

OPERATION GENERATOR

- 1. PEMBEBANAN GENERATOR**
- 2. KONTROL KECEPATAN DAN DAYA AKTIF
(PENGENDALIAN FREKUENSI)**
- 3. KONTROL DAYA REAKTIF
(PENGENDALIAN AVR)**
- 4. PERBAIKAN FAKTOR DAYA**

PEMBEBANAN GENERATOR (1)

1. Daya yang dibangkitkan generator dinyatakan dalam satuan VA, misal 1000 kVA, 10 MVA, Daya keluaran generator dapat dinyatakan sebagai fungsi tegangan terminal V dan arus I yang dihasilkan, sesuai rumus berikut :

$$S_C = V \cdot I \quad \text{VA} \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

2. Tegangan induksi yang dibangkitkan oleh belitan jangkar pada stator sebesar :

$$E = 4,44 k_{c_1} k_{d_1} f \phi N \text{ volt/fase} \dots \dots \dots \quad (2)$$

dengan :

k_c = faktor kisar

k_d = faktor distribusi

f = frekuensi (Hz)

ϕ = fluks/kutub (weber)

N = jumlah lilitan

PEMBEBAN GENERATOR (2)

1. Dari rumus di atas tampak bahwa tegangan yang dibangkitkan sebanding dengan kecepatan poros penggerak mula dan fluks per kutub, sehingga dapat dituliskan :

$$V \approx E = f(n, \phi) \dots \dots \dots \quad (3)$$

2. Putaran poros n sebanding dengan frekuensi sistem listrik jangkar f dan fluks ϕ sebagai fungsi arus eksitasi medan I_f .

3. Sementara itu nilai arus yang diserap beban sangat ditentukan oleh total impedans yang dirasakan oleh terminal generator (impedans dalam, impedans beban, impedans saluran, impedans regulator, dll).

4. Arus yang diserap beban dirumuskan :

$$I = V/Z \dots \dots \dots \quad (4)$$

5. Berkaitan dengan jenis beban, daya yang dibangkitkan S dapat dirumuskan :

$$S = P + jQ \quad VA \dots \dots \dots \quad (5)$$

dengan :

1. P = daya riil
2. Q = daya reaktif

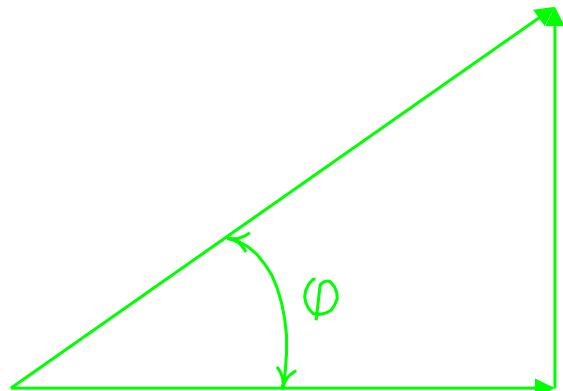
PEMBEBANAN GENERATOR (3)

6. Daya riil P yang dapat dimanfaatkan oleh beban, diubah menjadi kerja atau panas. Sementara itu daya reaktif Q dipergunakan untuk pembangkitan fluks pada belitan (trafo, generator) untuk keperluan pembangkitan tegangan induksi. Daya reaktif ini di generator sangat diperlukan untuk mengatur tegangan pendorong arus ke beban, tetapi di pihak beban dapat timbul daya reaktif karena beban induktif atau saluran induktif, sehingga perlu dibatasi atau ditiadakan, misalnya dengan kompensasi kapasitif.

HUBUNGAN VA, WATT DAN VAR (1)

ARUS MEDAN / FLUKS PENENTU DAYA REAKTIF

Hubungan daya semu $S(VA)$, daya riil $P(WATT)$ dengan daya reaktif $Q (VAr)$ dapat dinyatakan dengan adanya pengertian sudut pergeseran daya dalam segitiga daya sebagai berikut :



Gambar 1 : Segitiga daya

Gambar 1 : Diagram segitiga daya VA adalah daya semu yang disediakan oleh sumber daya, diukur dalam satuan VA, kVA dan MVA. WATT adalah daya riil yang setara dengan energi yang dapat dimanfaatkan beban, diukur dalam satuan Watt, kW atau MW. VAr adalah daya reaktif yang timbul karena reaktans beban atau saluran pada batas VA tertentu yang menyebabkan pergeseran faktor daya, diukur dengan satuan VAr, kVAr atau MVAr.

HUBUNGAN VA, WATT DAN VAR (2)

Kapasitas Watt yang dapat diserap beban dan VAr yang timbul pada batas VA tertentu tergantung faktor daya beban, dengan hubungan :

$$\text{WATT} = \text{VA} \cos \varphi \dots \quad (6)$$

$$V_{\text{Ar}} = V_A \sin \phi \dots \quad (7)$$

PRINSIP PENGENDALIAN BEBAN

Ditinjau dari sisi generator pengendalian beban, Prinsipnya pengendalian daya aktif dengan pengendalian governor pengatur pemasukan bahan bakar ke penggerak mula dan pengendalian daya reaktif dengan cara pengendalian arus medan lewat fasilitas AVR (Automatic Voltage Regulator).

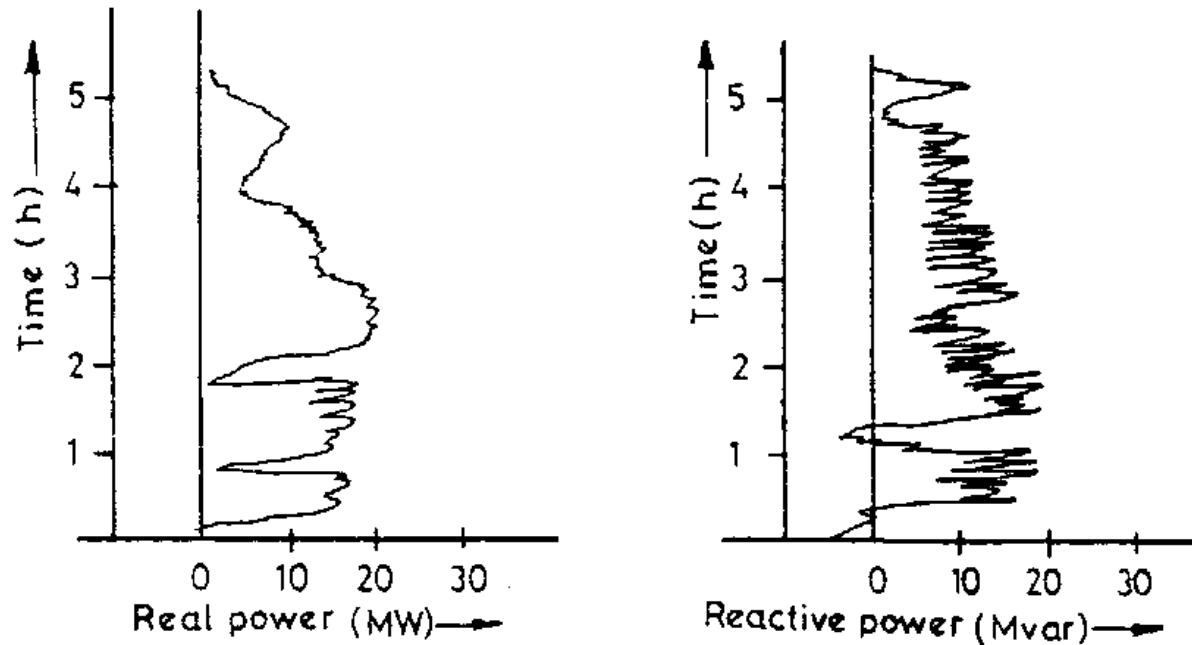
PEMASUKAN BEBAN (Reloading)

1. Apabila akan membebani generator, maka perlu diperkirakan prosen pembebangan terhadap kapasitas generator. Setelah prosentase beban diketahui, selanjutnya diperkirakan drop tegangan yang akan terjadi, berdasar setelan governornya. Di dalam kehidupan praktis, sebelum dibebani tegangan keluaran generator dinaikkan sedikit di atas referensi dengan cara menaikkan putaran sedikit di atas putaran nominal, dan menyetel AVR, sehingga setelah dibebani, tegangannya bernilai sekitar referensi. Hal ini diperlukan agar dip tegangan yang terjadi tidak menyebabkan kegagalan operasi pada sisi beban (misal kontaktor jatuh akibat dip tegangan).
2. Setelah beban tersambung, setel kembali governor dan AVR sehingga tegangan keluaran generator bernilai nominal.

PERUBAHAN BEBAN (1)

Penambahan beban mendadak akan menyerap daya poros mendadak. Jika serapan beban tidak bisa dipenuhi oleh poros maka poros menunggu pasokan daya dari penggerak mula, yaitu setelah penggerak mula mendapat pasokan tambahan bahan bakar. Indikasi yang tampak pada poros, terjadinya penurunan kecepatan atau putaran. Indikasi yang terjadi pada sistem listrik, adanya penurunan frekuensi. Pada masa peralihan, sambil menunggu pasokan daya dari poros, AVR aktif menaikkan tegangan agar mampu mendorong arus menuju beban, sesuai permintaan beban, meskipun frekuensi turun, sambil menunggu daya atau kenaikan frekuensi mencapai nominalnya. Jika penggerak mula tidak mampu memberikan pasokan daya, maka generator tetap akan mencatuh daya dengan frekuensi rendah atau tegangan lebih rendah dari nominalnya. sambil putaran menuju nominal, AVR mengurangi arus medan, sehingga dalam kondisi apapun tegangan keluaran diupayakan stabil oleh AVR. Perhatikan gambar 2. Untuk pengoperasian manual, arus medan dan governor harus diatur oleh operator.

PERUBAHAN BEBAN (2)



Gambar 2. Contoh rekaman daya pada furnace

PELEPASAN BEBAN (Load Sheding)

Kadangkala diperlukan pelepasan beban, baik atas permintaan beban maupun keperluan generator. Perlu diperhatikan jika pelepasan beban mencapai di atas 50% kapasitas generator, akan menyebabkan ayunan tegangan diakibatkan ayunan frekuensi atau putaran. Pembebaan listrik pada Prinsipnya penggereman poros generator. Jika beban besar dilepas mendadak, maka torsi rem pada poros seolah-olah dilepas, sementara itu pasokan bahan bakar atau pasokan daya mekanik lewat poros tetap, sehingga akan terjadi ayunan frekuensi ke atas, yang menyebabkan tegangan naik. hal ini dapat membahayakan beban lain yang belum lepas dari generator, misalnya belitan peralatan terbakar.

WATT-VAR CONTROL (1)

FREKUENSI / PUTARAN POROS PENENTU DAYA RIIL (WATT)

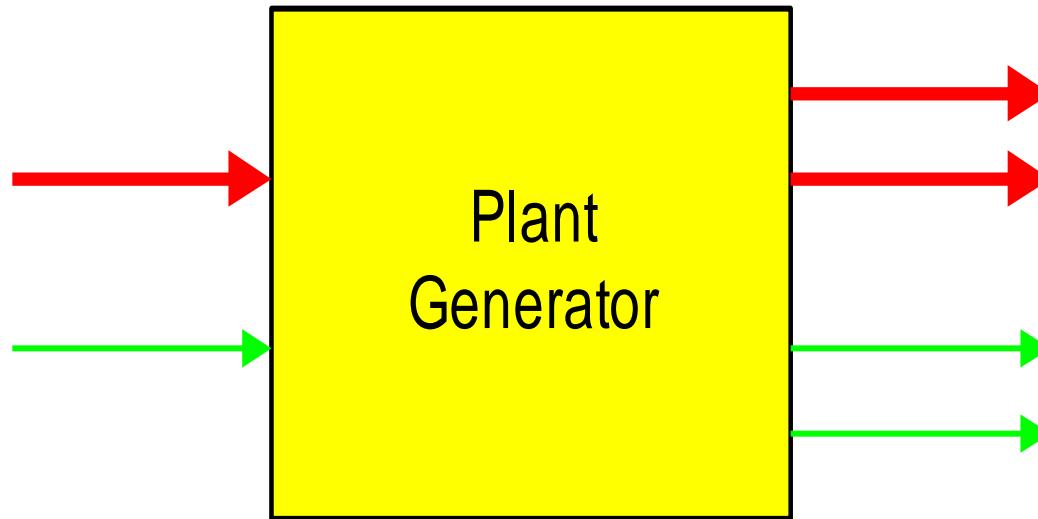
1. Daya riil, daya yang sebanding dengan konsumsi daya bahan bakar. Ditinjau pada sistem generator, daya riil sebagai fungsi putaran poros atau frekuensi listrik pada jangkarnya. Oleh karena itu **fenomena perubahan daya riil atau pengaturan daya riil dapat dipandang sebagai fenomena pengaturan frekuensi atau putaran poros.**
2. Parameter kontrol pada generator

Generator diibaratkan plant yang mempunyai 2 kontrol input dan 4 output.

Kontrol tersebut :

1. kontrol arus medan I_r , untuk kontrol output :
 1. Tegangan generator V_G (volt)
 2. Daya reaktif Q_G (var)
2. kontrol torsi poros (kontrol bahan bakar) T_m , untuk kontrol output :
 1. Frekuensi generator f_G (Hz)
 2. Daya aktif P_G (watt)

WATT-VAR CONTROL (2)



Gambar 1. Parameter kontrol generator

LOAD FREQUENCY CONTROL (1)

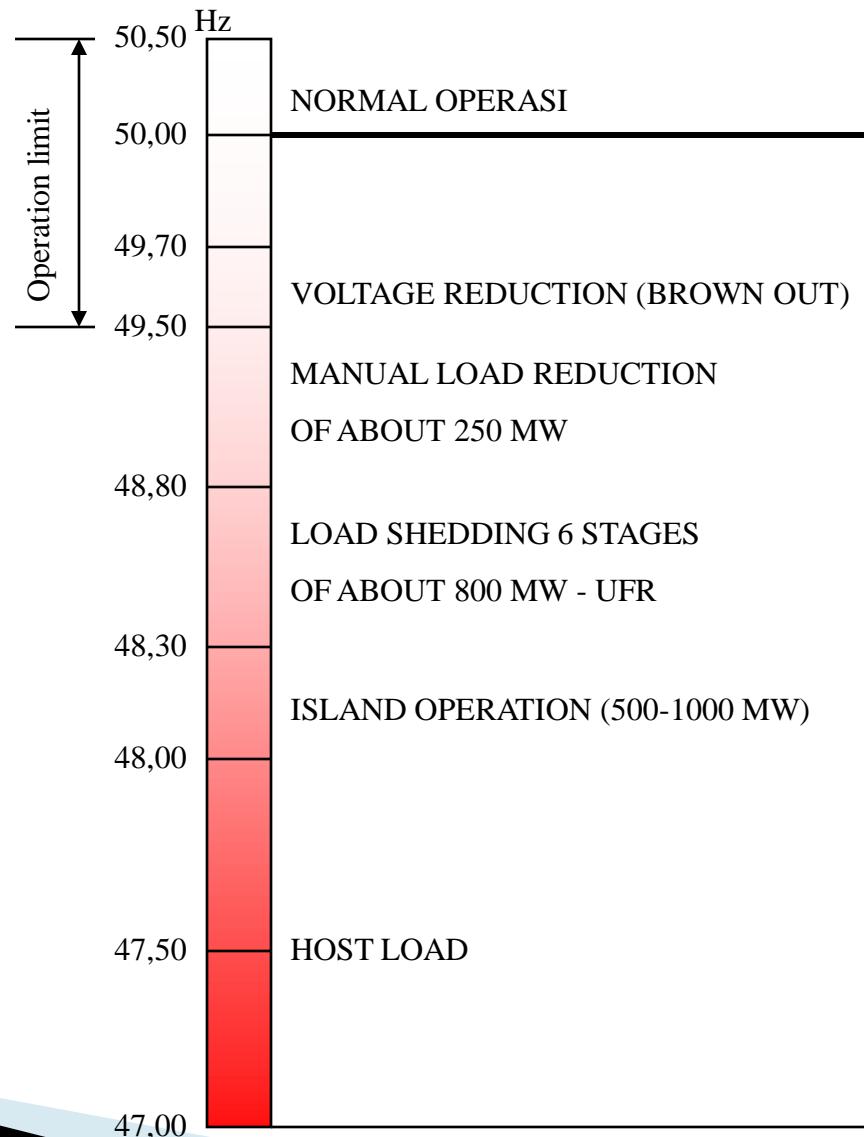
LFC, yaitu suatu ide kendali pembangkitan secara automatis untuk memenuhi setiap perubahan beban dengan cara mengamati perubahan frekuensinya. Kendali ini harus berusaha menata kembali pembangkitan setiap terjadi perubahan beban, yaitu mampu memilih generator mana yang diprioritaskan mengakomodir perubahan tersebut sesuai dengan setelan governornya. Untuk itu, biasanya diperlukan peralatan tambahan yang mendukung kemampuan regulasi governor tersebut

LOAD FREQUENCY CONTROL (2)

Kriteria awal yang dipersyaratkan bagi pengoperasian sistem :

1. Pembangkitan daya untuk memenuhi total kebutuhan beban harus memadai.
2. Frekuensi sistem harus dapat dipertahankan pada nilai yang tepat.
3. Tegangan sistem harus dapat dipertahankan pada batas-batas tertentu.
4. Dalam kasus interkoneksi, aliran daya pada T-bus harus dipertahankan pada nilai tertentu.

