

PENGUNAAN ALGORITMA GENETIKA BINARY UNTUK OPTIMASI RUGI-RUGI PADA PARAMETER MOTOR INDUKSI MODEL d-q

Birowo^{#1}, Ishak^{#2}, M. Zunaidi^{#3}

^{#1} Program Studi Sistem Komputer, ^{#2,3} Program Studi Sistem Informasi

STMIK Triguna Dharma, Jl. A.H. Nasution No. 73 F - Medan

E-mail : ^{#1}birowonanang@yahoo.co.id

Abstrak

Paper ini menguraikan parameter motor induksi tiga-fasa yang akan dipakai melakukan prediksi kinerja motor induksi tersebut, ditentukan berdasarkan data yang tersedia dari pabrik dan dipasaran. Motor induksi tiga fasa tersebut mempunyai arus maksimum, arus starting, arus beban penuh dan factor kerja untuk beban penuh. Bila pengaturan gerakan tidak linier untuk mendapatkan kinerja yang optimum dari motor tersebut, maka parameter-parameter dari motor induksi tiga fasa perlu dikaji lagi dengan menggunakan Algoritma Genetika Binary. Hukum pengaturan Algoritma Genetika Binary dijabarkan dengan hukum liapunov pada pemodelan linier untuk gerakan crane. Referensi model dipilih untuk model linier yang stabil. Maka Simulasi dibentuk untuk keandalan Algoritma Genetika Binary pada model non linier. Simulasi control balik penuh ditunjukkan pada gerakan crane yang non linier. Adapun model yang digunakan dari motor tersebut adalah model d-q.

Kata kunci : parameter, algoritma genetika, model d-q

Abstract

This journal describes a three phase induction motor of parametre to predictive a induction motor to work. In use based a data of designing of industries and fabrication. Three phase Industion motor is using maximum current, staring current full load current and power factor to full load. If its to needed a find to work amount optimum for induction motor, Although for non-linear movement controlling. Non linear movement controlling in hoist crane selected to test Binary Of Genetic Algorithm through simulation is non linear hoist crane movement model which basically is unstable. Binary Of Genetic Algorithm Control rule is derived using Lyapunov theory based on linearization model from hoist crane movement. Reference model selected was stabilized linear model. Then simulation was performed to observe Binary Of Genetic Algorithm performance on non linear model. Full state feedback control through simulation has been shown not able to stabilize hoist crane movement. It is modeling using to motor with dq model.

Keywords: Parametre, Binary Of Genetic Algorithm, d-q Model

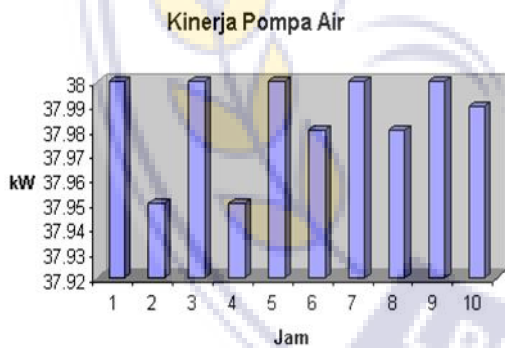
PENDAHULUAN

Daya yang diperlukan oleh pompa untuk memompakan air bersih ditentukan oleh head dan debit air dari pompa. Setelah daya dan kinerja dari pompa diketahui, maka kebutuhan daya dari motor induksi yang dibutuhkan untuk menggerakkan pompa induksi tiga fasa ditentukan dari kinerja pompa tersebut. Selanjutnya besar motor beserta data dan parameter dapat ditentukan berdasarkan ukuran yang ada di pasaran.

Namun motor induksi yang tersedia di pasaran seringkali tidak menghasilkan kinerja yang dikehendaki. Karena itu perlu dikaji lagi parameter - parameter dari motor yang dikeluarkan oleh pabrik pembuatannya. Sehingga diperoleh kondisi arus yang optimum. Hal itu dapat dilakukan dengan menggunakan binary Of genetic algorithm.

1. Pemilihan Motor Induksi Untuk Pompa Air

Kinerja dari pompa air di Dermaga Ketapang diperlihatkan pada gambar-1



Gambar-1, Kinerja Pompa Air

Berdasarkan gambar-1, maka daya rata-rata yang dibutuhkan oleh pompa air adalah 25 kW. Selanjutnya dipilih motor yang ada dipasaran dengan data yang tercantum dalam table-1.

