

SATU METODE DALAM MENGOPERASIKAN MOTOR INDUKSI 3-FASA ROTOR SANGKAR

Zuriman Anthony

Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Padang
Jl. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang, Sumbar
e-mail: zurimananthony@yahoo.com

Abstrak

Pada saat ini, motor induksi 3-fasa rotor sangkar sangat banyak digunakan dalam berbagai aplikasi. Motor ini secara normal mempunyai torsi start yang rendah. Pada beberapa kondisi tertentu motor ini tidak bisa di start pada beban penuh. Walaupun dapat distart tetapi mempunyai waktu starting yang lama untuk mencapai kondisi stabil saat diberi beban inersia yang besar. Oleh karena itu diperlukan suatu cara dalam mengoperasikan motor agar motor dapat distart dengan baik. Berdasarkan kondisi ini maka penelitian ini dimaksudkan untuk membuat metode start yang baru untuk meningkatkan torsi start pada motor. Motor induksi yang digunakan adalah motor induksi 3-fasa, 1500W, 380/220V, Y/ Δ , 3,6/6,2A 1400 rpm, faktor daya 0,84 tertinggal, kelas isolasi B. Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor dapat distart dengan baik dengan torsi start yang memadai dan dengan respon putaran yang cepat terhadap kecepatan rotor.

Kata kunci: rangkaian kumparan motor, kapasitansi kapasitor, rangkaian kendali

Abstract

The three-phase squirrel-cage induction motors are the most application in centuries. These motors of normal design have usually a poor starting torque. In most cases, these motors unable to start against full load. Even if the motor starts successfully, it may take a long start-up time when driving high inertia load. A good strategy must be applied in operated the motor. This research is to purpose to make a new method for increasing the starting torque of the motor. The induction motor used was 1,5 kW, 220/380V; Δ /Y; 50 Hz; 6,2/3,6A; 1400 rpm; B class, 0.84 lag. The result shows that, the motor could start better by a good starting torque and good response of speed of the rotor.

Keywords: winding circuit of the motor, capacitance of the capacitor, control circuit

A. Pendahuluan

Motor induksi 3-fasa merupakan motor listrik arus bolak-balik (AC) yang beroperasi secara normal dengan menggunakan sistem tenaga listrik AC 3-fasa. Motor ini banyak tersedia dengan daya yang besar, sehingga banyak digunakan pada sektor industri. Motor induksi 3-fasa secara normal mempunyai torsi start yang kecil. Pada kondisi tertentu motor ini tidak bisa di-start pada beban penuh, kecuali jika telah dilakukan suatu tindakan untuk mengatasinya. Jika motor ini beroperasi dengan beban inersia yang besar, sekalipun motor bisa di-start dengan baik, tetapi memakan waktu penyesuaian yang lama untuk mencapai kondisi yang stabil (Badr, dkk., 1995). Khusus untuk motor induksi 3-fasa jenis rotor belitan, masalah ini dapat diselesaikan dengan mengontrol tahanan rotornya. Pengaturan tahanan rotor ini

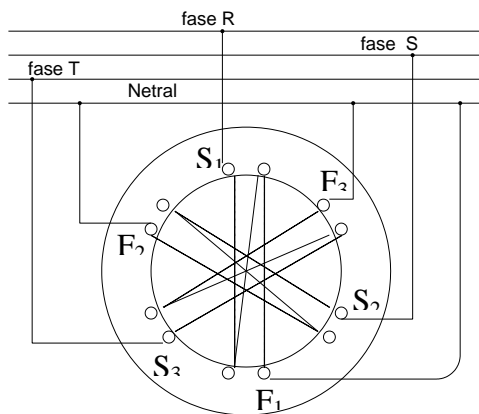
dilakukan dengan cara menambahkan tahanan eksternal pada kumparan rotor yang diatur dengan menggunakan saklar pengatur agar diperoleh torsi start yang besar. Untuk motor induksi 3-fasa jenis rotor sangkar, kasusnya akan berbeda karena tidak ada cara untuk meningkatkan torsi start motor saat motor beroperasi pada kondisi normal pada sistem tenaga listrik 3-fasa. Salah satu cara untuk meningkatkan torsi start motor ini adalah dengan mengoperasikan motor pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan kapasitor (Badr, dkk., 1995). Pada kondisi ini motor akan dapat di-start dengan baik dan kapasitor yang digunakan juga sekaligus dapat meningkatkan faktor daya selama proses pengasutan (starting) berlangsung (Badr, dkk., 1995; Smith, 1999). Bila ditinjau sistem pengoperasian motor induksi 1-fasa, maka motor dapat dioperasikan dengan kapasitor

