

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/324529426>

Kontrol Motor Sinkron Permanen Magnet Menggunakan Algoritma Firefly

Conference Paper · September 2017

CITATION

1

READS

504

3 authors:



Machrus Ali

Darul Ulum University Jombang

85 PUBLICATIONS 314 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Budiman Budiman

Darul Ulum University Jombang

17 PUBLICATIONS 79 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Muhammad Ruswandi Djalal

Politeknik Negeri Ujung Pandang

103 PUBLICATIONS 418 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Electrical Machine [View project](#)



Power System Analysis [View project](#)

KONTROL MOTOR SINKRON PERMANEN MAGNET MENGUNAKAN ALGORITMA KUNANG- KUNANG(FIREFLY ALGORITHM)

Budiman⁽¹⁾, Machrus Ali⁽²⁾, Muhammad Ruswandi Djalal⁽³⁾

⁽¹⁾Teknik Informatika, Universitas Darul 'Ulum, Jombang, Indonesia,

⁽²⁾Teknik Elektro, Universitas Darul 'Ulum, Jombang, Indonesia

⁽³⁾Teknik Mesin, Politeknik Ujung Pandang, Makassar, Indonesia

^(1,2)Jalan Gus Dur 29A, Jombang, Indonesia

⁽³⁾Jalan Perintis Kemerdekaan KM.10 Tamalanrea, Makassar, Indonesia

⁽¹⁾budiman@ft-undar.ac.id, ⁽²⁾machrus@ft-undar.ac.id, ⁽³⁾wandi@poliupg.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan kontroler PID (Proporsional-Integral-Derivatif) pada sebuah motor sinkron sangat banyak digunakan, karena strukturnya yang sederhana, kokoh yang kuat dan mudah digunakan. Penggunaan kontroler PID diperlukan pengaturan parameter yang tepat untuk kinerja yang optimal pada motor. Solusi yang sering digunakan adalah metode trial-error, untuk menentukan parameter yang tepat untuk PID, namun hasil yang didapat tidak membuat kontroler PID optimal. Belakangan ini sudah banyak penelitian untuk mengoptimasi kontroler PID, salah dengan metode cerdas. Untuk itu pada penelitian ini akan digunakan metode optimasi Algorithm Firefly, untuk mengoptimasi dan menentukan parameter yang tepat dari PID. FA adalah salah satu metode cerdas yang terinspirasi dari perilaku kunang-kunang yang bergerak dimalam hari dengan kebiasaan berkedip, konsep inilah yang diadaptasi dan diterapkan menjadi algoritma cerdas untuk menyelesaikan masalah optimasi. Dari hasil yang diperoleh metode Firefly dapat dengan baik menala parameter PID. Dari hasil yang memiliki metode firefly dapat dengan baik menala parameter PID, sehingga overshoot yang dihasilkan semakin cepat dan waktu settling sangat cepat. Hasil optimasi $K_p = 0.7417$, $K_i = 0.3588$, $K_d = 0.1$.

Kata kunci : Firefly Algoritm, Motor Sinkron, PID kontroller

ABSTRACT

The use of a PID (Proportional-Integral-Derivative) controller on a synchronous motor is very widely used, because of its simple, robust structure that is robust and easy to use. The use of PID controllers requires proper parameter adjustment for optimal performance on the motor. The most commonly used solution is the trial-error method, to determine the correct parameters for PID, but the results do not make the PID controller optimal. Lately there has been a lot of research to optimize PID controller, wrong with smart method. For this purpose, we will use the optimized Algorithm Firefly method, to optimize and determine the exact parameters of PID. The FA is one of the smart methods inspired by the behavior of firefly that moves at night with the habit of blinking, it is this concept that is adapted and applied to be a smart algorithm to solve optimization problems. From the results obtained the Firefly method can well tune the PID parameters. From the results that have firefly method can be well tuned parameters PID, so that the resulting overshoot faster and settling time is very fast. Optimization results $K_p = 0.7417$, $K_i = 0.3588$, $K_d = 0.1$.

