

STEP RESPONS MOTOR DC BY USING COMPRESSION SIGNAL METHOD

Satrio Dewanto

Computer Engineering Department, Faculty of Engineering, Binus University
Jl.K.H.Syahdan no 9, Palmerah, Jakarta Barat 11480
sdewanto@gmail.com

ABSTRACT

Output signal in the form of a step response of a DC motor can be obtained by providing the input signal to the motor in the form of a signal step directly. Step response obtained in this way usually contains a lot of noise. To reduce noise, this research was designed with the aim to get the step response using signal compression method in which the input signal is not a step but a signal with a specific shape given to the motor and if the output signal of the motor is compressed, it will obtain impulse response. Step response of the DC motor can be obtained by doing the integral to the impulse response. Step response which is obtained using signal compression method will be used to estimate parameters model of DC motor to see the validity of this method. The result of this research shows that the estimated value of the parameters from the step response has value closer to the value of the parameters given to the model of a DC motor. The conclusion of this research is the method of signal compression can be used to obtain the step response of a DC motor model. Further research will be conducted on the actual motor instead of using a mathematical model.

Keywords: DC motor, signal compression, step response

ABSTRAK

Sinyal output berupa step respons dari motor DC dapat diperoleh dengan cara memberikan sinyal input pada motor berupa sinyal step secara langsung. Step respons yang diperoleh dengan cara seperti ini biasanya banyak mengandung derau. Untuk mengurangi derau, penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk mendapatkan step respons menggunakan metode sinyal kompresi yang sinyal input bukan berupa sinyal step tetapi sinyal dengan bentuk yang khusus diberikan ke motor dan jika sinyal output dari motor dikompres, maka sinyal output akan mendapatkan impuls respons. Step respons dari motor dapat diperoleh dengan melakukan proses integral terhadap impuls respons. Step respons yang diperoleh menggunakan metode sinyal kompresi ini akan digunakan untuk mengestimasi parameter-parameter model dari motor DC untuk melihat validitas metode ini. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa estimasi nilai parameter dari step respons yang dihasilkan mempunyai nilai yang mendekati nilai parameter-parameter yang diberikan pada model dari motor DC. Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah metode sinyal kompresi dapat digunakan untuk mendapatkan step respons dari model motor DC. Penelitian lebih lanjut akan dilakukan pada motor yang sebenarnya bukan menggunakan model matematis.

Kata kunci: motor DC, sinyal kompresi, step respons

PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi robotika, semakin banyak masyarakat menggunakan robot baik sebagai bahan penelitian ataupun sekedar sebagai hobi saja. Penggemar robot tidak hanya orang dewasa saja bahkan anak-anak banyak yang sudah menggunakan robot dari sekedar hobi sampai mampu untuk merakit dan mengendalikan robot. Bagian utama yang penting dari robot adalah motor karena motor merupakan penggerak yang dapat merubah keadaan penyusun tubuh robot. Mengendalikan putaran motor merupakan hal yang harus dilakukan dengan tepat agar keadaan robot sesuai dengan yang diinginkan. Kesalahan dalam mengendalikan putaran motor dapat mengakibatkan hal-hal yang tidak diinginkan seperti robot akan menabrak suatu objek atau menghancurkan suatu objek yang digenggam karena terlalu keras dalam menggenggam yang disebabkan putaran motor yang berlebihan.

Untuk mengendalikan putaran motor sesuai dengan keinginan pengguna, maka model dari motor ini perlu dibuat dan estimasi nilai dari parameter-parameter yang menyusun model dilakukan sehingga dengan model ini simulasi dapat dilakukan untuk mempelajari karakteristik-karakteristik dari motor yang telah dimodelkan ini. Parameter dari suatu motor biasanya disertakan pada lembar data ketika dibeli, tetapi dengan berjalannya waktu, parameter ini bisa mengalami perubahan. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan parameter dari suatu motor dari step respons yang diperoleh dengan memberikan *input* yang dibuat secara khusus sehingga parameter dari motor dapat ditentukan dan tidak bergantung kepada ada atau tidak adanya lembar data dari motor yang digunakan. Penelitian mengenai identifikasi parameter telah banyak dilakukan dengan berbagai metode, antara lain menggunakan *inverse theory* untuk identifikasi parameter dengan menggunakan data yang dengan mudah diamati untuk mendapatkan parameter yang tidak dapat langsung diamati (Hadeh, 2009), menggunakan *fuzzy PID controller* untuk mendapatkan torsi beban dari motor (Liem, 2012), mengidentifikasi model dari DC motor dengan menggunakan *parametric estimation method* (Bature, 2013) dan deret untuk respons dari *motor speed* yang koefisiennya berhubungan dengan ke parameter motor, kemudian parameter ini dengan mudah dihitung dengan metode *curve fitting* (Wu, 2013).