yang kecil bila kapasitor diletakkan pada kumparan dengan impedansi yang lebih besar (Huang dkk. (1988).

Berdasarkan penjabaran di atas, peneliti tertarik untuk merancang suatu metode baru dalam mengoperasikan motor induksi 3-fasa rotor sangkar dengan judul "Satu metode dalam mengoperasikan motor induksi 3-fasa rotor sangkar".

B. Landasan Teori

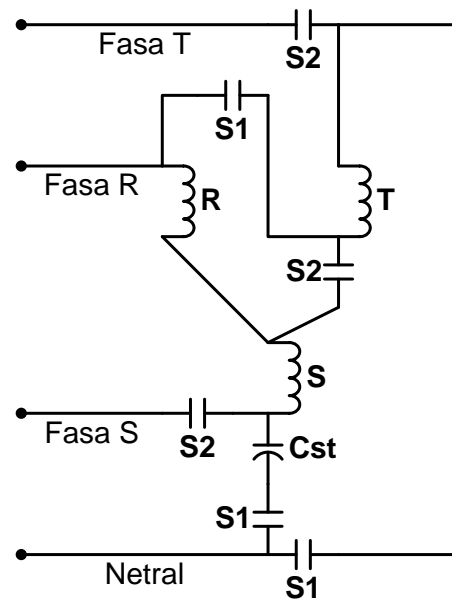
Motor induksi 3-fase ini mempunyai kumparan 3-fase yang terpisah antar satu sama lainnya sejarak 120 ° listrik yang dialiri oleh arus listrik 3-fase yang berbeda fase 120o listrik antar fasenya, sehingga keadaan ini akan menghasilkan resultan fluks magnet yang berputar seperti halnya kutup magnet aktual yang berputar secara mekanik. Bentuk gambaran sederhana hubungan kumparan motor induksi 3-fase diperlihatkan pada gambar 1.



Gambar 1. Bentuk hubungan kumparan motor induksi 3-fase dengan dua kutup stator pada sistem tenaga 3-fasa dengan sistem hubungan Y

Ada berbagai cara dalam menstart motor induksi 3-fasa yang dapat dilakukan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan menstart motor induksi 3-fasa dengan menggunakan sumber tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan kapasitor Untuk menstart motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa dengan menggunakan kapasitor perlu terlebih dahulu merubah bentuk hubungan kumparan motor induksi 3-fasa menjadi seolah olah seperti bentuk kumparan motor induksi 1-fasa. Gamber 2 memperlihatkan bentuk hubungan kumparan motor dengan kapasitor start (Cst) dan saklar kontaktor dalam menstart motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-

fasa, dimana kumparan yang biasa dihubungkan dengan fasa R (dari gambar 1) diberi nama kumparan R (pada gambar 2), yang dihubungkan dengan fasa S diberi nama kumparan S dan yang dihubungkan dengan fasa T diberi nama kumparan T. S1 pada gambar 2 adalah saklar NC pada kontaktor utama 1 yang berfungsi untuk menstart motor pada sistem tenaga listrik 1-fasa, sedangkan saklar S2 adalah saklar NO pada kontaktor utama 2 untuk mengoperasikan motor pada sistem tenaga listrik 3-fasa.