Keywords : Firefly Algorithm, Sync Motor, PID controller

1. PENDAHULUAN

Penggunaan motor listrik AC sudah banyak digunakan dari pada motor DC karena arus AC dapat dibangkitkan dan didistribusikan dengan biaya yang lebih murah dari pada arus DC. Selain itu, motor listrik AC memiliki keunggulan dalam hal biaya, ukuran, berat, dan membutuhkan lebih sedikit perawatan dibanding motor DC. Salah satu jenis motor listrik AC adalah motor sinkron. Penggunaan motor sinkron sudah banyak di industry dan sebagai alat pengontrolnya digunakan controller Proportional

Integral Derivative (PID). Penggunaan peralatan PID juga memiliki permasalahan tersendiri, yaitu nilai gain yang masih di tuning secara manual. Kontrol (PID) memiliki kinerja yang baik sehingga banyak digunakan dalam dunia industri. Namun memiliki kelemahan yaitu membutuhkan perhitungan matematik yang rumit untuk mengisi masing-masing nilai gain dari PID.

Beberapa metode optimasi berbasis metode konvensional maupun metode cerdas telah banyak digunakan untuk mengoptimasi parameter PID pada motor listrik, diantaranya Artificial Bee Colony [1], Evolutionary Algorithm [2], Particle Swarm Optimization [3, 4], Bio-Inspired Algorithm [5], Bacterial Foraging [6, 7], Genetic Algorithm [8] Fuzzy Logic [9], dan Cuckoo Search [10], juga untuk control steer mobil [11]

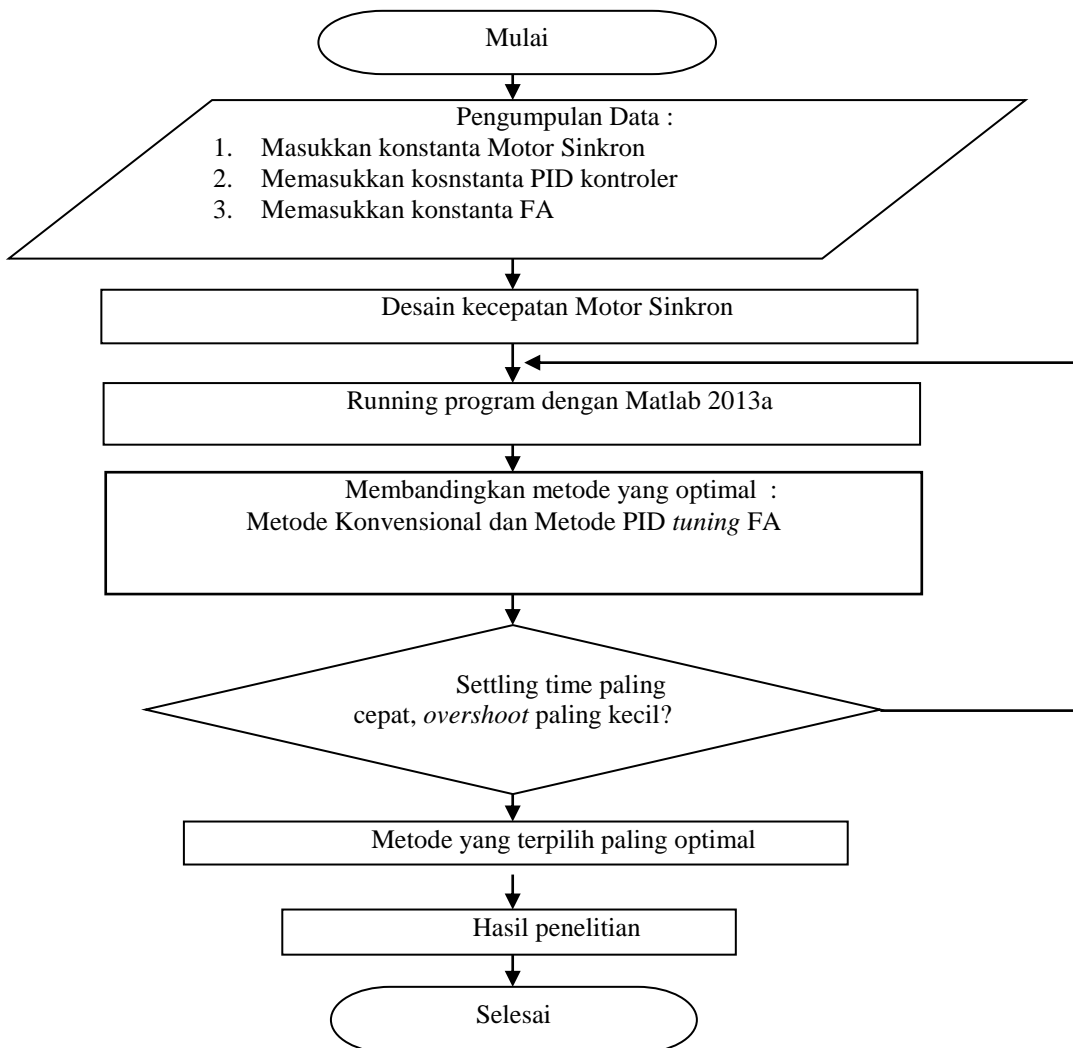
Untuk mengatasi permasalahan di atas, pada penelitian ini diusulkan sebuah metode Algoritma Firefly untuk mengontrol kecepatan motor sinkron.

2. METODE PENELITIAN

TAHAPAN PENELITIAN

1. Membuat desain kontrol Motor Sinkron dan desain PID kontroler.
2. Menentukan konstanta *variable* PID kontroler
3. Membandingkan kecepatan motor Sinkron menggunakan PID kontroler tanpa *tunning*, dengan *Auto Tunning* PID dan PID dituning dengan Bat Algorithm (FA)

KERANGKA KONSEP PENELITIAN



Gambar 2.1 *Flow-chart* proses penelitian

3. PEMBAHASAN

DYNAMIC MODEL OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

Pemodelan motor sinkron yang digunakan ditampilkan sebagai berikut.

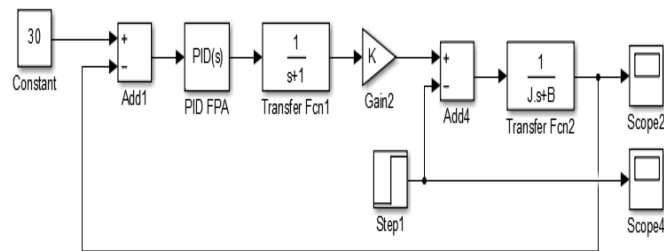


Fig 3.1. Pemodelan Motor sinkron di Simulink

Kontrol PID adalah salah satu kontrol yang sudah banyak digunakan pada aplikasi industri karena strukturnya yang sederhana, PID kontrol

$$u(t) = k_p[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^1 e(t)dt + T_d \frac{de_t}{dt}] \quad (1)$$

Di mana, $u(t)$ adalah nilai kontrol yang dihitung oleh kontroler PID, K_p adalah koefisien proporsional, T_i adalah integral waktu konstan dan T_d adalah diferensian time konstan. Fungsi dari ketiga elemen tersebut adalah :

- Proporsional: menggambarkan sinyal deviasi $e(t)$ dari sistem kontrol proporsional. ketika sinyal $e(t)$ ada, kontroler PID menghasilkan efek kontrol segera untuk mengurangi penyimpangan.
- Integral : digunakan untuk menghilangkan kesalahan statis dan meningkatkan stabilitas sistem.
- Diferensial : mencerminkan perubahan penyimpangan sinyal, memperkenalkan sinyal koreksi sebelum penyimpangan nilai sinyal menjadi lebih besar dan mempercepat respon sistem untuk mengurangi pengaturan waktu.

Oleh karena itu, merancang kontroler PID terutama berarti menentukan tiga parameter, serta bagaimana mengkonfigurasi ke tiga parameter PID (K_p , K_i , K_d). Dalam penelitian ini, *Firefly Algorithm* diusulkan untuk mencari parameter optimal PID. Blok diagram sistem kontrol ditunjukkan pada gambar 3.1.

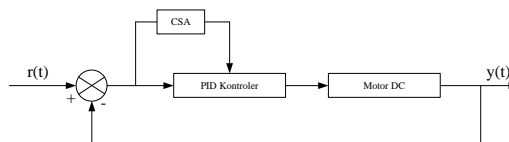


Fig 3.2. Sistem Kontroler PID-Firefly



Fig 3.3. Pemodelan PID di Simulink

FIREFLY ALGORITHM

Algoritma ini pertama ditemukan oleh Dr. Xin-She Yang di Universitas Cambridge pada tahun 2007. Pada algoritma ini terdapat tiga perumusan dasar :

1. Semua kunang-kunang adalah unisex, jadi suatu kunang-kunang akan tertarik dengan kunang-kunang lain terlepas dari jenis kelamin mereka.
2. Daya tarik sebanding dengan kecerahan, maka kunang-kunang dengan kecerahan lebih redup akan bergerak ke arah kunang-kunang dengan kecerahan lebih terang dan kecerahan berkurang seiring dengan bertambah jarak. Apabila tidak ada kunang-kunang yang memiliki kecerahan paling cerah maka kunang-kunang akan bergerak random.
3. Tingkat kecerahan kunang-kunang dideterminasikan oleh tempat dari fungsi objektif kunang-kunang.