Tabel-1 Parameter Motor Induksi

HP (Daya V *Tegangan)	38	Rs (ohm)	0,0556
f (rekuensi)	220	Rr (ohm)	0,028
Tmula (N.m)	50	Xls (ohm)	0,2158
Pole	460	Xlr (ohm)	0,471
Tnominal	2	Xm (ohm)	3,906
	40.56	J (kg.m2)	0.59

2. Kinerja dari Motor Induksi

Kinerja motor induksi tiga fasa dapat diprediksi dari model yang dikembangkan untuk maksud itu. Dalam makalah ini digunakan model d-q. Dari parameter model tersebut selanjutnya kinerja dari motor yang dinyatakan oleh kurva karakteristik arus terhadap waktu yang dapat ditentukan.

Untuk membuat kinerja dari motor induksi menjadi optimum, maka parameter dari motor induksi perlu dikaji lagi dengan menggunakan Binary Of Genetic Algorithm. Makalah ini membahas hal tersebut.

3. Model Motor Induksi Tiga Fasa

Persamaan tegangan untuk motor induksi dalam model d-q adalah :

$$V_{ds} = r_s.i_{ds} + d\lambda_{ds} / dt - \omega.\Psi_{qs} \tag{1}$$

$$V_{qs} = r_s.i_{qs} + d\lambda_{qs} / dt - \omega.\Psi_{ds} \tag{2}$$

$$V'_{qr} = r'_{r}.i_{qr} + d\lambda_{qr} / dt - (\omega_e - \omega_r)\lambda'_{dr} \tag{3}$$

$$V'_{dr} = r'_{r}.i_{dr} + d\lambda_{dr} / dt - (\omega_e - \omega_r)\lambda'_{qr} \tag{4}$$

$$\Psi_{qs} = L_{qs}.i_{qs} + L_m(i_{qs} + i'_{qr}) \tag{5}$$

$$\Psi_{ds} = L_{ds}.i_{ds} + L_m(i_{ds} + i'_{dr}) \tag{6}$$

$$\Psi'_{qr} = L'_{qr}.i'_{qr} + L_m(i_{qs} + i'_{qr}) \tag{7}$$

$$\Psi'_{dr} = L'_{dr}.i'_{dr} + L_m(i_{ds} + i'_{dr}) \quad (8)$$

Persamaan 1 sampai dengan 8 dapat dinyatakan dalam bentuk matriks sebagai berikut :

$$V_{qd} = Z_{qd} * i_{qd} \quad (9)$$

Dengan :

$$V_{qd} = [V_{qs} \quad V_{ds} \quad V'_{qr} \quad V'_{dr}] ' \quad (10)$$

$$i_{qd} = [i_{qs} \quad i_{ds} \quad i'_{qr} \quad i'_{dr}] ' \quad (11)$$

A= invers A atau invers Z_{qd}

Dan Z_{qd} adalah matrix impedansi yang dinyatakan oleh:

$$Z_{qd} = A$$

$$\text{Dimana : } L_s = L_{\sigma} + L_m$$

(13)

Persamaan untuk Torsi dinyatakan oleh :

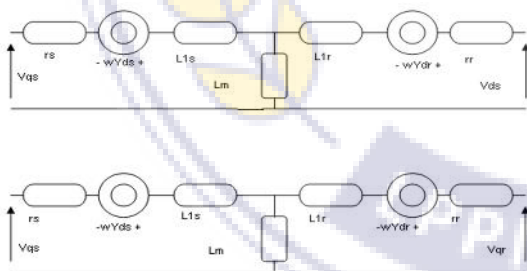
:

$$T_e = (3/2 * p/2 (\Psi_{ds} * i_s - \Psi_{qs} * i_{ds})) \quad (14)$$

(14)

Dimana : Ψ_{ds} dan Ψ_{qs} dinyatakan oleh persamaan 5 dan 6.

Berdasarkan persamaan 1 s/d 4, diagram rangkaian ekivalen untuk motor induksi terlihat pada gambar-2



Gambar-2, Rangkaian Ekivalen Motor Induksi

4. Formulatif Kemudi Motor induksi

Karakteristik inverter square wave dapat bekerja secara nominal ditunjukkan melalui kurva tegangan terhadap waktu dan arus terhadap waktu, seperti pada gambar-3. Tegangan dan arus yang diperoleh sebagai berikut :

Tegangan Fundamental :

$$V_{\mu} (\text{rms}) = V_6 / \pi * V_d \quad (15)$$

Arus Fundamental :

$$I_{\text{fundamental}} = [P(\text{VA}) 3\Phi / \sqrt{3} * V_{L-L}] \quad (16)$$