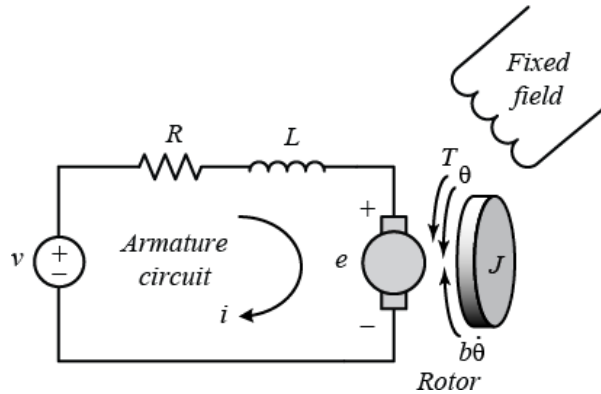
Penelitian yang dirancang adalah untuk mendapatkan step respons dari model matematis suatu motor DC dengan *input* berupa sinyal khusus yang dibuat menggunakan metode sinyal kompresi. Metode ini pada awalnya digunakan di bidang akustik untuk mengukur vibrasi non linier (Aoshima, 1984). Untuk melihat validitas metode ini, nilai parameter-parameter dari suatu motor DC akan diestimasi menggunakan step respons dari motor DC dan dibandingkan dengan nilai parameter-parameter yang digunakan pada model. Tujuan akhir penelitian yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui kelayakan dari metode sinyal kompresi untuk mendapatkan step respons dari suatu motor DC. Penelitian ini dilakukan dengan simulasi menggunakan perangkat lunak MATLAB.

METODE

Pada penelitian ini akan digunakan metode sinyal kompresi untuk mendapatkan sinyal *input* yang akan diberikan kepada motor DC dan respons *output* dari motor DC akan didata untuk mendapatkan parameter dari motor DC. Motor DC yang digunakan berupa model matematis yang terdapat parameter-parameter di dalam untuk diestimasi nilainya. Pada awalnya, nilai parameter-parameter ini diberikan kepada model kemudian model ini diberikan *input* dan dari respons outputnya akan diestimasi menggunakan perangkat lunak MATLAB, kemudian nilai estimasi ini akan dibandingkan dengan cara melihat step responnya menggunakan nilai awal yang diberikan dan nilai estimasi. Cara mendapatkan model matematis yang mengandung parameter-parameter yang akan diestimasi dan cara mendapatkan sinyal *input* menggunakan metoda sinyal kompresi akan diuraikan di bawah ini.

Model Matematis Motor DC

Motor DC terdiri dari stator dan rotor yang dapat dimodelkan berupa rangkaian listrik pada *armature* dan bagian yang berputar seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 1 Model dari Motor DC

Persamaan dinamik dari motor DC dalam domain *Laplace* dan fungsi transfernya berdasarkan model diatas dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$s(Js + b)\theta(s) = KI(s) \quad (1)$$

$$(Ls + R)I(s) = V(s) - Ks\theta(s) \quad (2)$$

$$G(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2} \quad (3)$$

Persamaan (3) menyatakan hubungan antara *input* motor berupa tegangan dalam volt dan *output* motor berupa kecepatan sudut (*speed*) dalam radial/detik. Jika pada *input* suatu motor diberikan sinyal berupa tegangan, motor akan memberikan sinyal *output* yang merupakan respons berupa posisi atau kecepatan sudut dari motor. Persamaan dinamik dari motor di atas dapat pula diturunkan dalam bentuk *state space* seperti di bawah ini.

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-b}{J} & \frac{K}{J} \\ \frac{-K}{L} & \frac{-R}{L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{L} \end{bmatrix} V \quad (4)$$

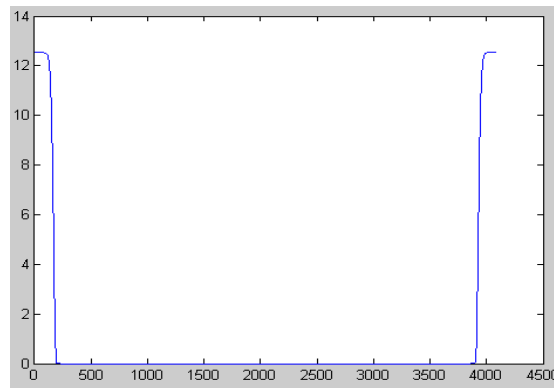
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\theta} \\ i \end{bmatrix} \quad (5)$$

J, K, L, R dan b merupakan parameter-parameter dari suatu motor DC, dimana

- J : momen inersia dari rotor.
- K : konstanta torsi motor = konstanta ggl balik.
- L : induktansi listrik.
- R : tahanan listrik.
- b : konstanta gesek dari motor.