Gambar 2. Bentuk hubungan kumparan motor induksi 3-fase hubungan Y dengan kapasitor start (Cst) saat distart pada sistem tenaga 1-fasa.

Kapasitor start (Cst) pada gambar 2 sengaja dipasang seri dengan kumparan R dan S agar kapasitor berada pada kumparan dengan impedansi yang lebih besar. Nilai reaktansi kapasitif "kapasitor-start (X_{Cst})" yang digunakan pada gambar 2 ini mengacu kepada teori pemilihan 'torsi start maksimum per amper' yang diterapkan pada motor induksi 1-fasa seperti rumus dibawah ini (Sen, 1989).

$$X_{Cst} = X_a + \frac{-X_m.R_a + |Z_m|\sqrt{R_a.(R_a + R_m)}}{R_m} \quad (1)$$

dengan :

- X_{Cst} = Reaktansi kapasitif dari kapasitor start yang akan digunakan
- X_a = Reaktansi induktif dari kumparan bantu (X_R + X_S)
- X_R = Reaktansi induktif kumparan R

- XS = Reaktansi induktif kumparan S
- Ra = Tahanan dari kumparan bantu (RR + RS)
- RR = Tahanan kumparan R
- RS = Tahanan kumparan S
- Xm = Reaktansi induktif dari kumparan utama (kumparan T)
- Rm = Tahanan dari kumparan utama (kumparan T)
- Zm = Impedansi dari kumparan utama (kumparan T)

Untuk mempermudah penyelesaian, maka semua parameter pada persamaan (1) harus dijadikan dalam sistem per-uni (pu). Kemudian untuk memperoleh nilai Xc yang sesungguhnya dari kapasitor yang digunakan, maka dicari dahulu nilai impedansi dasar dari motor induksi yang digunakan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Stevenson dan Grainger, 1994).

$$Zd = \frac{V^2}{VA} \quad (2)$$

dengan :

- V = tegangan sumber 1-fase yang digunakan
 - VA = daya semu motor induksi 3-fase yang digunakan
 - Zd = Impedansi dasar motor
- Selanjutnya akan diperoleh nilai reaktansi kapasitif sebenarnya sebesar.

$$X_{Cst} = (X_{Cst(pu)}) \cdot x.(Zd) \quad (3)$$

Besarnya nilai kapasitor start (Cst) yang dibutuhkan selanjutnya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Cst = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_{Cst}} \text{ (Farad)} \quad (4)$$

dengan :

- f = frekuensi sumber
- $\pi = 3,141593$

Karena kapasitor dipasang seri dengan kumparan R dan S (sehingga impedansinya 2 kali lebih besar dari kumparan T), maka tegangan pada kapasitor (VCst) saat start adalah 2 kali tegangan sumber (V), atau dapat dibuatkan:

$$V_{Cst} = 2 \times V \quad (5)$$

Besarnya daya reaktif (VARC) yang disumbangkan kapasitor adalah :

$$VARC = \omega \cdot Cst \cdot (V_{Cst})^2 \quad (6)$$

VARC ini akan menjadi daya semu motor induksi 3-fasa saat distart pada sistem tenaga 1-fasa.

Bila VAR3ph merupakan daya reaktif motor saat beroperasi pada sistem tenaga 3-fasa, maka besarnya daya reaktif motor induksi saat distart pada sistem tenaga 1-fasa (VARM) adalah:

$$VARM = VAR3ph - VARC \quad (7)$$

Kemudian besarnya arus start (I_{ST}), faktor daya ($\cos \phi$) dan daya masukan motor (PL) saat distart pada sistem tenaga 1-fasa adalah:

$$I_{ST} = \frac{VARC}{V} \quad (8)$$

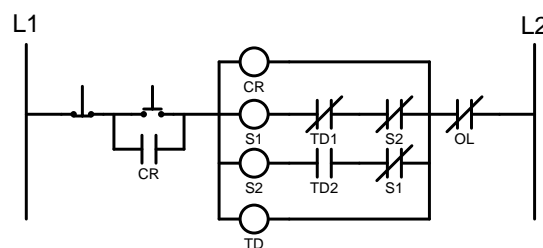
$$\sin \phi = \frac{VAR_M}{VAR_C} \quad (9)$$

