

PENGGUNAAN DATA TORSI UNTUK PENENTUAN PARAMETER MOTOR INDUKSI 3 FASA

Wisasongko Dwi Martianto

Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta
Karang Malang, Yogyakarta
ongki@mailcity.com

Abstract

To predict induction motor performance, induction motor parameters have to be known. This paper proposes 3 phase induction motor parameters determination with input datas, such as locked rotor torque, full load torque, breakdown torque, rated motor voltage, and full load speed, which will produce optimization problems that can be solved with one of the branch of artificial intelligence science, which is genetic algorithms, that is developed rapidly nowadays and well known has a good performance.

Keywords : *Induction motor, genetic algorithm, torque data*

Abstrak

Untuk memprediksi unjuk kerja motor induksi, perlu diketahui data-data parameter motor induksi. Makalah ini akan membahas penentuan parameter motor induksi 3 fasa dengan data-data masukan seperti torsi locked rotor, torsi beban penuh, torsi breakdown, tegangan rating motor, dan slip beban penuh, yang membentuk masalah optimasi yang dapat diselesaikan dengan salah satu cabang ilmu dari kecerdasan buatan, yaitu algoritma genetik, yang belakangan ini sedang berkembang pesat dan dikenal memiliki unjuk kerja yang cukup baik.

Kata kunci : *Motor induksi, algoritma genetik, data torsi*

1. PENDAHULUAN

Sudah sejak lama tenaga listrik digunakan dengan sistem tegangan bolak-balik. Dari semua motor-motor A.C., motor induksi tiga fasa adalah salah satu yang luas penggunaannya untuk beraneka ragam kebutuhan di industri.

Umumnya motor induksi dianalisa unjuk kerjanya dengan memakai rangkaian ekuivalen trafo dengan asumsi tegangan sumber adalah sinusoidal dan simetris, sehingga pemodelan seperti ini hanya dapat digunakan pada kondisi permasalahan yang terbatas seperti pada keadaan tunak. Untuk permasalahan yang lebih kompleks, perlu dibuat model matematis tertentu. Dengan memakai pemodelan pada koordinat D-Q dalam bentuk persamaan diferensial nonlinier dapat dilakukan analisa untuk kondisi transien maupun *steady state* [2].

Untuk memprediksi unjuk kerja motor induksi, perlu diketahui data-data parameter motor induksi. Biasanya untuk memperoleh parameter motor induksi dapat dilakukan dengan cara pengujian fisik pada motor tersebut. Algoritma genetik sebagai cabang dari kecerdasan buatan, dicoba untuk memperoleh parameter motor induksi dari data-data torsi *locked rotor*, torsi beban penuh, torsi *breakdown*, tegangan *rating* motor, dan slip beban penuh, yang akan membentuk masalah optimasi [4]. Algoritma genetik yang merupakan salah satu teknik optimisasi yang bersifat stokastik, prosesnya meniru konsep biologi genetika dan seleksi alam, seharusnya mulai dijadikan sebagai algoritma alternatif yang terus dikembangkan sehingga menjadi algoritma yang handal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Motor Induksi Model D-Q

Persamaan tegangan untuk motor induksi model D-Q dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{bmatrix} v_{qs} \\ v_{ds} \\ v_{0s} \\ v'_{qr} \\ v'_{dr} \\ v'_{0r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r_s X'_{rr} + p}{D} & \frac{\omega}{\omega_b} & 0 & -\frac{r_s X_m}{D} & 0 & 0 \\ -\frac{\omega}{\omega_b} & \frac{r_s X'_{rr} + p}{D} & 0 & 0 & -\frac{r_s X_m}{D} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{r_s}{X_{ls}} + \frac{p}{\omega_b} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{r'_r X_m}{D} & 0 & 0 & \frac{r'_r X'_{ss} + p}{D} + \frac{p}{\omega_b} & \frac{\omega - \omega_r}{\omega_b} & 0 \\ 0 & -\frac{r'_r X_m}{D} & 0 & -\frac{\omega - \omega_r}{\omega_b} & \frac{r'_r X'_{ss} + p}{D} + \frac{p}{\omega_b} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{r'_r}{X'_{lr}} + \frac{p}{\omega_b} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \psi_{qs} \\ \psi_{ds} \\ \psi_{0s} \\ \psi'_{qr} \\ \psi'_{dr} \\ \psi'_{0r} \end{bmatrix} \quad (1)$$

dan persamaan fluksnya adalah :