Metode Sinyal Kompresi

Sinyal *input* yang ideal untuk digunakan pada identifikasi sistem secara teoritis adalah sinyal impuls, akan tetapi sinyal impuls ini pada kenyataan praktisnya sulit sekali diimplementasikan. Sinyal *input* yang ideal untuk identifikasi sistem, diharapkan mempunyai *power spectrum* yang datar sepanjang frekuensi yang digunakan, tetapi untuk sistem tertentu tidak semua frekuensi dapat diterima oleh sistem sehingga bisa digunakan sinyal yang *power spectrum*-nya datar hanya pada *range* frekuensi tertentu dimana sistem diperkirakan akan dapat memberikan respons *output*. Oleh karena itu sinyal *input* yang nantinya dikirimkan kepada motor dirancang mempunyai *power spectrum* dalam domain frekuensi seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2 *Power spectrum* dari sinyal *input*

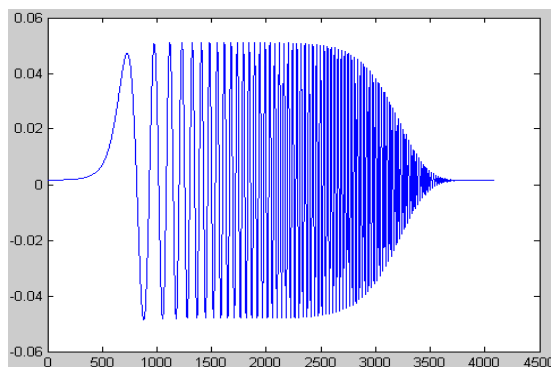
Untuk mendapatkan sinyal dengan *power spectrum* seperti pada gambar diatas perlu didefinisikan dalam domain waktu sebagai berikut.

$$X(n) + jX(n) = 12.5 \exp\left\{-\left(\frac{n}{170}\right)^{12}\right\} \quad 0 \leq n \leq 2047 \quad (6)$$

$$X(n) + jX(n) = X(4096 - n) - jY(4096 - n) \quad 2049 \leq n \leq 4095 \quad (7)$$

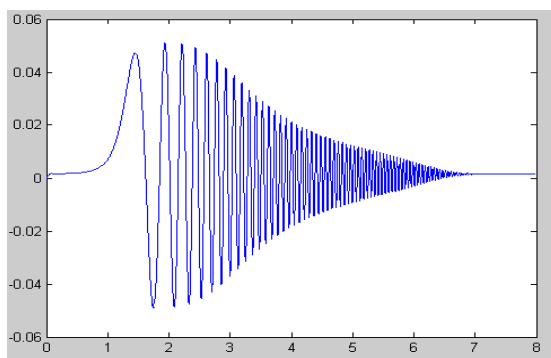
$$X(2048) + jX(2048) = 0 \quad (8)$$

Jika pada sinyal *input* dengan *power spectrum* seperti di atas dilakukan *Inverse Fast Fourier Transform* (IFFT) dan kemudian hasil yang diperoleh dikalikan dengan filter $\exp(-12n^2/100)$ maka akan diperoleh sinyal *input* seperti dibawah ini.



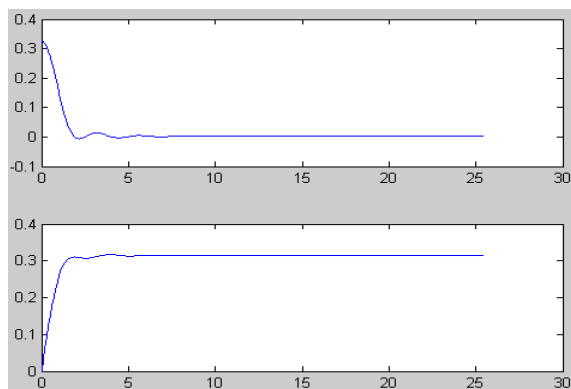
Gambar 3 Sinyal *Input* ke Motor

Sinyal *input* yang yang dibuat seperti di atas, apabila diberikan kepada model dari suatu motor DC akan menghasilkan sinyal *output* yang tergantung kepada besarnya nilai dari parameter-parameter motor DC, misalnya seperti pada gambar di bawah ini.



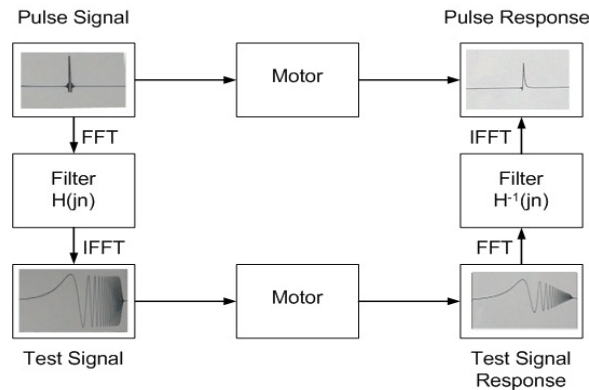
Gambar 4 Sinyal *Output* dari Motor

Jika dilakukan Fast Fourier Transform (FFT) pada sinyal *output* di atas dan mengalikannya dengan suatu filter kompresi $\exp(12n^2j/100)$ serta melanjutkan dengan Inverse Fast Fourier Transform (IFFT), maka akan didapatkan sinyal *output* berupa *impulse response* dan bila sinyal ini diintegalkan akan di dapatkan sinyal step responnya.



Gambar 5 *Impulse* dan Step Respons dari *Output* Motor DC

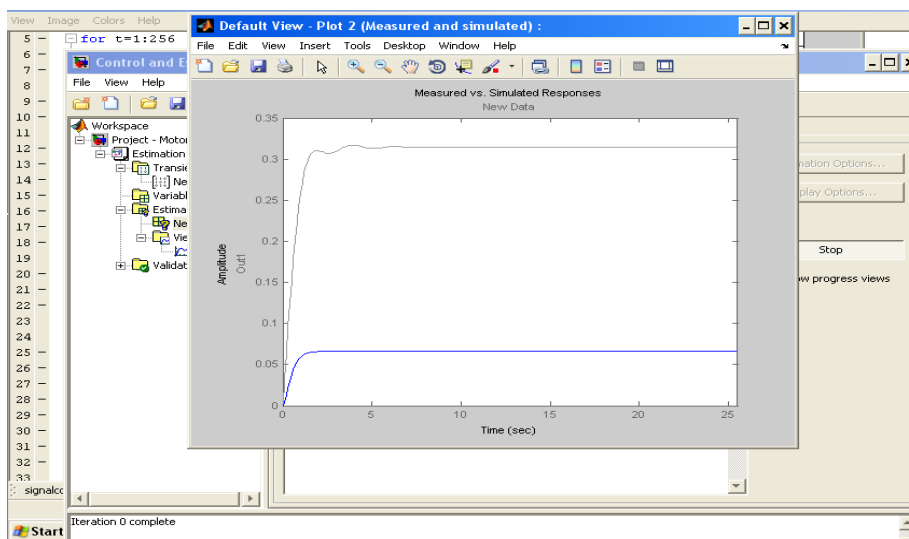
Metode sinyal kompresi dapat digambarkan dengan blok diagram di bawah ini, *pulse signal* tidak langsung diberikan ke motor tetapi diubah menjadi *test signal* yang diberikan ke motor dan responnya akan dikompres untuk mendapatkan *pulse response*. Proses merubah *pulse signal* menjadi *test signal* disebut dengan proses sinyal ekspansi.



Gambar 6 Blok Diagram Metoda Sinyal Kompresi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan parameter-parameter dari motor DC maka sinyal *output* hasil pengukuran akan di dekati dengan sinyal simulasi dengan nilai parameter estimasi yang dapat berubah menggunakan *pattern search* sampai diperoleh nilai estimasi yang diinginkan apabila proses iterasi telah selesai. Dari step respons yang sudah diperoleh akan dilakukan parameter identifikasi menggunakan perangkat lunak MATLAB. Pada gambar di bawah dapat dilihat proses parameter identifikasi yaitu sinyal *output* berupa step respons hasil pengukuran akan diestimasi menggunakan *pattern search* sampai sinyal yang di bawah bergerak ke atas menjadi berimpit dengan sinyal *output* pengukuran. Jika proses iterasi telah selesai akan ditampilkan nilai dari parameter-parameter motor DC yang dicari.



