TUNING PID CONTROLLER PADA SISTEM EKSITASI ALTERNATOR

M. Rodhi Faiz

Abstrak: Dalam pembangkitan tenaga listrik, kestabilan tegangan merupakan hal yang sangat penting untuk diperhatikan karena dapat mempengaruhi kestabilan sistem kelistrikan. Perubahan tegangan keluaran sebuah generator dipengaruhi oleh berbagai macam faktor diantaranya adalah beban dinamis dan tegangan penguat magnet (tegangan eksitasi). Untuk merepresentasikan pembangkit yang sebenarnya dirancang sebuah alternator sebagai modul praktikum yang dilengkapi dengan sistem eksitasi yang bekerja secara otomatis. Dengan program SIMULINK disimulasikan grafik tanggapan alternator pada setiap perubahan seting konstanta PID yang ditala secara tepat agarmendapatkan tegangan alternator yang stabil sesuai rating walaupun beban berubah-rubah.Respon sistem jauh dari harapan jika amplifier diberikan penguatan K_A=1, sehingga K_A dinaikkan hingga 45 tapi efeknya terjadi overshoot dengan waktu steady state 10 detik. Overshoot yang terjadi akibat kenaikan K_A diperbaiki dengan memasang PID Controller dengan seting berdasarkan metode Ziegler-Nichols diperoleh K_p=1,05, T_i= 0,25, T_d=0,12 bisa menekan overshoot tinggal 6 % dan waktu steady state kurang dari 1 detik.

Kata-kata kunci: eksitasi, alternator, controller

Masalah utama dari pembangkitan tenaga listrik adalah tegangan keluaran generator yang berubah-ubah yang diakibatkan oleh perubahan pembebanan pada generator. Dalam sistem interkoneksi skala besar, alat penstabil tegangan manual tidak pernah dipakai dan sebagai gantinya dipasang sebuah peralatan penstabil tegangan otomatis yang dinamakan AVR (*Automatic Voltage Regulator*) disetiap generator.

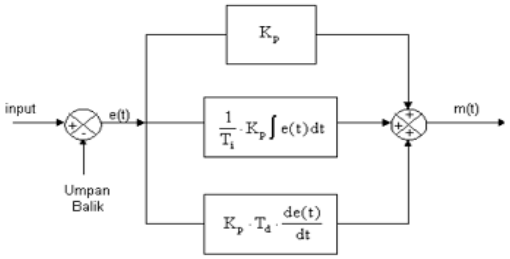
Untuk merepresentasikan pembangkit yang sebenarnya dirancang sebuah alternator sebagai modul praktikum yang dilengkapi dengan sistem eksitasi yang bekerja secara otomatis (AVR). Dengan sedikit mengubah kontruksi alternator mobil, yang tadinya generator dc penguat luar diubah menjadi generator AC 3 phasa penguat luar. Alternator mobil memiliki kelebihan kontruksinya yang kecil sehingga cocok untuk ukuran laboratorium. Hal ini tidak didapatkan dipasaran yang biasanya ukurannya lebih dari 5 kVA untuk generator 3 phasa penguat luar.

Dengan berdasar pada kondisi seperti itu maka dalam paper ini dilakukan perancangan suatu sistem pengaturan tegangan generator otomatis (AVR/*Automatic Voltage Regulator*) dengan kontrol PID untuk mengatur tegangan eksitasi yang akan diinjeksikan pada kumparan medan. Jika beban pada terminal keluaran alternator ditambah, tegangan terminal keluaran generator akan turun. Dengan turunnya tegangan terminal keluaran genarator maka secara otomatis dengan cepat AVR (*Automatic Voltage Regulator*) ini akan menaikkan tegangan eksitasi yang selanjutnya diinjeksikan kekumparan medan yang bertujuan untuk menaikkan tegangan terminal keluaran generator dengan maksud untuk menyetabilkan tegangan keluaran agar sesuai dengan tegangan setting point.

