

ANALISA SISTEM AUTOMATIC VOLTAGE REGULATOR (AVR) DENGAN STABILIZER PADA SUATU MESIN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Nathaniel Bijang^{1*}, Yohanis Rompon*, Toban Pairunan*

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Manado

Jl.Raya Politeknik Kelurahan Buha Kec.Mapanget Manado

¹*e-mail: bijangnathaniel@gmail.com*

ABSTRAK

Kontrol sistem eksitasi menghasilkan tegangan emf generator. Oleh karena itu kontroler tersebut tak hanya untuk mengontrol tegangan output generator tetapi juga dapat digunakan untuk mengontrol power faktor, arus, dan perbaikan variabel lain. Kontroler tegangan adalah alat kontrol dari sistem output eksiter yang dapat mengatur pembangkitan daya reaktif dan tegangan sesuai yang diinginkan. Pada penelitian ini difokuskan pada sistem AVR dengan stabilizer yang meliputi pemodelan sistem eksitasi generator, analisa performansi sistem eksitasi generator analisa kestabilan sistem eksitasi generator, dan analisa kekokohan sistem eksitasi generator. Untuk analisa performansi sistem eksitasi generator terdiri dari analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain waktu dan analisa performansi sistem eksitasi generator dalam domain frekwensi. Analisa kestabilan sistem eksitasi generator untuk mengetahui tanggapan sistem eksitasi generator apakah bersifat stabil atau tidak stabil. Adapun metode yang digunakan untuk memeriksa kestabilan tanggapan tegangan sistem eksitasi generator diantaranya metode Routh, Hurwitz, metode kestabilan nyquist dan kriteria kestabilan Bode. Analisa kekokohan sistem eksitasi generator menunjukkan bahwa tanggapan tegangan sistem eksitasi generator apakah bersifat kokoh atau tidak kokoh terhadap gangguan apakah mampu atau tidak mampu meredam derau pada frekwensi tinggi dan mempunyai tanggapan yang cepat terhadap input tertentu. Adapun indikator yang digunakan untuk menunjukkan kekokohan sistem eksitasi generator adalah nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer. Tanggapan tegangan sistem eksitasi generator akan bersifat kokoh jika nilai puncak maksimum sensitivitas kurang dari 2(6 dB) dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer kurang dari 1,25 (2 dB).

Kata Kunci: eksitasi, sistem, generator, tanggapan, stabil, kontrol, tegangan

PENDAHULUAN

Sistem-sistem terinterkoneksi dalam jaring skala besar banyak mengalami osilasi sehingga dapat mengganggu pengoperasian sistem. Para peneliti menemukan bahwa sistem peredaman secara natural (yang lemah) pada sistem skala besar menjadi salah satu penyebab osilasi tersebut. Situasi peredaman sistem diperburuk oleh keberadaan sistem control yang kurang terencana dengan baik pada saat pendesainannya. Untuk meningkatkan peredaman sistem, sinyal-sinyal buatan dapat diumpangkan melalui sistem eksitasi. Sistem eksitasi seperti ini banyak mendapatkan kesuksesan dalam mengatasi maaalah osilasi yang terjadi dalam sistem-sistem tenaga listrik berskala besar. Keberhasilan kontrol eksitasi dalam memperbaiki performansi dinamik sistem daya listrik dalam beberapa situasi tertentu telah menjanjikan harapan yang lebih menggembirakan di kalangan para ahli listrik karena pemakaian konstanta waktu yang efektif dalam sistem loop tertutup pada sistem eksitasi, maka ada harapan bahwa upaya kontrol berskala besar dapat dilakukan melalui sisi kontrol eksitasi dengan input energi kontrol yang relatif kecil. Hal ini sangat menjanjikan walaupun kontrol ini keefektifannya masih terbatas. Jika generator tidak begitu dekat dengan perubahan beban maka eksitasi mesin-mesin ini tidak akan berubah. Mesin-mesin yang lebih dekat dengan perubahan beban bisa mengenali kebutuhan penguat eksitasi, meskipun agak lamban. Jenis sistem eksitasi yang relative lebih baru juga sering menimbulkan masalah yang berbeda, Sistem-sistem ini dapat mengenali perubahan beban dengan segera pada perubahan tegangan terminal dan perubahan

arus terminalnya. Oleh karena itu osilasi dari suatu unit mesin akan menyebabkan sistem eksitasi bekerja untuk melakukan perbaikan secara bersama karena ketika kecepatan sinkron berubah, tegangan terminal juga akan berubah, selain itu mesin-mesin grup kontrol berputar saling bereaksi satu dengan yang lain dan setiap kerja atau reaksi akan disertai dengan perubahan sinyal dari eksitasi. Kontrol sistem eksitasi menghasilkan tegangan emf generator. Oleh karena itu, kontroler tersebut tidak hanya untuk mengontrol tegangan output generator tetapi juga dapat digunakan untuk mengontrol power factor, arus, dan perbaikan variabel lainnya.