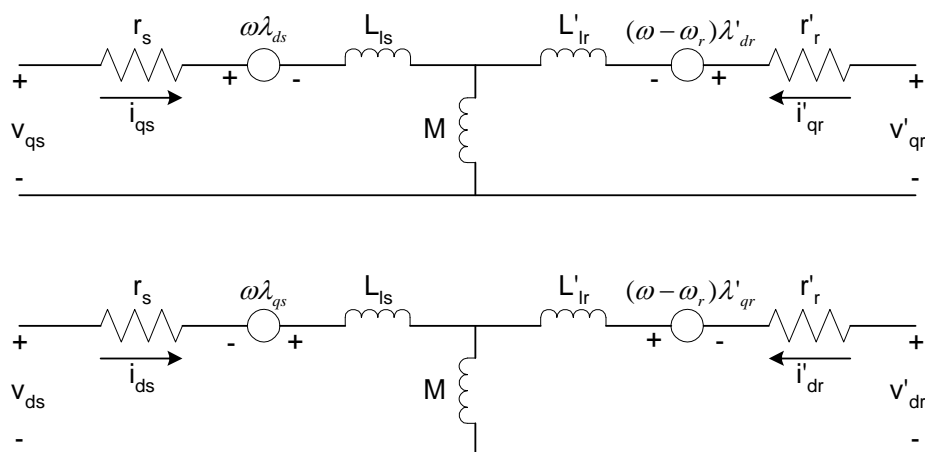
$$\begin{bmatrix} \psi_{qs} \\ \psi_{ds} \\ \psi_{0s} \\ \psi'_{qr} \\ \psi'_{dr} \\ \psi'_{0r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{ss} & 0 & 0 & X_m & 0 & 0 \\ 0 & X_{ss} & 0 & 0 & X_m & 0 \\ 0 & 0 & X_{ls} & 0 & 0 & 0 \\ X_m & 0 & 0 & X'_{rr} & 0 & 0 \\ 0 & X_m & 0 & 0 & X'_{rr} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X'_{lr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs} \\ i_{ds} \\ i_{0s} \\ i'_{qr} \\ i'_{dr} \\ i'_{0r} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$X_{ss} = X_{ls} + X_m \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$X'_{rr} = X'_{lr} + X_m \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$D = X_{ss} X'_{rr} - X_m^2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

Rangkaian ekuivalen sumbu D-Q motor induksi dalam kerangka acuan sembarang dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen motor induksi model D-Q dalam kerangka acuan sembarang

Persamaan torsi elektromagnetik motor induksi model D-Q adalah sebagai berikut :

$$T_e = \frac{3}{2} \frac{p}{2} \frac{1}{\omega_b} (\psi_{ds} i_{qs} - \psi_{qs} i_{ds}) \dots\dots\dots(6)$$

2.2 Algoritma Genetik untuk Penentuan Parameter Motor Induksi Model D-Q Menggunakan Data Torsi

Langkah-langkah keseluruhan yang dilakukan dalam penentuan parameter motor induksi dengan algoritma genetik ini adalah sebagai berikut :

- 1 Inisialisasi populasi awal.
- 2 Proses reproduksi.
- 3 Operasi persilangan.
- 4 Evaluasi hasil persilangan dan memasukkan mereka ke dalam populasi.
- 5 Operasi mutasi.
- 6 Evaluasi hasil mutasi dan memasukkan mereka ke dalam populasi.
- 7 Lakukan langkah 2 sampai dengan langkah 6 sampai didapatkan kondisi berhenti. Kondisi berhenti yang dipakai kali ini berupa 2 kondisi berurutan, yaitu kondisi nilai *error* dan cacah generasi.

