatan motor induksi 3-fasa juga akan memperkecil faktor daya pada motor.

3. Frekuensi terendah yang dapat diberikan pada motor agar induksi 3-fasa dapat bekerja dengan faktor daya yang baik adalah sebesar 43,33% dari frekuensi standar yang telah ditetapkan pada motor.

Daftar Pustaka

- [1] Ayasun Saffet, and Nwankpa Chika O, 2005, "Induction Motor Tests Using MATLAB/Simulink and Their Integration Into Undergraduate Electric Machinery Courses", *IEEE Trans. on Education*, Vol. 48, No. 1, February 2005, pp. 37 – 46.
- [2] Cowern, Ed, 2000, "Keep Up to Speed with Motor Terms", *EC&M*, January, pp. 52-56.
- [3] Ghai, N. K., 1999 "IEC and NEMA Standards for Large Squarrel-cage Induction Motors-A comparison", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, 14 (3), pp. 545-552.
- [4] Kumar R. Srecrema, R Ramanujam and Jenkins L. HP Khincha, 1998, "Induction motor modelling and interfacing technique for fast transient stability simulation", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, (0-7803-4962-8/98), pp. 548 – 551.
- [5] Richardson, D. V. and Caisse, A. J. Jr., 1997, "Rotating Electric Machinery and Transfomer Technology", Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- [6] Sawhney, A.K., 1990, "A Cours in Electrical Machine Design", Dhanpat Rai & Son, Delhi-Jullundur, India.