LANDASAN TEORI

Sistem AVR adalah suatu peralatan yang bertugas menjaga tegangan dan daya reaktif generator agar tetap pada nilai kerja yang diinginkan. Suatu kenaikan daya reaktif pada sisi beban akan mengakibatkan penurunan magnitude tegangan terminal. Kenaikan daya reaktif disisi beban akan berakibat penurunan magnitude tegangan terminal. Penurunan tegangan terminal ini kemudian akan disensor oleh suatu potensial transformator. Selanjutnya tegangan terminal akan disearahkan dan dibandingkan dengan suatu titik nilai acuan. Pengatur sinyal kesalahan penguat akan mengatur tegangan eksitasi sehingga tegangan eksitasi generator akan meningkat. Jika tegangan eksitasi meningkat maka daya yang dibangkitkan oleh generator akan meningkat pula.

Prinsip kerja dari sistem eksitasi generator adalah mengatur arus penguatan pada eksiter. Apabila tegangan keluaran generator dibawah tegangan nominal tegangan generator, maka sistem eksitasi akan memperbesar arus penguatan pada eksiter. Sebaliknya apabila tegangan keluaran generator melebihi tegangan nominal generator maka sistem eksitasi akan mengurangi arus penguatan pada eksiter. Dengan demikian apabila terjadi perubahan tegangan keluaran generator akan dapat distabilkan oleh sistem eksitasi secara otomatis.

Rangkaian AVR (Automatic Voltage Regulator) bekerja dengan mendeteksi tegangan keluaran dari generator utama dan menghasilkan suatu sinyal kendali yang sesuai dengan perubahan sinyal keluaran generator yang kemudian diteruskan ke rangkaian penyalan untuk mengatur sudut penyalan penyearah maka besar kecilnya arus eksitasi untuk generator utama dapat diatur.

Model Amplifier

Dalam sistem AVR amplifier dapat berupa magnetic amplifier, rotating amplifier atau system amplifier elektronik. Model amplifier direpresentasikan dalam sebuah system orde satu dengan sebuah factor penguatan dan konstanta waktu. Fungsi alih amplifier dinyatakan oleh persamaan berikut:

$$\frac{V_R(s)}{V_E} = \frac{K_A}{1 + T_A s} \quad (1.1)$$

Model Eksiter

Sistem eksiter adalah system pasokan listrik arus searah sebagai penguatan pada generator listrik atau sebagai pembangkit medan magnet sehingga suatu generator dapat menghasilkan energy listrik dengan besar tegangan keluaran generator bergantung pada

besarnya arus eksitasinya. Sebuah eksiter dapat dimodelkan dengan sebuah system orde satu dengan bentuk Fungsi alih dari system eksiter dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\frac{V_F(s)}{V_R} = \frac{K_E}{1 + T_E s} \quad (1.2)$$

Model Generator

EMF yang dibangkitkan oleh generator sinkron merupakan fungsi dari proses magnetisasi sedangkan tegangan terminal tergantung dari beban. Untuk model linier sebuah generator dapat didekati dengan sebuah system orde satu dengan bentuk fungsi alih dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\frac{V_g(s)}{V_f} = \frac{K_G}{1 + T_G s} \quad (1.3)$$

Model Stabilizer

Fungsi stabilizer adalah menambahkan sebuah zero pada fungsi alih sebuah system eksitasi generator tanpa kompensasi agar diperoleh dampak meningkatnya stabilitas relative. Sebuah stabilizer pada dasarnya merupakan sebuah komponator ketinggalan atau mendahului dengan bentuk fungsi alih pada persamaan berikut ini

$$H_F = \frac{K_F}{1 + T_F s} \quad (1.4)$$

Dimana K_f adalah konstanta penguatan stabilizer dan T_f adalah konstanta waktu stabilizer .