Tegangan keluaran inverter dapat didekati dengan deret Fourier .

$$V_{a-b} = V_{b-c} = V_{a-c} = [2 \sqrt{3} / \pi * V_i] \quad (17)$$

Misalnya tegangan VI-I dapat dinyatakan sebagai :

$$\{ \sin(\omega t + \phi/6) + 1/5 * \sin(5\omega t - \phi/6) + 1/7 * \sin(7\omega t + \phi/6) + 1/11 * \sin(11\omega t - \phi/6) + \dots \}$$

Jika dianggap tidak ada daya yang hilang, maka daya dari inverter adalah :

$$V_i * I_i = [3/2 * (V_{qs}^e * I_{qs}^e) + (V_{ds}^e * I_{ds}^e)] \quad (18)$$

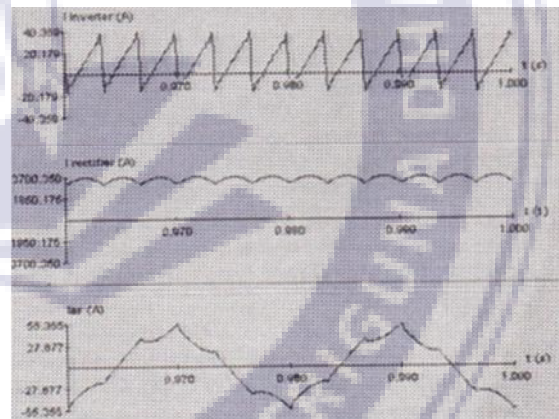
Arus Inverter menjadi :

$$I_i = [3/\pi * ((g_{qs}^e * I_{qs}^e) + (g_{ds}^e * I_{ds}^e))] \quad (19)$$

Dimana :

$$g_{qs}^e = 1 + [2/35 * \cos(6\omega t) - 2/143 * \cos(12\omega t) + \dots]$$

$$g_{ds}^e = [12/35 * \cos(6\omega t) - 2/143 * \cos(12\omega t) + \dots] \quad (20)$$



Gambar-3, Karakteristik Arus Maksimum Motor Induksi Keadaan Standart

5. Model Terintegrasi Variabel Keadaan Dan Parameter Kendali

Dari hasil yang telah diperoleh di atas, maka bila memandang sistem kendali secara luas dan “secara linier” maka pada dasarnya terdapat tiga buah blok utama dari sistem yang mengandung variabel yang dapat dianggap sebagai variabel keadaan. Pertama adalah blok model ruang keadaan dari model

acuan seperti ditunjukkan pada persamaan (2b). Kedua, blok kendali yang dilinierisasi yang ditunjukkan pada persamaan (2a) dimana u pada (2a) disubstitusi oleh u yang terdapat pada persamaan (3), maka diperoleh persamaan (21a,b,c). Nampak bahwa persamaan tersebut adalah persamaan keadaan tak linier dengan anggapan bahwa parameter-parameter $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4,$ dan θ_5 adalah variabel keadaan.

Dengan menganggap parameter kendali $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4,$ dan θ_5 sebagai variabel keadaan, maka (20) juga merupakan persamaan keadaan tak linier, dimana $e=x - x_m$. Jadi dengan mengintegrasikan model-model linier disekitar titik origin (kecuali untuk titik $x_1^0=d,$ dan $x_{m1}^0=d_m$) dan titik-titik $\theta_1^0=q_1, \theta_2^0=q_2, \theta_3^0=q_3, \theta_4^0=q_4,$ dan $\theta_5^0=q_5$ dari persamaan (2b), (20) dan (21c), maka diperoleh model persamaan keadaan linier terintegrasi dari keseluruhan sistem kendali seperti ditunjukkan pada persamaan (22a-b).

Titik-titik $x_1^0=d,$ dan $x_{m1}^0=d_m$ yang dipilih sebagai pengecualian di luar titik origin, karena pada dasarnya pendulum dapat stabil di sepanjang domain pergerakan posisi pergeseran motor listrik. Sedangkan untuk parameter-parameter kendali, pada dasarnya parameter tersebut memang tidak selamanya bergerak menuju titik 0 pada keadaan mantap tetapi dapat saja bergerak menuju nilai-nilai tertentu.