Kontroller PID

Pengendali PID adalah sistem pengendali gabungan antara pengendali proporsional integrator dan diferensial. Diagram blok pengendali PID dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

M. Rodhi Faiz adalah Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang



Gambar 1. Blok Diagram Pengendali PID

Dalam waktu kontinyu, sinyal keluaran pengendali PID dirumuskan sebagai berikut:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i}\int_0^t e(t)dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

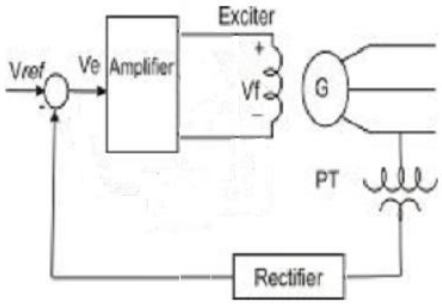
dengan :
u(t) = sinyal keluaran pengendali PID
Kp = konstanta proporsional
Ti = waktu integral
Ki = konstanta integral
Kd = konstanta diferensial
e(t) = sinyal kesalahan

Jadi, fungsi alih pengendali PID (dalam domain s) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{U(S)}{E(S)} = K_p\left(1 + \frac{1}{T_i S} + T_d S\right) = K_p + \frac{K_i}{S} + K_d S$$

Pemodelan Sistem Eksitasi Alternator

Stabil tidaknya tegangan output generator tergantung pada sistem eksitasinya. Pembangkit modern biasanya dilengkapi AVR yang dapat mengaturtegangan keluaran generator dengan cara mengontrol arus penguatan dari generator tersebut. Model sederhana dari sebuah AVR generator tampak seperti Gambar 2 berikutini.



Gambar 2. Sistem Eksitasi Alternator

Amlipfier sebagai penguat dari sistem eksitasi dapat berupa penguatan megnetik, penguatan putaran, atau penguatan elektronik.Amplifierdapat direpresentasikan sebagai K_A dengan konstanta waktu T_A, yang dalam model matematisnya seperti persamaan berikut:

$$\frac{V_R(S)}{V_e(S)} = \frac{K_A}{1 + T_A S}$$

Nilai konstanta waktu (T_A) sangat kecil yaitu berkisar antara 0.02 sampai 0.1 detik.

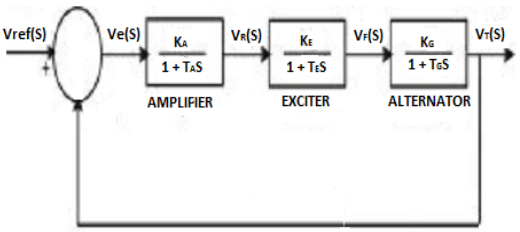
Eksitasi yang biasa digunakan dalam sebuah generator terdapat beberapa tipe mulai yang menggunakan generator DC sampai yang tipe modern dengan menggunakan SCR sebagai penyearah untuk menghasilkan daya DC. Eksitasi dapat direpresentasikan sebagai K_E dengan konstanta waktu T_E, yang dalam model matematisnya seperti persamaan berikut:

$$\frac{V_F(S)}{V_R(S)} = \frac{K_E}{1 + T_E S}$$

Tegangan terminal sebuah generator sangat tergantung pada bebannya. Dalam bentuk linear, relasi fungsi tegangan terminal dengan tegangan medan dapat direpresentasikan sebagai K_G dengan konstanta waktu T_G dan fungsi transfernya sebagai berikut:

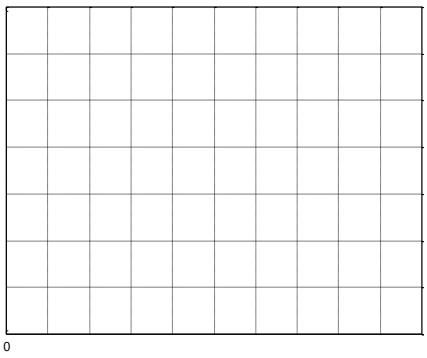
$$\frac{V_T(S)}{V_F(S)} = \frac{K_G}{1 + T_G S}$$

Prinsip kerja dari AVR yaitu mulanya tegangan keluaran generator diturunkan dengan menggunakan PT (*Potential Transformer*) atau trafo tegangan kemudian disearahkan. Hasil penyearahan lalu dibandingkan dengan tegangan referensi (Vref) apabila terjadi perbedaan maka AVR akan memerintahkan amplifier untuk menaikkan atau menurunkan arus penguatan generator DC sehingga tegangan output dari generator tersebut juga berubah. Jika tegangan output generator DC berubah maka arus penguatan generator sinkron juga berubah, akibatnya tegangan keluaran generator kembali stabil. Adapun blok diagram sebuah AVR seperti Gambar 3 berikutini.