Model Sensor

Sistem eksitasi generator menggunakan transformator potensial yang berfungsi sebagai alat sensor tegangan terminal. Untuk model linier sensor ini dapat didekati dengan sebuah system orde satu dengan bentuk fungsi alih pada persamaan berikut ini

$$H_s = \frac{K_s}{1 + T_s s} \quad (1.5)$$

Dimana K_s adalah konstanta penguatan sensor dan T_s adalah konstanta waktu sensor. Adapun nilai konstanta penguatan sensor memiliki rentang nilai dari 0.9 sampai 1.10. sedangkan nilai konstanta waktu sensor memiliki rentang nilai dari 0.001 detik sampai 0.06 detik.

Analisa Sistem AVR tipe arus searah dengan stabilizer

Analisa yang akan dilakukan meliputi analisa kesalahan, peralihan, analisa domain frekwensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka, analisa domain frekwensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan, dan analisa kekokohan.

Analisa Peralihan

Bagian ini menjelaskan analisa peralihan system kendali untuk sistem orde 1 sistem orde 2 dan system orde tinggi terhadap masukan undak satuan, laju satuan, dan impuls satuan. Adapun parameter yang diamati terdiri dari : waktu tunda, waktu naik, waktu puncak, waktu keadaan mantap, lewatan maksimum, dan nilai puncak untuk masukan undak satuan serta nilai minimum, nilai waktu minimum, , nilai maksimum, nilai waktu maksimum dan nilai waktu keadaan mantap untuk masukan impuls satuan dan laju satuan.

Untuk system orde satu dinyatakan dengan persamaan berikut:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{1}{Ts+1} \quad (1.6)$$

Jika system orde satu diberi masukan undak satuan maka persamaan keluaran dari system orde satu dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$c(t) = 1 - e^{-t/\tau} \quad (1.7)$$

Untuk masukan laju satuan maka keluaran dari system orde satu dinyatakan:

$$c(t) = 1 - T + T e^{-t/\tau} \quad \text{untuk } t \geq 0 \quad (1.8)$$

Untuk masukan impuls satuan maka keluaran dari system orde satu dinyatakan :

$$c(t) = \frac{1}{T} \cdot e^{-t/\tau} \quad \text{untuk } t \geq 0 \quad (1.9)$$

Untuk system orde dua dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} \quad (1.10)$$

Dimana : ζ = rasio redaman

ω_n = frekwensi tidak teredam atau frekwensi natural

Analisa Domain Frekwensi Untuk Fungsi Alih Lingkar Terbuka

Analisa performansi system kendali dalam domain frekwensi untuk fungsi alih lingkar terbuka ditunjukkan oleh parameter margin penguatan, frekwensi margin penguatan, margin fasa dan frekwensi margin fasa. Selain itu hasil analisa performansi system kendali dalam domain frekwensi untuk fungsi alih lingkar terbuka ini juga digunakan sebagai indicator kestabilan relatif.

Margin penguatan adalah kebalikan dari besaran $|G(j\omega)|$ pada frekwensi dimana sudut fasa 180° . Frekwensi dimana sudut fasa 180° dikenal sebagai frekwensi phase crossover (ω_1) sehingga margin penguatan K_g dinyatakan dalam bentuk persamaan :

$$K_g = \frac{1}{|G(j\omega_1)|} \quad (1.11)$$

Persamaan diatas dinyatakan dalam bentuk (dB) dalam persamaan berikut :

$$K_g \text{ dB} = -20 \log |G(j\omega_1)| \quad (1.12)$$

Margin penguatan yang diekspresikan dalam decibel (dB) positif jika $K_g > 1$ dan negatif jika $K_g < 1$. Jadi suatu margin penguatan bernilai positif (dalam dB) berarti system stabil dan margin penguatan bernilai negative (dalam dB) berarti system tidak stabil. Sistem stabil dalam fasa minimum ditunjukkan oleh margin penguatannya yaitu seberapa besar penguatan dapat dinaikkan sebelum system menjadi tidak stabil. Sistem tidak stabil ditunjukkan oleh seberapa besar penguatan yang harus diturunkan agar system menjadi stabil. Selain itu agar performansi system kendali memuaskan maka diusahakan nilai margin penguatan ini besar dari 6 dB.