$$\text{Faktor daya} = \cos \phi = \cos(\sin^{-1} \phi) \quad (10)$$

$$P_L = VAR_C \cdot \cos \phi \quad (11)$$

C. Metode Penelitian

Motor yang digunakan pada penelitian adalah motor induksi 3-fasa, 1500W, 380/220V, Y/ Δ , 3,6/6,2A 1400 rpm, faktor daya 0,84 tertinggal, kelas isolasi B. Bentuk rangkaian start yang digunakan untuk menstart motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga listrik 1-fasa diperlihatkan pada gambar 2. Sedangkan bentuk rangkaian kendali dari gambar 2 diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Bentuk rangkaian kendali dari gambar 2.

Semua metode perhitungan untuk mencari nilai Cst mengacu kepada rumus-rumus yang telah diberikan sebelumnya. Untuk melihat kemampuan metode yang digunakan, maka motor diuji di labor dengan menggunakan rangkaian gambar 2 dan gambar 3. Bentuk hubungan peralatan pengujian pada motor dan gambar pelaksanaan penelitian diperlihatkan pada gambar 4, 5 dan 6 (di lampiran gambar).

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Gambar-gambar kegiatan penelitian dalam menguji motor diperlihatkan pada

gambar 4, 5 dan 6 (di lampiran gambar). Dengan mengacu ke data motor yang digunakan, maka dari persamaan (1) diperoleh nilai $X_{Cst} = 2,5$ pu. Kemudian dengan menggunakan sumber tegangan 1-fasa sebesar 220V, maka diperoleh dari persamaan (2) dan (3) nilai $Z_d = 20,43$ dan X_{Cst} yang sebesar-besarnya sebesar 51,07 ohm. Kemudian dengan mengacu kepada persamaan (4) akan diperoleh nilai kapasitansi kapasitor start sebesar 62,33 μ F. Bila nilai kapasitor ini tidak ada dipasaran, maka sebaiknya digunakan nilai kapasitor yang sedikit lebih besar dari nilai ini, tetapi jangan lebih kecil karena akan memperkecil torsi start pada motor. Selanjutnya dengan mengacu ke persamaan (5) sampai dengan persamaan (11) untuk kondisi beban penuh akan diperoleh $VAR_C = 3.7911,11$ VAR, $VAR_M = 2566.18$ VAR (kapasitif), $I_{ST} = 17,23$ A, faktor daya = 0,75 mendahului, dan daya masukan saat start = 2843,33 W.

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan ternyata motor dapat distart dengan baik pada sistem tenaga 1-fasa dengan respon pergerakan yang cepat dari rotor motor.

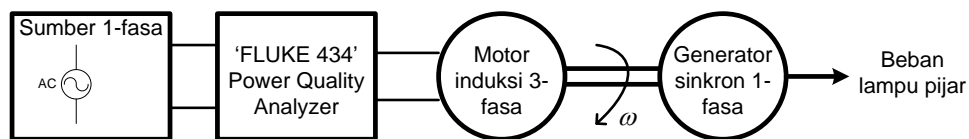
E. Kesimpulan

Metode yang diberikan dapat digunakan untuk menstart motor induksi 3-fasa dengan baik pada sistem tenaga 1-fasa dengan respon yang cepat terhadap pergerakan motor. Dengan pengaturan saklar kontaktor utama yang baik saat start pada sistem tenaga 1-fasa dan saat beroperasi pada sistem tenaga listrik 3-fasa akan membuat motor beroperasi dengan kinerja yang baik pada sistem tenaga listrik 3-fasa.