Gambar 3 Blok Diagram Sistem Eksitasi

Jika K_A= 1, K_E=1, K_G=1, T_A=0,02, T_E=0,5, T_G=1, step respon dari sistem di atas seperti terlihat Gambar 4 di bawah.



Gambar 4. Step Respon Sistem

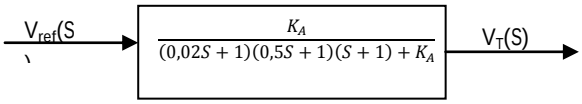
Terlihat bahwa amplitudo jauh dari setting sehingga perlu ada modifikasi nilai-nilai dari parameter di atas terutama Gain K_A.

METODE

Tuning PID Controller

Sebelum melakukan tuning parameter PID, harus dilakukan dulu perbaikan step respon di atas dengan menaikkan nilai K_A sehingga didapatkan amplitudo respon yang mendekati seting. Kenaikan K_A tidak boleh sembarang, maksimum di bawah nilai ambang batas kestabilan. Dengan kriteria kestabilan Routh Hurwitz dapat dilihat berapa K_A maksimum yang bisa di seting.

Dari diagram blok sistem eksitasi di atas dapat disederhanakan sistem *close loop*-nya sebagai berikut:



Gambar 5. Penyederhanaan Sistem Close Loop

Persamaan karakteristik *close loop*-nya adalah:

$=(0{,}02S+1)(0{,}5S+1)(s+1)+K_A$

$= (0{,}01S^2 + 0{,}52S + 1)(S + 1) + K_A$

$= 0{,}01S^3 + 0{,}53S^2 + 1{,}52S + 1 + K_A$

Routh array matriknya dapat dijabarkan sebagai berikut:

S^3 : 0,01 1,52 0

S^2 :0,53 $1+K_A$ 0

S^1 :$(1{,}5-0{,}019K_A)$ 0

S^0 : $1+K_A$

HASIL

Agar sistem stabil maka nilai$(1{,}5-0{,}019K_A)>0$, sehingga K_A maksimum agar sistem tetap stabil sama dengan 78,9. Dengan mengetahui batasan K_A maksimum, dapat dicoba beberapa nilai K_A mulai dari terkecil 1 hingga 78,9. Didapatkan nilai K_A=45dimana bisa menaikan respon tegangan output alternator sesuai seting walaupun waktu untuk mencapai *steady state* cukup lama. Respon dari sistem terlihat pada Gambar 6.

Gambar 10. Respon Sistem dengan PID Controller

Gambar 11. Respon Sistem setelah Fine Tuning

Pada Gambar 11 terlihat *overshoot* dan waktu *steady state* dapat ditekan dengan mencoba menaikkan T_d. *Overshoot* hanya sekitar 5% sedang waktu mencapai *steady state* hanya berkisar antara 0,6 detik.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan ada dua hal yang dapat disimpulkan:

1. Respon sistem jauh dari seting jika amplifier diberikan penguatan K_A=1, agar respon sistem sesuai seting, K_A dinaikkan hingga 45 tapi efeknya terjadi *overshoot* dengan waktu *steady state* 10 detik.
2. *Overshoot* yang terjadi akibat kenaikan K_A diperbaiki dengan memasang PID Controller dengan seting berdasarkan metode Ziegler-Nichols diperoleh K_p=1,05, T_i=0,25, T_d=0,12 bisa menekan overshoot tinggal 5% dan waktu steady state kurang dari 1 detik.

DAFTAR RUJUKAN

Daniel Lau Lee Kah, *Control System for AVR and Governor of Synchronous Machine"*. Queensland of University

Emilson P.L. 2010, *Matlab-Modelling, Programming and Simulations*, Sciyo

Murty P.S.R. 2007, *Power System Analysis*, BS Publications

Ogata, Katsuhiko. 1997, *Teknik Kontrol Automatik, Edisi Kedua"*. Erlangga, Jakarta

Ramasamy N. 2002, *Computer-Aided PowerSystem Analysis*, Dekker Marcel-dekker,Inc.

W.Sadaat, H. 1999,*Power System Analysis*, McGraw Hill Series.