Margin fasa adalah banyaknya fasa tertinggal yang ditambahkan pada frekwensi gain crossover yang diinginkan agar system berbatasan dengan keadaan tidak stabil. Frekwensi gain crossover adalah frekwensi dimana $|G(j\omega)|$ margin fasa γ adalah 180° ditambah sudut fasa \emptyset dari fungsi alih lingkar terbuka pada frekwensi gain crossover atau $= 180^\circ + \emptyset$. Margin fasa akan bernilai positif untuk $\gamma > 0$ dan negatif untuk $\gamma < 0$. untuk system fasa

minimum (tidak terdapat pole atau zero di kanan sumbu khayal bidang s) yang stabil, margin fasa harus positif. Selain itu agar performansi system kendali memuaskan maka diusahakan nilai margin fasa berkisar antara 30 sampai 60 derajat. Dalam diagram logaritmik titik kritis dalam bidang kompleks berkaitan dengan garis 0 dB dan -180 derajat.

Analisa Domain Frekwensi Untuk Fungsi Alih Lingkaran Tertutup

Analisa performansi system kendali dalam domain frekwensi untuk fungsi alih lingkaran tertutup ditunjukkan oleh nilai puncak resonansi, frekwensi puncak resonansi dan lebar pita. Adapun rumusan perhitungan dimana $G(s)$ dan $H(s)$ dinyatakan oleh persamaan berikut

$$G(s) = \frac{\omega_n^2}{s(s+2\zeta\omega_n)} \quad (1.13)$$

Nilai puncak resonansi adalah nilai magnitude tanggapan system lingkaran tertutup pada saat terjadinya resonansi. Berdasarkan persamaan diatas diperoleh nilai puncak resonansi yang dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$M_r = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}} \quad (1.14)$$

Nilai puncak resonansi ini menunjukkan sifat dari tanggapan peralihan yang berkaitan dengan redaman system dan lewatan maksimum. Agar system kendali mempunyai performansi yang baik maka diusahakan nilai puncak resonansi bernilai antara 1,1 sampai 1,5. Frekwensi puncak resonansi ini berkaitan dengan kecepatan tanggapan peralihan dan dihitung dengan persamaan

$$\omega_r = \omega_n\sqrt{1-2\zeta^2} \quad (1.15)$$

Lebar pita adalah frekwensi saat tanggapan magnitude system lingkaran tertutup sama dengan -3 dB. Lebar pita ini menunjukkan sifat dari tanggapan peralihan yang berkaitan dengan kecepatan waktu naik.

Analisa Kestabilan

Sebuah sistem dikatakan tidak stabil jika tanggapan terhadap suatu masukan menghasilkan osilasi yang keras atau bergetar pada suatu amplitude tertentu. Sebaliknya suatu system disebut stabil jika system tersebut akan tetap dalam keadaan diam atau berhenti kecuali jika dirangsang (dieksitasi oleh suatu fungsi masukan dan akan kembali dalam keadaan diam jika eksitasi tersebut dihilangkan). Ketidakstabilan merupakan suatu keadaan yang tidak menguntungkan bagi suatu system lingkaran tertutup sedangkan pada suatu system lingkaran terbuka tidak dapat tidak harus stabil. Jelas untuk memperoleh nilai yang memberikan manfaat, praktis sebuah system kendali harus stabil. Masukan system tidak memberikan pengaruh terhadap kestabilan suatu system sehingga jika system tersebut stabil terhadap suatu masukan maka system akan stabil juga untuk masukan lain. Kestabilan hanya bergantung pada karakteristik system itu sendiri. Tanggapan suatu system stabil dapat dikenali dari adanya peralihan yang menurun menuju nol terhadap pertambahan waktu.

Analisa Kekokohan

Analisa kekokohan dilakukan dengan menggunakan kriteria puncak maksimum. Kriteria puncak maksimum ini terbagi atas dua bagian yaitu nilai puncak maksimum sensitivitas dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer. Adapun nilai puncak maksimum sensitivitas dihitung dengan persamaan berikut

$$M_S = \max_{\omega} |S(j\omega)| \quad (1.16)$$

dan nilai puncak maksimum sensitivitas komplementer dihitung dengan persamaan berikut :

$$M_T = \max_{\omega} |T(j\omega)| \quad (1.17)$$

Dimana $S(s)$ adalah fungsi sensitivitas komplementer.

$$S(s) = \frac{1}{1+L(s)} \quad (1.18)$$

$$T(s) = \frac{L(s)}{1+L(s)} = 1 - S(s) \quad (1.19)$$

dimana :

$$L(s) = G(s) \cdot K(s) \quad (1.20)$$

$L(s)$ adalah fungsi alih umpan maju. Untuk system yang bersifat stabil nilai M_S bernilai kurang dari 2 (6 dB) dan M_T bernilai kurang dari 1,25 (2 dB).