Model persamaan ruang keadaan pada (22a) adalah model yang sangat unik. Pada matriks tersebut terdapat parameter-parameter yang berubah-ubah, yaitu titik-titik ekuilibrium $d_1, d_{m1}, q_1, q_2, q_3, q_4,$ dan q_5 yang dapat saja berubah. Namun demikian, bila sistem telah bekerja maka nilai-nilai ekuilibrium tadi memiliki nilai yang terbatas sepanjang sistem menjadi stabil. Inilah hal yang sangat unik dari matriks tersebut. Kestabilan sistem kendali PID tergantung pada nilai titik-titik ekuilibrium, dan nilai-nilai

ekuilibrium akan berada dalam wilayah terbatas (*bounded area*) sepanjang sistem kendali stabil.

Elemen-elemen matriks P tergantung pada elemen-elemen vektor K, dan vektor K merupakan parameter yang terbentuk dari upaya menstabilkan model linier tak stabil dari kendalian gerakan motor listrik tiga fasa dengan teknik penempatan kutub (*pole-placement technique*). Dan vektor ini mempengaruhi bentuk dari model acuan yang akan dipilih. Jadi dengan kata lain kestabilan sistem kendali sangat tergantung pada model acuan yang akan dipilih. Dalam penelitian ini telah diuji cobakan berbagai bentuk model acuan dan memang tidak semua bentuk model acuan dapat menjamin kestabilan sistem kendali PID ini.

6. Optimasi Parameter Motor Induksi Dengan Menggunakan Genetic Algorithm Binary

a. Algoritma Genetika Binary

Algoritma Genetika binary adalah metode lain yang biasa digunakan untuk menentukan parameter rangkaian ekuivalen motor induksi tiga fasa, sehingga diperoleh arus maksimum. Algoritma Genetika binary menggunakan objective function yang didasarkan pada suatu criteria kinerja untuk menentukan error. Parameter rangkaian ekuivalen gambar-1 dipakai sebagai pedoman dalam menentukan optimasi torsi motor induksi. Persamaan torsi untuk locked rotor, breakdown dan full-load membentuk multi objective optimization problem, dimana tiap persamaan adalah fungsi dari tiga atau lebih dari parameter mesin. Tiga persamaan torsi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F1(R1,R2,Xl)= Te - Tfl \quad (21)$$

$$F2(R1,R2,Xl)= Te - Tlr \quad (22)$$

$$F3(R1,Xl) = Te - Tbd \quad (23)$$

Dimana Te adalah persamaan (14).

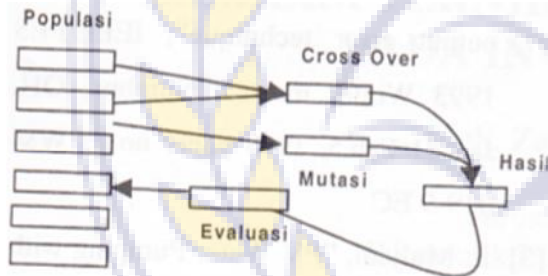
Selanjutnya parameter rangkaian ekuivalen motor dikodekan dengan bilangan decimal dan nilai fitness (kemampuan) maksimum didapatkan untuk menentukan torsi tersebut. Maka setiap parameter rangkaian ekuivalen motor induksi dapat dilakukan dengan genetic algorithm. Dalam hal ini error function diperoleh sebagai formula dari kuadrat torsi error function, sedangkan fitness function adalah inverse dari error. Sasaran dari algoritma genetika binary membuat nilai error minimum atau membuat fitness maksimum. Error function dapat dituliskan sebagai :

$$E = F1(.)^2 + F2(.)^2 + F3(.)^2 \quad (24)$$

sedangkan fitness dinyatakan oleh :

$$\text{Fitness} = 1/ E \quad (25)$$

Secara umum proses algoritma genetika binary yang dilukiskan gambar-4 terdiri dari :



Gambar-4, Algoritma Genetika Binary

I. Pembangkitan Spesies

$$C^k = [X1^k, Y1^k, X2^k, Y2^k, X_m^k, Y_m^k] \quad (25)$$

Dimana: (xi^k, yi^k) : lokasi dari pembangkitan kromosom.

i, j : urutan nomor spesies (1,2,3..)

ii. Perkalian silang

$$Xi = ri * Xi^{k1} + (1-ri) * Xi^k.2$$

$$Yi = ri * yi^{k1} + (1-ri) * Yi^k.2$$

Dimana ri : bilangan acak, dengan :

$$I = 1,2,3, \dots, m$$

II. Mutasi

Nilai Random dinyatakan oleh :

$$Xi = Xi^k + \text{random nilai} [E]$$

$$Yi = yi^k + \text{random nilai} [E]$$

Dimana : E : bilangan real positif

Xi = nilai random [$Xmin, Xmax$]