F. Daftar Pustaka

- Anthony Zuriman, Tumiran and Berahim Hamzah, "Kinerja pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa dengan menggunakan kapasitor", *Journal Teknosain*, Accreditation No. ISSN: 1411-6162, Vol. 16. No. 1, January 2003, UGM Yogyakarta, 2003, pp.. 1-12.
- Anthony Zuriman, "Analisa kapasitor jalan pada metode SemihexTM motor", *Proceeding SNVMS 2004*, ISBN: 979-96964-1-0, 2004, pp. 637-641.
- Anthony Zuriman, 2004, "Perencanaan kapasitor start untuk mengoperasikan motor induksi 3-fase pada sistem tenaga 1-fase", *Jurnal Momentum*, Vol. 2 No. 2, Agustus 2004, hal. 9-13.
- Anthony Zuriman, 2005, "Perancangan sistem kendali dual fungsi pengoperasian motor induksi 3-fasa", *Jurnal Momentum*, Vol. 3 No. 2, Agustus 2005, hal. 58-63.
- Anthony Zuriman, "Perancangan kapasitor jalan untuk pengoperasian motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa", *Jurnal Teknik Elektro – Ilmu dan Teknologi*, Vol. 8. No. 1, Maret 2008, Universitas Kristen Pentra, 2008, pp.. 46-51.
- Badr M.A, Alolah A.I and Halim Abdul M.A, "A capacitor start three phase induction motor", *IEEE transaction on energy conversion*, Vol. 10, No. 4, December 1995, pp. 675-680.
- Cowern ED, PE, 2000, "Keep up to speed with motor terms", *EC & M*, Januari 2003, pp. 52 & 56.
- Grainger John J and Stevenson Jr. William D, "*Power system analysis*", McGraw-Hill, Inc., New York, 1994.
- Huang H, Fuchs EF and White J.C, "Optimal placement of the run capacitor in single phase induction motor designs", *IEEE transactions on energy conversion*, Vol. 3, No. 3, September 1988, pp. 647-652.
- Lukitsch Walter J, Allen and Milwaukee, "Selecting motor protection for plant and process optimization", *IEEE*, No. 0-7803-4962-8198, 1998, pp. 1-6.
- Pillay P and Brzezinski, "Induction motor performance when fed from single to three phase converter", *IEEE No. 90/CH 29.35-5/90/0000-004.*, 1990
- Sen, P.C., "*Principles of Electric Machines and Power Electronics*", John Wiley & Son, New York, 1989, pp. 397-410.
- Smith, O.J, "Large Low-Cost Single-phase SemihexTM Motor", *IEEE Trans. on Energy Conversion*, 14 (4), 1999, pp. 1353-1358.

Lampiran Gambar



Gambar 4. Bentuk hubungan motor dengan alat ukur dan beban motor



a. Motor terhubung dengan generator

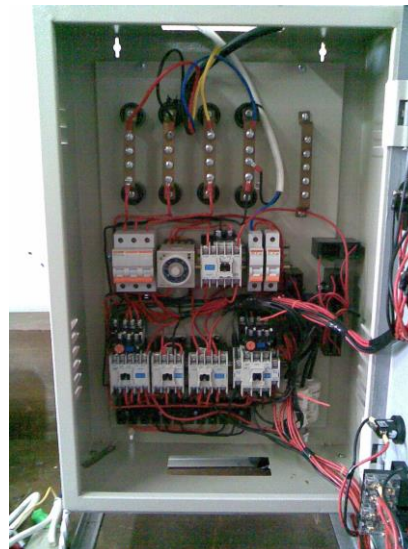


b. Pengaturan beban pada generator

Gambar 5. Kegiatan dalam penelitian



a. Alat ukur Fluke 434 dan sumber tegangan



b. Panel untuk menstart dan mengoperasikan motor

Gambar 6. Alat ukur dan isi panel untuk menstart motor induksi 3-fasa pada sistem tenaga 1-fasa dan sekaligus untuk mengopeasikannya pada sistem tenaga 3-fasa