Jika nilai M_S dan M_T bertambah besar maka performansi system dalam frekwensi dan kekokohan system akan semakin jelek.

HASIL

Analisa Dan Simulasi Sistem Automatic Voltage Regulator (Avr) Dengan Stabilizer Pada Suatu Pembangkit Tenaga Listrik

Analisa Pemodelan sistem AVR dengan stabilizer pada suatu pembangkit tenaga listrik

Dengan mensubstitusi nilai-nilai parameter kedalam model AVR maka akan diperoleh fungsi alih lingkaran terbuka dan lingkaran tertutup dari system AVR dengan bantuan perangkat lunak Matlab dengan koding sebagai berikut :

```
clc
```

```
Ka = 10; Ke=1 ; Kf = 1 ; Kg = 1; Kr=1 ;
```

```
Ta = 0.1;Te=0.4; Tf = 0.01; Tg=1; tr 0.05;
```

```
%TF_Open_loop
```

```
sys_ol = tf(num_ol,den_ol)
```

```
%TF_Close Loop
```

```
fprintf('TF _ Close Loop ')
```

```
[numcl,dencl] = feedback(numopen,denopen,num_h,den_h,-1);
```

```
sys_cl = tf(numcl,dencl)
```

Hasil Program

TF_Open Loop

Transfer function:

$$0.1 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.06 s + 11$$

TF _ Close Loop

Transfer function:

$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

Analisa Peralihan sistem AVR dengan stabilizer

Analisa Peralihan system AVR untuk input undak satuan

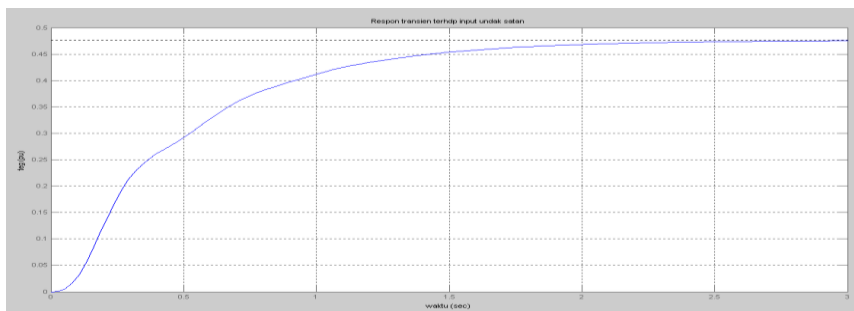
% analisa transien close loop input Step

stepplot(sys_cl)

ylabel('teg (pu)')

xlabel('waktu')

grid on



Gambar 1. Respon transien sistem AVR terhadap input undak satuan

Analisa Peralihan system AVR untuk input Impulse satuan

% Respon sistem Terhdp Input impulse satuan

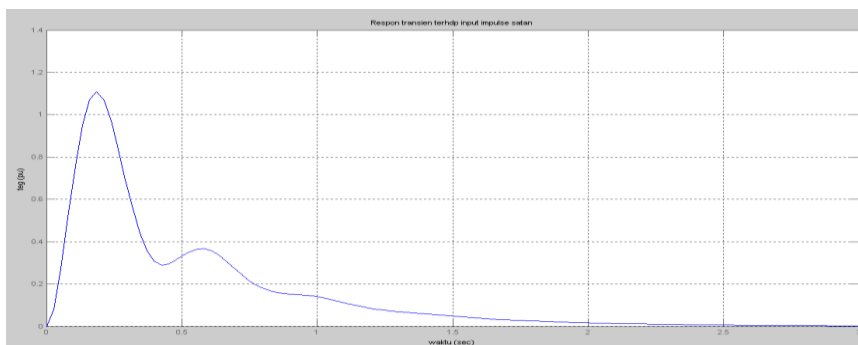
impulseplot(sys_cl)

ylabel('teg (pu)')

xlabel('waktu')

grid on

title('Respon transien terhdp input impulse satan')