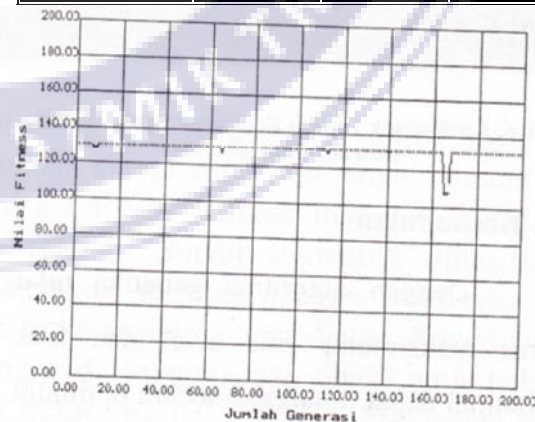
Yi = nilai random [$Ymin, Ymax$]

Hasil evaluasi pada proses genetic algorithm, digunakan untuk mencari nilai error terkecil atau nilai fitness terbesar. Nilai error yang diperoleh digunakan untuk menentukan parameter motor induksi tersebut. Parameter motor induksi tersebut didapat dari rangkaian ekuivalen motor induksi model d-q

b. Hasil Perhitungan

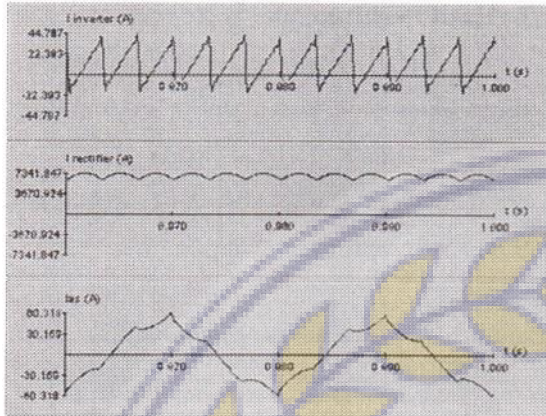
Hasil dari nilai fitness yang dinyatakan oleh kurva fitness terhadap jumlah generasi yang terlihat pada gambar-5 yang menghasilkan parameter dengan harga torsi optimum yang terlihat pada table-2. Tabel-2, Parameter Motor Induksi Dengan Metode Algoritma Genetika Binary

HP (Daya)	38	Rs (ohm)	0,030
V		Rr (ohm)	0,016
*Tegangan)	220	Xls	0,12
f (rekuensi)	50	Xlr	0,26
Tmula (N.m)	460	Xm	2,164
Pole	2	J (kg.m2)	0.59
Tnominal	40,75		



Gambar-5, Nilai fitness terhadap Populasi

Dan dengan cara yang sama karakteristik arus terhadap waktu dari data pada table-3 dapat ditentukan hasilnya pada gambar-6.



Gambar-6, Karakteristik Torsi terhadap Kecepatan Motor Induksi hasil Algoritma Genetika Binary

SIMPULAN

Dengan Algoritma Genetika Binary nilai arus maksimum, arus awal dan arus nominal dapat dinaikkan secara optimum seperti terlihat pada table-3

Tabel-3 Hasil Simulasi Motor Induksi

Torsi	Motor Induksi dengan Data Standart (AMP)	Motor Induksi dengan Data Hasil Optimasi (AMP)
Arus Max	3700	7341
Arus Min	55,315	60,318

DAFTAR PUSTAKA

T.A Lipo and A.Consoli. 1984."Modelling and Simulation Of Induction Motors wth saturable leackage reactances," IEEE, Trans, Ind. Applicat.

J.A De Kocks, F,S van der Merwe, and H.J Vermeuler. 1993. "Induction Motor Parameter Estimation throught an output error technique", IEEE/PES.

E.Muljadi. 1997. "Water Pumping with a Peak-Power Tracker using a Simple Six-Step Square Wave Inverter," IEEE Transaction On Industry Application.

Ray Nolan and Towhidul Haque. 1997. " Application Of Genetic Algorithm to Motor Parameter Detertermination For Transient Torque Calculation". IEEE Transaction On Industry Applicate.

Warring R.H. 1984. "Pump Selection to System And Application. England: second Edition, Trade and Technical Press Ltd, Morgan, Surrey, SM 45 EW.

Lawrence Davis. 1991. "Handbook Of Genetic Algorithm". New York: Van Nostrand Reinhold.

Goldberg. 1996. "Genetic Algorithm In Machine". New York: