

Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Φ

Menggunakan Kontrol PI Berbasis Direct Torque Control

Sutejo Maspriyanto*, Gigih Prabowo**, Arman Jaya**

* Mahasiswa D4 Jurusan Teknik Elektro Industri

**Dosen Jurusan Teknik Elektro Industri

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – ITS

Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Email : sutejo@student.eepis-its.edu

Abstrak

Dalam paper ini, metode Direct Torque Control menggunakan kontrol PI dijelaskan untuk pengaturan kecepatan putar motor induksi 3 phase. Direct torque control (DTC) digunakan sebagai basis estimasi parameter kontrol. Estimasi putaran rotor, torka dan fluks dilakukan melalui tegangan input dan arus stator. Untuk mencapai putaran yang dikehendaki digunakan estimasi putaran sebagai umpan balik pada sistem kontrol. Error dan delta error kecepatan putar digunakan sebagai masukan pada kontrol PI untuk menghitung torka referensi. Hasil yang diperoleh melalui simulasi diharapkan mendapatkan respon kecepatan yang cepat dalam kondisi start motor maupun perubahan beban. Khusus pada kondisi perubahan beban, respon kecepatan hampir tidak mengalami perubahan kecepatan atau bisa dikatakan respon kecepatan kokoh bila ada gangguan.

Kata Kunci: Motor Induksi, Direct Torque Control, PI

I. PENDAHULUAN

Saat ini, Motor induksi 3 phase sering digunakan berbagai aplikasi di dunia industri. Motor induksi 3 phase memiliki keunggulan diantaranya handal, tidak ada kontak antara stator dan rotor kecuali bearing, tenaga yang besar, daya listrik rendah dan hampir tidak ada perawatan. Akan tetapi motor induksi 3 phase memiliki kelemahan pada pengontrolan kecepatan. Kecepatan putar motor induksi bergantung pada frekuensi input, sedangkan sumber listrik memiliki frekuensi konstan. Untuk mengubah frekuensi input lebih sulit daripada mengatur tegangan input. Dengan ditemukannya teknologi inverter maka hal tersebut menjadi lebih mudah dan mungkin dilakukan.

Dalam beberapa tahun yang lalu F. Blaschke telah mempublikasikan mengenai field oriented control (FOC) untuk motor induksi. Teori ini telah lengkap dikembangkan dan banyak digunakan dalam proses industri. Kemudian teknik baru telah dikembangkan yaitu teknik kontrol torsi dari motor induksi oleh I. Takahashi yang

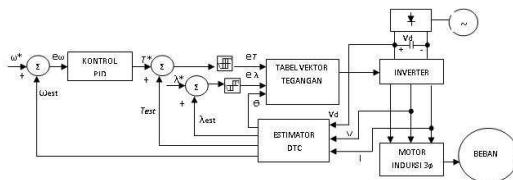
dikenal dengan direct torque control (DTC). Dengan DTC dimungkinkan mengontrol torsi dengan performansi yang baik tanpa menggunakan transduser mekanik pada poros motor, sehingga DTC dapat dikatakan sebagai teknik kontrol “*type sensorless*” . Dengan menggunakan sensor putaran rotor motor akan mengakibatkan stabilitas yang rendah dan ada noise, sehingga dalam pengemudian motor induksi dengan pemakaian khusus menggunakan sensor mekanik akan menyulitkan.

Untuk mengontrol kecepatan motor induksi 3 phase menggunakan metode direct torque control memiliki beberapa kelebihan diantaranya adalah

1. Tidak membutuhkan transformasi koordinat.
2. Tidak membutuhkan pembangkit pulsa PWM.
3. Tidak membutuhkan regulator arus.
4. Kurang bergantung pada parameter mesin.

Metode Direct Torque Control merupakan tipe kontrol close loop. Kontrol close loop umum digunakan di dalam

pengaturan kecepatan motor induksi karena memberikan respon kecepatan yang lebih baik daripada open loop. Kontrol close loop disebut juga kontrol umpan balik yang menjadikan output sebagai perbandingan dengan input (referensi) untuk memperoleh suatu error. Didalam suatu sistem yang handal, adanya error merupakan suatu kerugian. Oleh karena itu, digunakan kontrol PI yang diharapkan dapat menekan error sampai nilai minimal. Namun hal ini membutuhkan perhitungan matematik yang rumit dan kompleks dalam menentukan K_p dan K_i yang sesuai, agar diperoleh kinerja motor yang bagus.



Gambar 1. Blok diagram sistem pengaturan putaran motor induksi

II. Direct Torque Control (DTC)

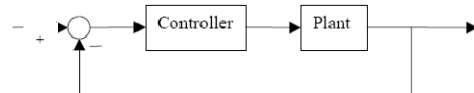
Direct Torque Control (DTC) adalah kontrol berdasarkan fluks stator dalam kerangka seferensi stator menggunakan kontrol langsung dari switching inverter.

Ide dasar dari DTC adalah perubahan torsi sebanding dengan slip antara fluks stator dan fluks rotor pada kondisi fluks bocor stator tetap. Hal ini banyak dikenali untuk pengaturan torsi dan fluks cepat dan robust. Pada motor induksi dengan rotor sangkar untuk waktu tetap rotor menjadi sangat besar, fluks bocor rotor berubah perlahan dibanding dengan perubahan fluks bocor stator. Oleh karena itu, pada keadaan perubahan yang cepat fluks rotor cenderung tidak berubah. Perubahan cepat dari torsi elektromagnetik dapat dihasilkan dari putaran fluks stator, sebagai arah torsi. Dengan kata lain fluks stator dapat seketika mempercepat atau memperlambat dengan menggunakan vektor tegangan stator yang sesuai. Torsi dan fluks kontrol bersama-sama dan decouple dicapai dengan pengaturan langsung dari tegangan stator, dari error

respon torsi dan fluks. DTC biasanya digunakan sesuai vektor tegangan dalam hal ini untuk memelihara torsi dan fluks stator dengan dua daerah histerisis, yang menghasilkan perilaku bang bang dan variasi prosedur frekuensi pensaklaran dan ripple fluks, torsi dan arus yang penting.

III. Kontrol PI

Kontrol PI merupakan salah satu jenis pengatur yang banyak digunakan pada kontrol loop tertutup. Selain itu sistem ini mudah digabungkan dengan metoda pengaturan yang lain seperti Fuzzy dan Robust, Sehingga akan menjadi suatu sistem pengatur yang semakin baik.



Gambar 2. Blok diagram PI Controller

Kontrol PI terdiri dari 2 jenis cara pengaturan yang saling dikombinasikan, yaitu Kontrol P (Proportional) dan Kontrol I (Integral). Masing-masing memiliki parameter tertentu yang harus diset untuk dapat beroperasi dengan baik, yang disebut sebagai konstanta. Setiap jenis, memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, hal ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel .1 Respon PI Controller terhadap perubahan konstanta

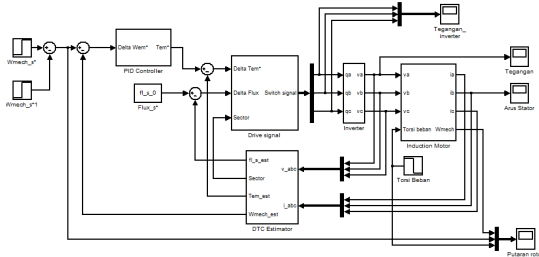
Respon loop tertutup	Rise Time	Overshoot	Settling Time	SS Error
K_p	Menurun	Meningkat	Perubahan kecil	Menurun
K_i	Menurun	Meningkat	Meningkat	Hilang

Parameter-parameter pada tabel 1 bersifat tidak independen, sehingga pada saat salah satu nilai konstantanya diubah, maka mungkin sistem tidak akan bereaksi seperti yang diinginkan. Tabel 1 di atas hanya dipergunakan sebagai pedoman jika akan melakukan perubahan konstanta. Untuk merancang suatu Kontrol PI, biasanya dipergunakan metoda *trial & error*. Sehingga perancang harus mencoba kombinasi pengatur beserta konstantanya

untuk mendapatkan hasil terbaik yang paling sederhana.

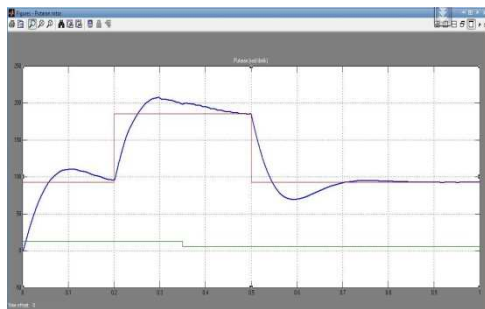
IV. Hasil Percobaan

Pada bagian ini simulasi telah dilakukan dengan menggunakan Matlab/Simulink. Seperti pada gambar 3 dibawah ini :

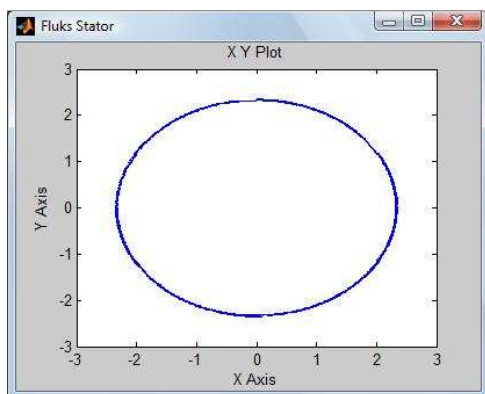


Gambar 3. Simulasi sistem

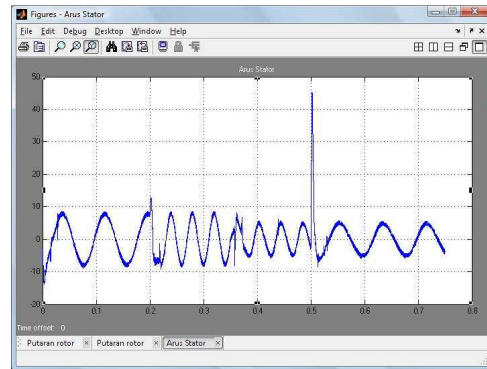
Sampling time 1000 μ s, fluks referensi diambil pada 2.85, Motor Induksi 3 fasa tegangan nominal 380 V, $f = 50$ Hz, jumlah kutub 4, slip 3%, mempunyai data pelengkap sebagai berikut: $R_s = 1.77 \Omega$, $R_r = 1.34 \Omega$, $X_{Ls} = 5.25 \Omega$, $X_{Lr} = 4.57 \Omega$, $X_m = 139.0 \Omega$, $J = 0.025$ Kg.m², $B = 0.01$ N-m.sec/rad. Untuk Kontrol PI terdiri dari $K_p = 25$, $K_i = 8$. Berikut hasil-hasil simulasinya :



Gambar 4. Respon Putaran Rotor



Gambar 5. Fluks Stator



Gambar 6. Arus stator ,

Pada gambar 4 adalah putaran motor saat start berbeban, perubahan kecepatan pada $t = 0,2$ dan perubahan beban pada $t = 0,35$. Gambar 5 adalah fluks stator pada sumbu d dan sumbu q. Gambar 6 adalah Arus stator pada saat berbeban perubahan kecepatan pada $t = 0,2$ dan perubahan beban pada $t = 0,35$.

V. Kesimpulan

DTC akan memberikan cara pengaturan putaran yang sederhana dan memberikan respons yang cepat terhadap perubahan, tetapi akan menimbulkan ripple di torsi, fluks dan arus. Untuk memperbaiki penampilan putaran diberikan kontrol PID sehingga robust pada kondisi bila terjadi error parameter atau bila terjadi perubahan torsi beban. Akan tetapi untuk menentukan parameter K_p dan K_i sangatlah sulit jika menggunakan cara konvensional (trial and error). Perlu adanya metode khusus yang lain untuk penentuan parameter-parameter tersebut, misalnya dengan metode Ziegler-nichols dan fuzzy. Dari hasil simulasi dapat diamati bahwa pada kondisi berbeban rise time 0.02 detik, settling time = 0.16 detik, dan putaran awal puncak 42,25 rad/detik.

VI. Daftar Pustaka:

- [1] Bimal K. Bose, "Modern Power Electronics and AC drives", Prentice Hall PTR, 2002.
- [2] Domenico Casadei, Francesco Profumo, Giovanni Serra, Angelo Tani "FOC and DTC: Two Viable Schemes for Induction Motors Torque Control", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, VOL. 17, NO. 5, SEPTEMBER 2002

- [3] I. Takahashi, T. Noguchi, "A new quick-response and high-efficiency control strategy of an induction motor", IEEE, Trans. Ind. Appl., IA-22(5): 820-827, 1996.
- [4] Ned mohan, "Advance electric drives analysis, control and modeling using simulink", MNPERE, Minneapolis, 2001.
- [5] H.F. Abdul Wahab, H. Sanusi, "Simulink Model of Direct Torque Control of Induction Machine", Faculty of Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor DE, Malaysia.
- [6] Arman Jaya*, Mauridhi Heri Purnomo**, Soebagio**, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tanpa Sensor Kecepatan Menggunakan Metode Fuzzy Sliding Mode Control Berbasis Direct Torque Control", *Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, ITS **Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, ITS
- [7] Hany Ferdinando, "Desain PID Controller Dengan Software Matlab", Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Petra, Surabaya