Proses reproduksi pada penelitian ini memakai metode reproduksi piringan rolet (*roulette wheel*) [1]. Operasi persilangan yang digunakan adalah persilangan dengan metode *heuristic* [3]. Evaluasi kromosom-kromosom diperoleh dengan menghitung nilai ketangguhan (*fitness*) setiap kromosom, yang didapat dari persamaan torsi motor. Tiga persamaan torsi tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F1 = T_{efl} - T_{fl} \dots\dots\dots(7)$$

$$F2 = T_{elr} - T_{lr} \dots\dots\dots(8)$$

$$F3 = T_{ebd} - T_{bd} \dots\dots\dots(9)$$

dengan F1 adalah *error* torsi beban penuh, F2 adalah *error* torsi rotor terkunci, dan F3 adalah *error* torsi *breakdown*. Fungsi *error* dapat dituliskan sebagai :

$$\varepsilon = \frac{F1^2 + F2^2 + F3^2}{3} \dots\dots\dots(10)$$

sedangkan nilai *fitness* dinyatakan oleh :

$$fitness = \frac{1}{\varepsilon} \dots\dots\dots(11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data-data dari motor induksi 3 fasa hubung bintang yang akan digunakan dalam penelitian ini terdapat dalam Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Data-data parameter motor induksi

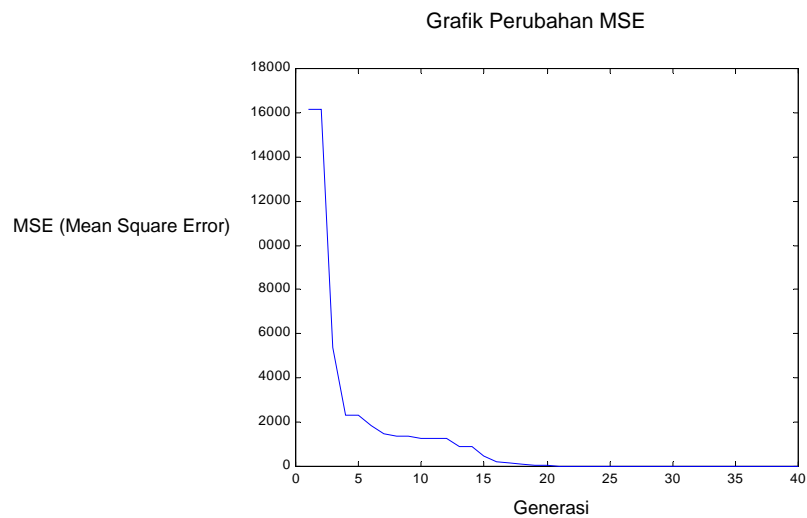
Parameter	Nilai	Parameter	Nilai
Daya	50 hp	r'_r	0,228 ohm
Tegangan	460 Volt fasa-fasa	X_{ls}	0,302 ohm
Frekuensi	60 Hz	X'_{lr}	0,302 ohm
Jumlah kutub	4	X_m	13,08 ohm
Momen inersia	1,662 kg.m ²	Torsi rotor terkunci	538.4985 N.m
Kecepatan	1705 rpm	Torsi breakdown	780.9842 N.m
r_s	0,087 ohm	Torsi beban penuh	234.6406 N.m

Dalam percobaan ini, parameter-parameter algoritma genetik yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Parameter algoritma genetik pada rentang pencarian ke 2

Batas parameter	r_s	r'_r	X_m	X_l
	0 s/d 4	0 s/d 4	4 s/d 30	0 s/d 10
Peluang mutasi (Pm)	0.3			
Peluang persilangan (Pc)	0.8			
Banyak generasi	200			
Ukuran populasi	1000			

Dengan ukuran populasi 1000 data ternyata hasil telah diperoleh dalam 40 generasi saja dari 200 generasi yang disediakan, dengan telah tercapainya batas MSE yaitu sebesar 1.10^{-7} seperti terlihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Grafik perubahan MSE tiap generasi percobaan rentang kedua dengan ukuran populasi 1000