Gambar 7 Proses *pattern search*

Nilai dari parameter yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1, estimasi dari nilai parameter ini tergantung pada banyaknya proses iterasi yang dilakukan.

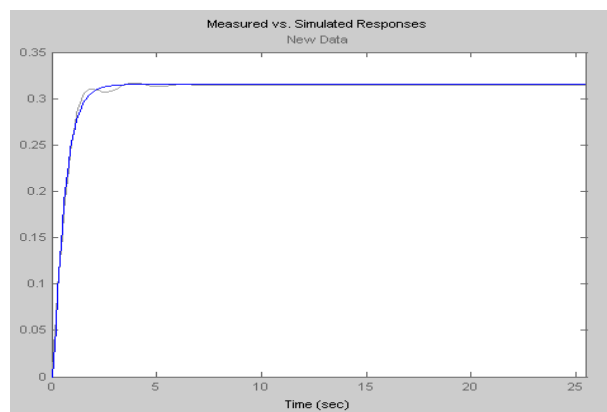
Tabel 1 Nilai parameter-parameter yang dihasilkan

Estimation parameters		
Name	Value	Estimate
J	0.010322	<input checked="" type="checkbox"/>
K	0.0274	<input checked="" type="checkbox"/>
L	0.56294	<input checked="" type="checkbox"/>
R	1.1242	<input checked="" type="checkbox"/>
b	0.076609	<input checked="" type="checkbox"/>

Pada model matematis yang telah diperoleh sebelumnya diberikan nilai parameter-parameter sebagai berikut:

J = 0.01
K = 0.02
L = 0.5
R = 1
b = 0.1

Jika dibandingkan dengan nilai dari parameter-parameter yang digunakan pada model matematis ini, maka nilai hasil estimasi yang diperoleh sudah mendekati nilai yang digunakan pada model. Terjadi perbedaan dapat disebabkan karena iterasi yang digunakan kurang lama atau juga bisa disebabkan metode *curve fitting* yang dipakai kurang memadai. Dengan menggunakan nilai parameter yang diperoleh, nilai ini digunakan pada model dari motor DC. Sinyal *input* yang dimasukkan ke motor DC akan mendapatkan sinyal *output* yang berimpit dengan sinyal *output* hasil pengukuran.



Gambar 8 Proses Validasi

SIMPULAN

Model matematis dari motor DC beserta parameter-parameter yang menyusunnya telah diuraikan dalam penelitian ini. Model matematis ini dengan nilai parameter yang diberikan digunakan untuk memperoleh step respons apabila model diberikan sinyal *input* yang dibuat menggunakan metode sinyal kompresi. Step respons yang diperoleh dengan menggunakan metode sinyal kompresi dapat diandalkan dan cukup baik untuk diimplementasikan berdasarkan hasil dari nilai estimasi parameter-parameter motor DC yang diperoleh dan validasi menggunakan nilai estimasi parameter yang diperoleh. Adanya sedikit perbedaan antara nilai parameter yang digunakan pada model dan nilai estimasi yang diperoleh dari step respons dari sistem disebabkan jumlah iterasi yang kurang lama dan metode *curve fitting* yang digunakan.

Penelitian lebih lanjut metode sinyal kompresi ini akan dilakukan dengan menggunakan secara langsung kepada motor DC yang sesungguhnya bukan hasil simulasi dengan model matematis untuk melihat efektifitas metode sinyal kompresi ini. Pada penelitian selanjutnya, motor DC yang telah diketahui parameternya berdasarkan lembar data yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat motor DC ini akan digunakan sehingga hasil dari nilai estimasi parameter-parameter motor DC dengan sinyal kompresi ini dapat dibandingkan nilainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Aoshima, N. (1984). Measurement of Nonlinear Vibration by Signal Compression Method. *Proc. of the Acoustical Society of America*, 76(3): 794-801.
- Bature, A. A., Muhammad, M., Abdullahi, A. M. (2013). Identification and Real Time Control of a DC Motor. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE)*, 7(4): 54-58.
- Hadef, M., Mekideche, M. R. (2009). Parameter Identification of a Separately Excited DC Motor via Inverse Problem Methodology. *Turkey Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 17: 99-106.
- Liem, D. T., Ahn, K. K. (2012). DC Motor Parameters Identification and Sensorless Torque Estimation Using Fuzzy PID. *12th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2012)*. Jeju Island, South Korea, 76-81.
- Wu, W. (2012). DC Motor Parameter Identification Using Speed Step Responses. *Modeling and Simulation in Engineering*. 2012.