Dalam proses permasalahan optimisasi, kecerahan cahaya kunang-kunang adalah sebanding untuk nilai dari fungsi tujuan. Bentuk lain dari kecerahan dapat didefinisikan pada cara yang sama untuk fungsi fitness pada algoritma genetika. Berdasarkan pada ketiga peraturan ini, langkah dasar dari algoritma kunang-kunang (FA) dapat diringkas sebagai *pseudo code* berikut :

TABEL 1.
PSEUDO CODE FIREFLY

```

Fungsi objektif f(x), x = (x1, ..., xd)T
Inisialisasi populasi kunang-kunang xi (i = 1, 2, ..., n)
Tentukan koefisien penyerapan cahaya  $\gamma$ 
while (t < Max Generation)
  for i = 1 : n semua n kunang-kunang
    for j = 1 : i semua n kunang-kunang
      Intensitas cahaya Ii pada xi ditentukan oleh f(xi)
      if (Ij > Ii)
        Pindahkan kunang-kunang I menuju j pada dimensi d
      end if
      Ketertarikan populasi dengan jarak r pada  $\exp[-\gamma r]$ 
      Evaluasi solusi baru dan perbarui intensitas cahaya
    end for j
  end for i
Urutkan peringkat kunang-kunang dan cari posisi terbaik baru
end while

```

Penalaan PID dengan Firefly

Gambar berikut menunjukkan diagram alir algoritma metode *Firefly Algorithm (FA)* yang digunakan pada penelitian ini untuk menala parameter PID. Fungsi objektif yang digunakan untuk menguji kestabilan sistem adalah dengan *Integral Time Absolut Error (ITAE)*.

$$ITAE = \int_0^t |\Delta\omega(t)| dt \quad (2)$$

Parameter PID yang ditala oleh FA adalah K_p , K_i dan K_d . Adapun untuk diagram alir proses penalaan parameter PID dengan menggunakan metode *Firefly Algorithm (CSA)* ditunjukkan oleh *flowchart* pada Gambar 5 dan gambar 4 menunjukkan pemodelan motor sinkron pada Simulink Matlab 2015.

TABEL 2.
PARAMETER FIREFLY

Parameter	Nilai
Alpha	0.25
Beta	0.2
Gamma	1
Dimensi	80
Jumlah Kunang-Kunang	80
Iterasi Maksimum	50
Iteration Parameters	50
Dimension	3
Batas Atas K_p , K_i , K_d	[10 10 0.1]
Batas Bawah K_p , K_i , K_d	[0.1 0.1 0.01]

TABEL 3.
HASIL PENALAN PARAMETER PID

Parameter	Firefly
K_p	0.7417
K_i	0.3588
K_d	0.1

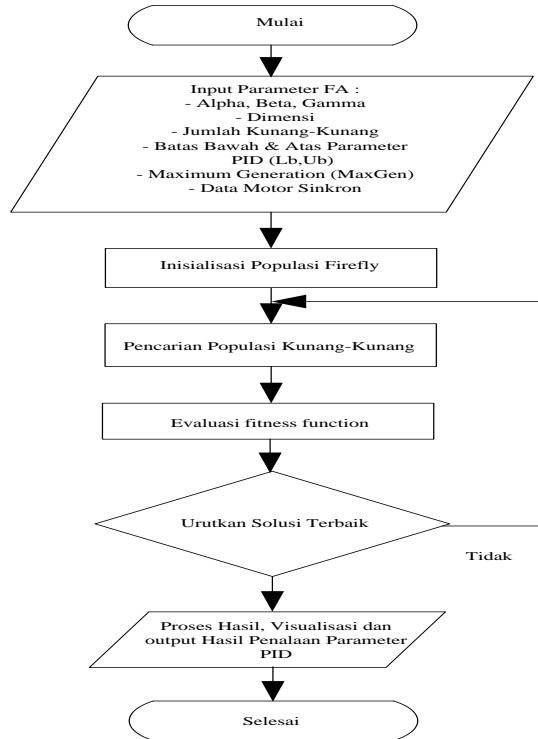


Fig 3.4. Flowchart Penelitian

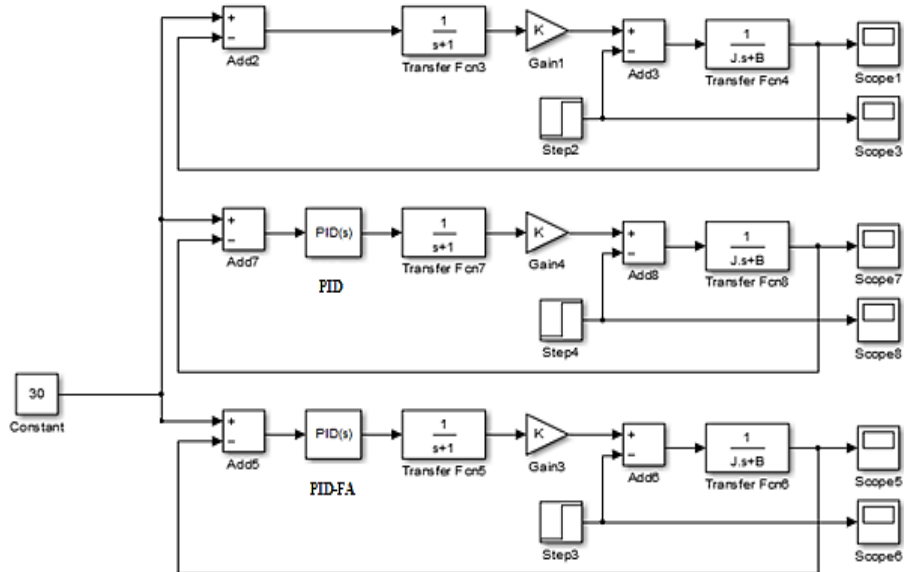


Fig 3.5. Pemodelan Motor Sinkron di Simulink

4. HASIL DAN SIMULASI

Simulasi pertama adalah simulasi open loop Motor Sinkron tanpa *controller*. Berikut hasil simulasi. Gambar berikut menunjukkan proses konvergensi algoritma firefly dalam melakukan optimasi terhadap parameter PID motor sinkron.

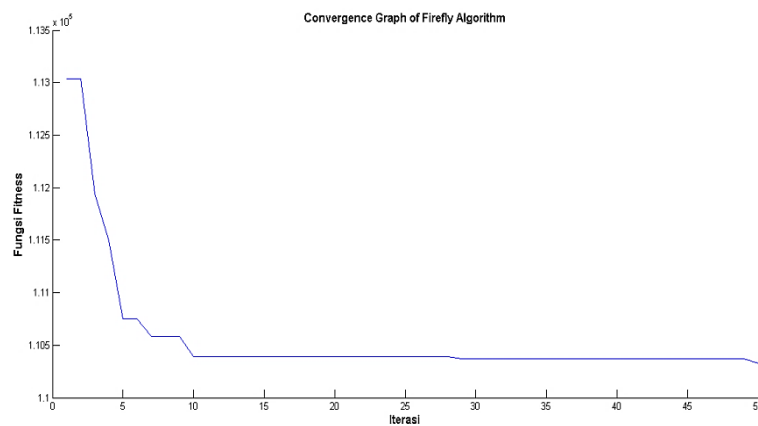


Fig 3.6. Convergence Graph

Dari grafik di atas, terlihat proses konvergensi algoritma yang cepat dalam melakukan perhitungan. Dimana algoritma firefly sudah konvergen pada iterasi ke 10.

A. Respon Kecepatan Motor Sinkron tanpa Controller

Simulasi pertama adalah simulasi open loop Motor Sinkron tanpa *controller*, untuk melihat respon system tanpa control. Berikut hasil simulasi.

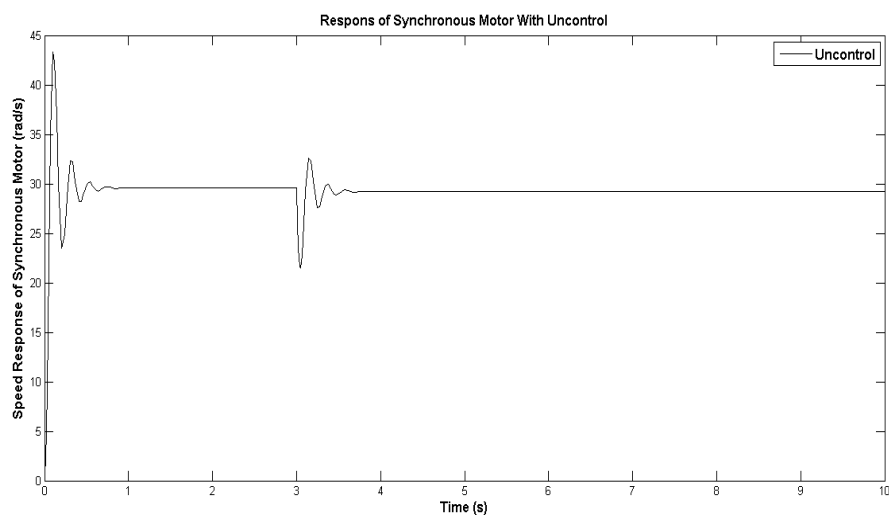


Fig 3.7. Response speed synchronous motor without using a controller

Dari hasil simulasi tanpa kontroler, didapatkan respon kecepatan motor sinkron yang sangat tinggi, hal ini dikarenakan sistem tidak ada umpan balik, sehingga motor bekerja tanpa ada batasan dan untuk sistem yang seperti ini sangat dihindari. Kemudian ketika ada perubahan beban pada $t = 3$ s, respon motor tidak begitu baik merespon perubahan beban, oleh karenanya terdapat osilasi yang sangat besar.

Untuk itu sangat diperlukan desain sistem kontrol yang tepat dengan penambahan kontroler PID pada motor sinkron, sehingga kecepatan yang dihasilkan dapat dikontrol sesuai dengan beban yang dikopel oleh motor sinkron.

B. Respon Kecepatan Motor Sinkron dengan PID Firefly

Simulasi yang ketiga adalah kontrol motor sinkron dengan PID Firefly, berikut hasil simulasinya.

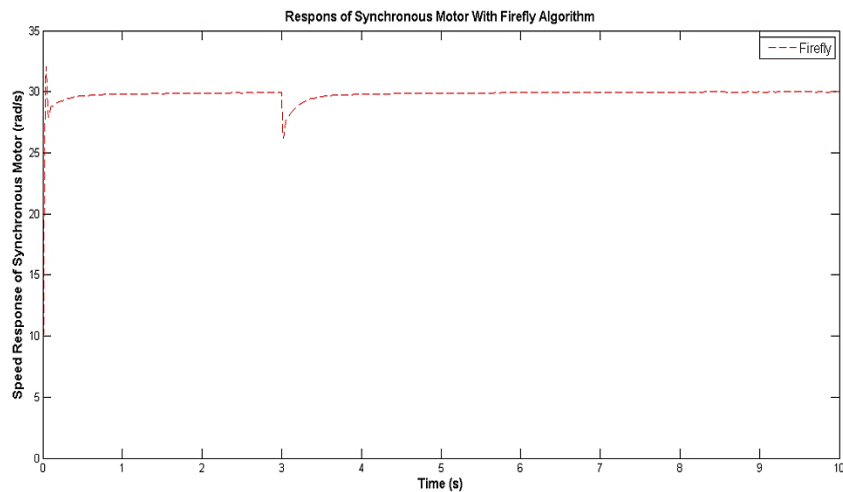


Fig 3.8. Response speed synchronous motor using PID controller-Firefly

Untuk meninjau respon system, ditampilkan gambar berikut ini.

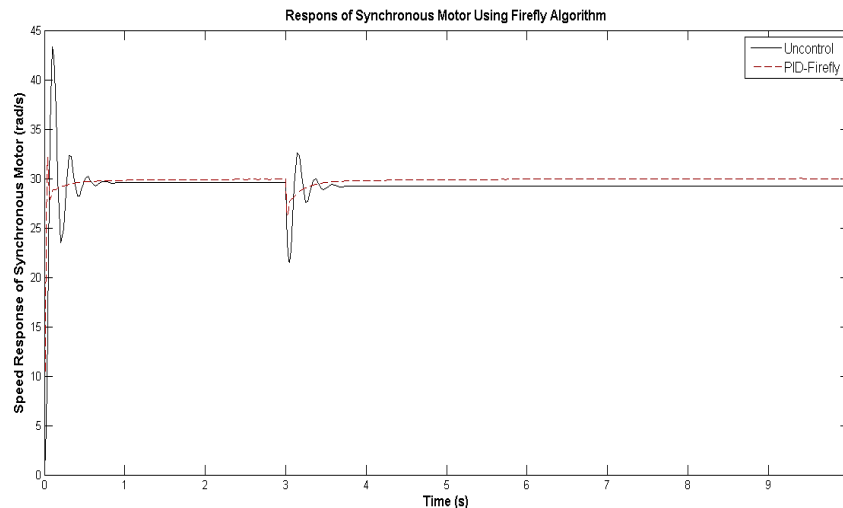


Fig 3.9. Comparison of the response of a synchronous motor controller

Gambar 3.8 dan 3.9 grafik di atas menunjukkan grafik respon frekuensi motor sinkron dengan PID Firefly. Dari grafik di atas didapatkan masih terdapat overshoot ketika motor sinkron baru dijalankan namun respon *settling time* yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan control PID trial., di mana sistem sudah semakin cepat berada pada kondisi *steady*. Respon motor juga lebih baik ketika terjadi perubahan beban pada $t = 3s$, dan tidak terdapat overshoot ketika terjadi penambahan beban pada poros motor sinkron.

Dari grafik di atas, dapat dilihat besar overhoot semakin membaik. Ini dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode cerdas untuk mengoptimasi parameter PID, hasil yang didapat untuk kinerja PID sangat baik karena menunjukkan respon yang cepat untuk kontrol motor sinkron.

5. KESIMPULAN

Dengan menggunakan metode cerdas *Firefly Algorithm* sebagai metode penalaan *PID Controller*, didapatkan hasil penalaan parameter nilai *PID* yang optimal, yaitu K_p 0.7417, K_i 0.3588, K_d 0.1.

Dari hasil simulasi dapat disimpulkan, respon kecepatan motor Sinkron dengan PID Firefly. Selain itu didapatkan *settling time* yang sangat cepat dibanding menuju kondisi *steady*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Liao, Y. Hu, and H. Wang, "Optimization of PID control for DC motor based on artificial bee colony algorithm," in *Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS), 2014 International Conference on*, 2014, pp. 23-27.
- [2] L. Ting, G. Xie, and Z. Jing, "The PID parameters tuning based on immune mind evolutionary algorithm," in *Control Conference, 2008. CCC 2008. 27th Chinese*, 2008, pp. 51-55.
- [3] X. Fan, J. Cao, H. Yang, X. Dong, C. Liu, Z. Gong, *et al.*, "Optimization of PID parameters based on improved particle-swarm-optimization," in *Information Science and Cloud Computing Companion (ISCC-C), 2013 International Conference on*, 2013, pp. 393-397.
- [4] S. BAZI, "Contribution à la Commande Robuste d'une Machine Asynchrone par la Technique PSO «Particle Swarm Optimization," Université de Batna 2, 2009.
- [5] N. Katal and S. K. Singh, "Optimal Tuning of PID Controller for DC Motor using Bio-Inspired Algorithms," *International Journal of Computer Applications*, vol. 56, 2012.
- [6] R.-E. Precup, R.-C. David, E. M. Petriu, S. Preitl, and M.-B. Rădac, "Fuzzy logic-based adaptive gravitational search algorithm for optimal tuning of fuzzy-controlled servo systems," *IET Control Theory & Applications*, vol. 7, pp. 99-107, 2013.
- [7] B. Bhushan and M. Singh, "Adaptive control of nonlinear systems using bacterial foraging algorithm," *International Journal of Computer and Electrical Engineering*, vol. 3, p. 335, 2011.
- [8] Y. Chen, Y.-j. Ma, and W.-x. Yun, "Application of improved genetic algorithm in PID controller parameters optimization," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 11, pp. 1524-1530, 2013.
- [9] U. K. Bansal and R. Narvey, "Speed control of DC motor using Fuzzy PID controller."
- [10] M. R. Djalal, D. Ajjatmo, A. Imran, and I. Robandi, "Desain Optimal Kontroler PID Motor DC Menggunakan Cuckoo Search Algorithm," *SENTIA 2015*, vol. 7, 2015.
- [11] Machrus Ali, Akemad Suhadak, Optimisasi Steering Control Mobil Listrik Auto-Pilot Menggunakan Metode Firefly Algorithm (FA), Semnasinotek-2017, UN PGRI, Kediri, pp:61-68.