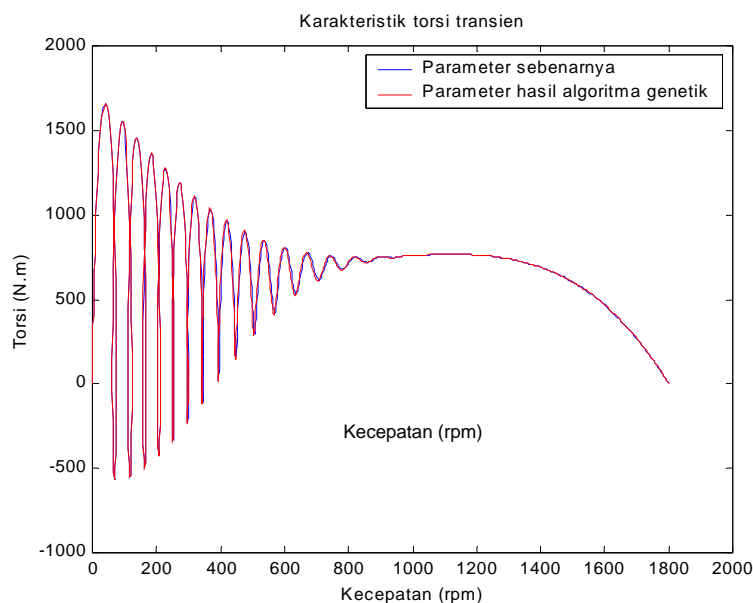
Tabel 3. Perbandingan parameter hasil algoritma genetik dengan parameter motor induksi sebenarnya pada percobaan rentang kedua dengan ukuran populasi 1000

Variabel	Sebenarnya	Hasil AG	% error
r_s (ohm)	0.087	0.087	0.000
r'_r (ohm)	0.228	0.229	0.307
X_{ls} (ohm)	0.302	0.303	0.232
X'_{lr} (ohm)	0.302	0.303	0.232
X_m (ohm)	13.080	14.094	7.755
Torsi beban penuh (N.m)	234.641	234.662	0.009
Torsi locked rotor (N.m)	538.499	538.572	0.014
Torsi breakdown (N.m)	780.984	781.070	0.011
Waktu komputasi (detik)	55.090		

Tabel 3 menunjukkan bahwa dengan rentang berukuran cukup lebar dan ukuran populasi cukup besar pula yaitu 1000 data dihasilkan nilai parameter motor induksi yang tidak mengecewakan selisihnya jika dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Kesalahan torsi yang didapat, yang merupakan fungsi objektifnya, menunjukkan kesalahan yang kecil sekali sehingga dapat dikatakan algoritma genetik menampilkan unjuk kerja yang bagus.

Perbandingan unjuk kerja motor induksi yang berupa torsi transien selama akselerasi bebas dari parameter motor induksi hasil algoritma genetik dan dari parameter motor induksi sebenarnya seperti terlihat pada Gambar 3.

Secara umum dengan memperbesar ukuran populasi berarti juga memperbesar ruang solusi sehingga memperbesar peluang untuk memiliki lebih banyak calon-calon solusi. Calon solusi yang banyak akan memudahkan dalam menemukan solusi yang tepat, dengan semakin besarnya populasi maka bagi algoritma genetik akan lebih tersedia pilihan-pilihan yang lebih bagus untuk dapat memilih nilai-nilai parameter yang benar-benar terbaik sesuai dengan nilai sebenarnya.



Gambar 3. Grafik perbandingan unjuk kerja motor dengan parameter hasil algoritma genetik dan parameter sebenarnya pada percobaan rentang kedua ukuran populasi 1000

4. KESIMPULAN

Algoritma genetik merupakan algoritma pencarian yang bekerja berdasarkan mekanisme seleksi alam dan genetika alami untuk menentukan individu yang berkualitas tinggi

yang terdapat dalam suatu daerah yang disebut populasi. Pencarian solusi yang dilakukan algoritma genetik bukanlah secara deterministik, tetapi algoritma genetik mencari solusi dari banyak calon solusi dalam suatu populasi secara acak tetapi terkendali dan dengan menggunakan operator genetik dasar (reproduksi, persilangan, dan mutasi) algoritma genetik mampu mencari solusinya. Algoritma genetik ternyata dapat digunakan untuk penentuan parameter motor induksi dengan menggunakan data torsi tingkat kesalahan yang kecil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Goldberg David F., :***Genetic Algorithms In Search, Optimization, And Machine Learning*** Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1989.
- [2] Krause P.C., "***Analysis Of Electric Machinery***" Mc Graw-Hill Co., Singapore, 1987.
- [3] Michalewicz Z., "***Genetic Algorithms + Data Structures : Evolution Programs***" Springer-Verlag Ltd, USA, 1996.
- [4] Pillay Pragasen, Nolan Ray, Haque Towhidul, "***Application Of Genetic Algorithms To Motor Parameter Determination For Transien Torque Calculation***" IEEE Transactions On Industry Applications, Vol. 33, No. 5, hal. 1273-1282, September/October 1997.