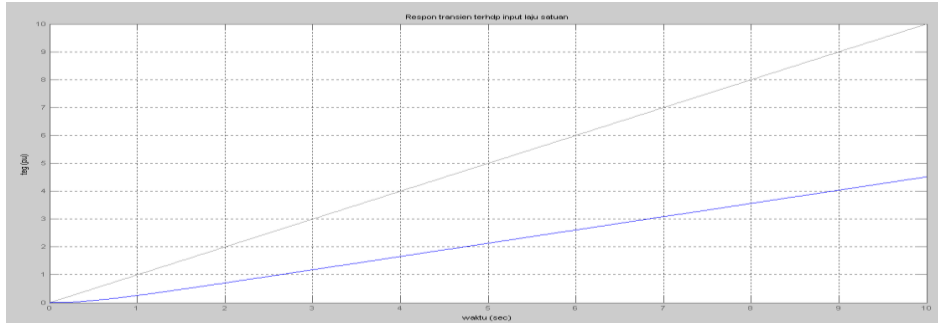


Gambar 2. Respon transien sistem AVR terhadap input impuls satuan

Analisa Peralihan sistem AVR untuk input Laju satuan

% input laju Satuan

```
t = 0:0.01:10; r = t;
lsimplot(sys_cl,r,t)
ylabel('teg (pu)')
xlabel('waktu')
```



Gambar 3. Respon transien sistem AVR terhadap input Laju satuan

Analisa Domain Frekwensi AVR dengan stabilizer fungsi Alih Loop Terbuka

figure

```
bode(sys_ol)
```

```
grid on
```

Hasil Program :

TF_Open Loop

Transfer function:

$$0.1 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.06 s + 11$$

TF _ Close Loop

Transfer function:

$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

nilai2 parameter performansi open loop dlm domain frekwensi

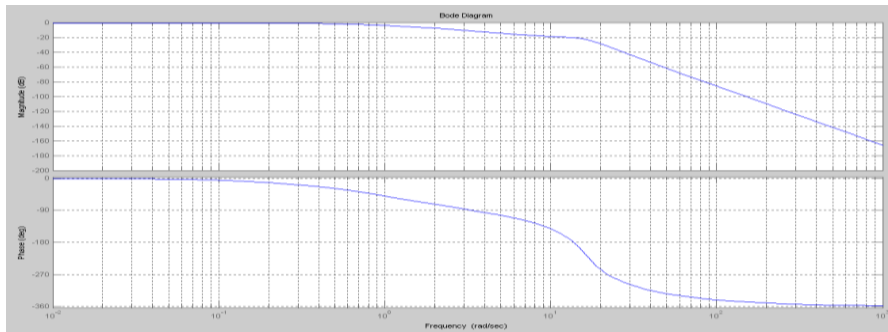
margin penguatan = 10.733

margin penguatan(db)= 20.614

margin Phasa (derajat) = Inf

FREKWENSI margin penguatan = 13.76

frekwensi margin Phasa = NaN



Gambar 4. Diagram Bode sistem AVR

Analisa Domain Frekwensi AVR tipe dengan stabilizer fungsi Alih Loop Tertutup

figure

bodemag(sys_cl)

grid on

Hasil :

TF_Open Loop

Transfer function:

$$0.1 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.06 s + 11$$

TF _ Close Loop

Transfer function:

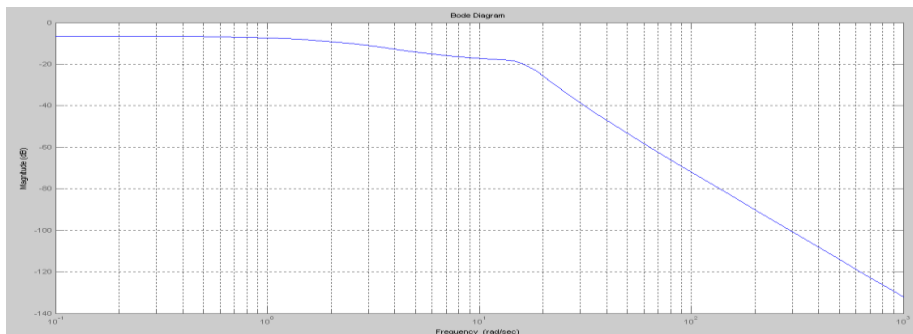
$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

$$bw = 2.1331$$

nilai2 parameter performansi open loop dlm domain frekwensi

$$\text{Lebar pita (rad/dtk)} = 2.1331$$



Gambar 5. Diagram Magnitude Bode sistem AVR

Analisa Kestabilan Sistem AVR dengan stabilizer

```
%TF_Close Loop
```

```
damp(sys_cl)
```

```
figure
```

```
pzmap(sys_cl)
```

```
grid on
```

Hasil program :**TF_Open Loop****Transfer function:**

$$0.1 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.06 s + 11$$

TF _ Close Loop**Transfer function:**

$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

Analisa Kestabilan (metode akar2 Pers_Karakteristik)

Eigenvalue	Damping	Freq. (rad/s)
-2.08e+000	1.00e+000	2.08e+000
-4.65e+000+ 1.52e+001i	2.92e-001	1.59e+001
-4.65e+000 - 1.52e+001i	2.92e-001	1.59e+001
-1.94e+001	1.00e+000	1.94e+001
-1.03e+002	1.00e+000	1.03e+002

Analisa Kekokohan Sistem AVR dengan stabilizer

```
%TF ( fungsi sensitivitas komplementer )
```

```
T = sys_cl
```

```
%TF ( fungsi sensitivitas )
```

```
S= 1 - T
```

```
% informasi Kekokohan (Robust)
```

```
Ms = norm ( (S),inf,1e-4 );
```

```
Mt = norm ( (T),inf,1e-4 );
```

```
%Penedntuan Nilai margin Penguatan & Fasa
```

```
Gm_s = Ms/(Ms-1);
```

```
Pm_s = 2* asind (1/(2*Ms) );
```

```
%Respon Fungsi sensitiv & Sensitiv komplementer
```

```
figure
```

```
loops = loopsens( tf(num_ol,den_ol),1);
```

```
bode (loops.Si,loops.Ti)
```

```
grid on
```

Hasil Program**TF_Open Loop****Transfer function:**

$$0.1 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.06 s + 11$$

TF _ Close Loop**Transfer function:**

$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

Transfer function:

$$0.005 s^2 + 0.6 s + 10$$

$$2e-005 s^5 + 0.00267 s^4 + 0.07315 s^3 + 1.131 s^2 + 12.16 s + 21$$

nilai2 parameter kkokohan**nilai puncak Max sensitivitas = 1.1098****nilai puncak Max sensitivitas komplementer = 0.47619****nilai margin penguatan = 10.109****nilai margin penguatan (db) = 20.094****nilai margin fasa = 53.556****KESIMPULAN**

Untuk melakukan analisa pada system Automatic Voltage Regulator (AVR) maka diperlukan suatu bentuk pemodelan dari system AVR yang merupakan representasi dari system AVR yang sebenarnya kemudian dilakukanlah analisa dan simulasi terhadap model yang telah ditetapkan sebelumnya. Hasil dari pemodelan maka diperolehlah fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup dari system AVR dengan stabilizer, dimana tegangan terminal sebagai keluaran dan tegangan referensi sebagai masukan. Untuk analisa yang dilakukan terdiri dari analisa kesalahan, analisa peralihan, analisa performansi dengan domain frekwensi untuk fungsi alih lingkaran terbuka dan fungsi alih lingkaran tertutup, analisa kestabilan serta analisa kekokohan. Hasil dari analisa ini selanjutnya dipergunakan untuk penentuan kriteria perancangan pengendali untuk system kendali AVR dengan stabilizer pada suatu pembangkit tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. A.E.Fitzgerald, Charles Kingsley, Stephen D.Umans, Joko Achyanto Alih – Bahasa, Mesin-Mesin Listrik, Erlangga, Jakarta, 1997
- [2]. Benyamin C.Kuo, Automatic Control Systems, Prentice Hall International Inc, 1997
- [3]. Cekmas Cekdin, Sistem Teknik Kendali, Andi, Yogyakarta, 2017
- [4]. Guru & Hiziroglu, Electric Machinery & Transformer, Oxford University

Press, New York, 1995

- [5]. Heru Dibyso Laksono, Sistem Kendali, Graha Ilmu , Yogyakarta, 2014
- [6]. Ogata, Katshuhiko, Teknik Kontrol Automatik,Erlangga ,Jakarta,1991
- [7].Thomas Wahyu Dwi Hartanto & Y.Wahyu Agung Prasetyo, Analisa dan Desain Sistem Kontrol dengan Matlab, Andi, Yogyakarta, 2003