KAWASAN FREKUENSI

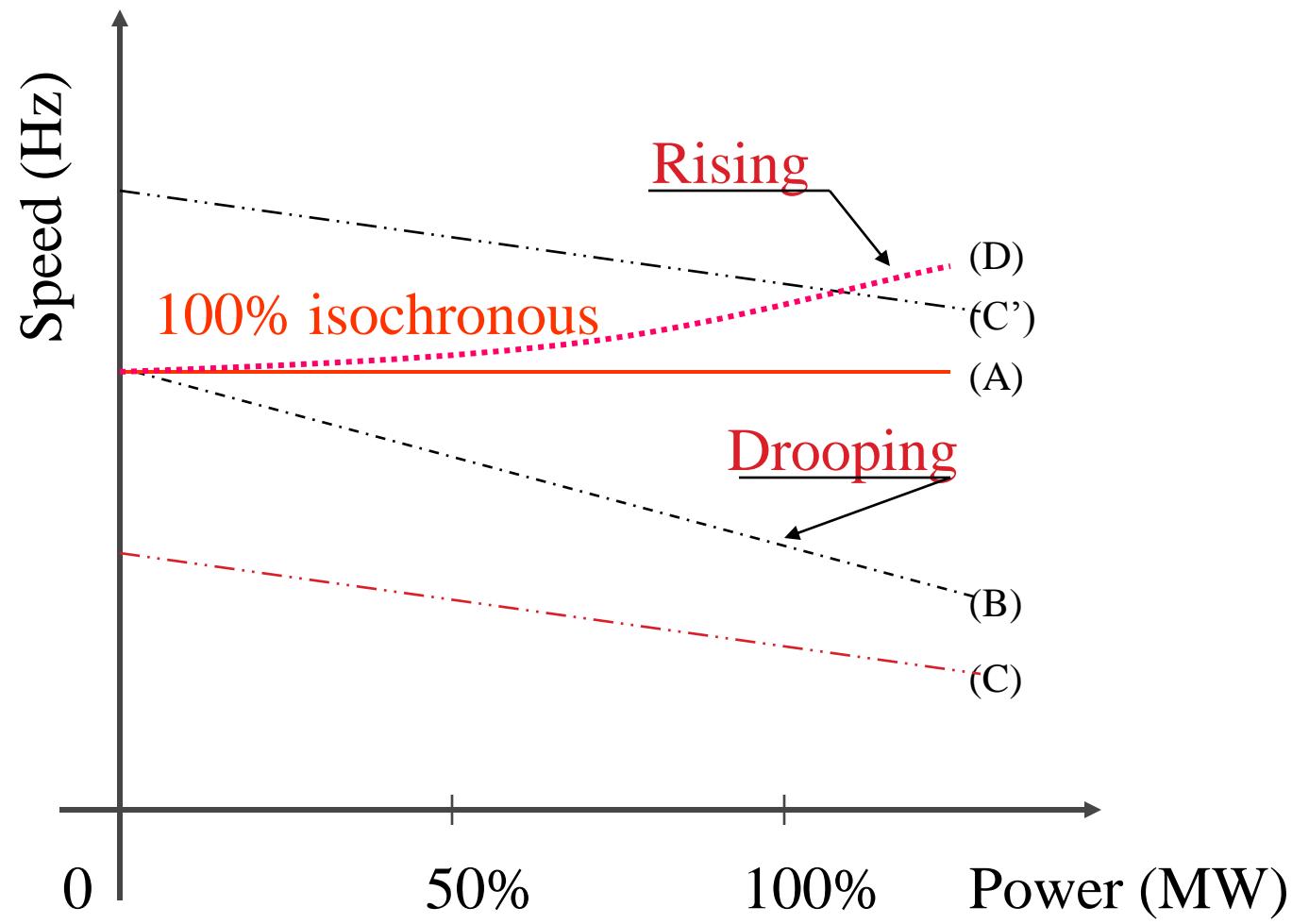


KARAKTERISTIK GOVERNOR (1)

Speed governing mechanism meliputi bagian :

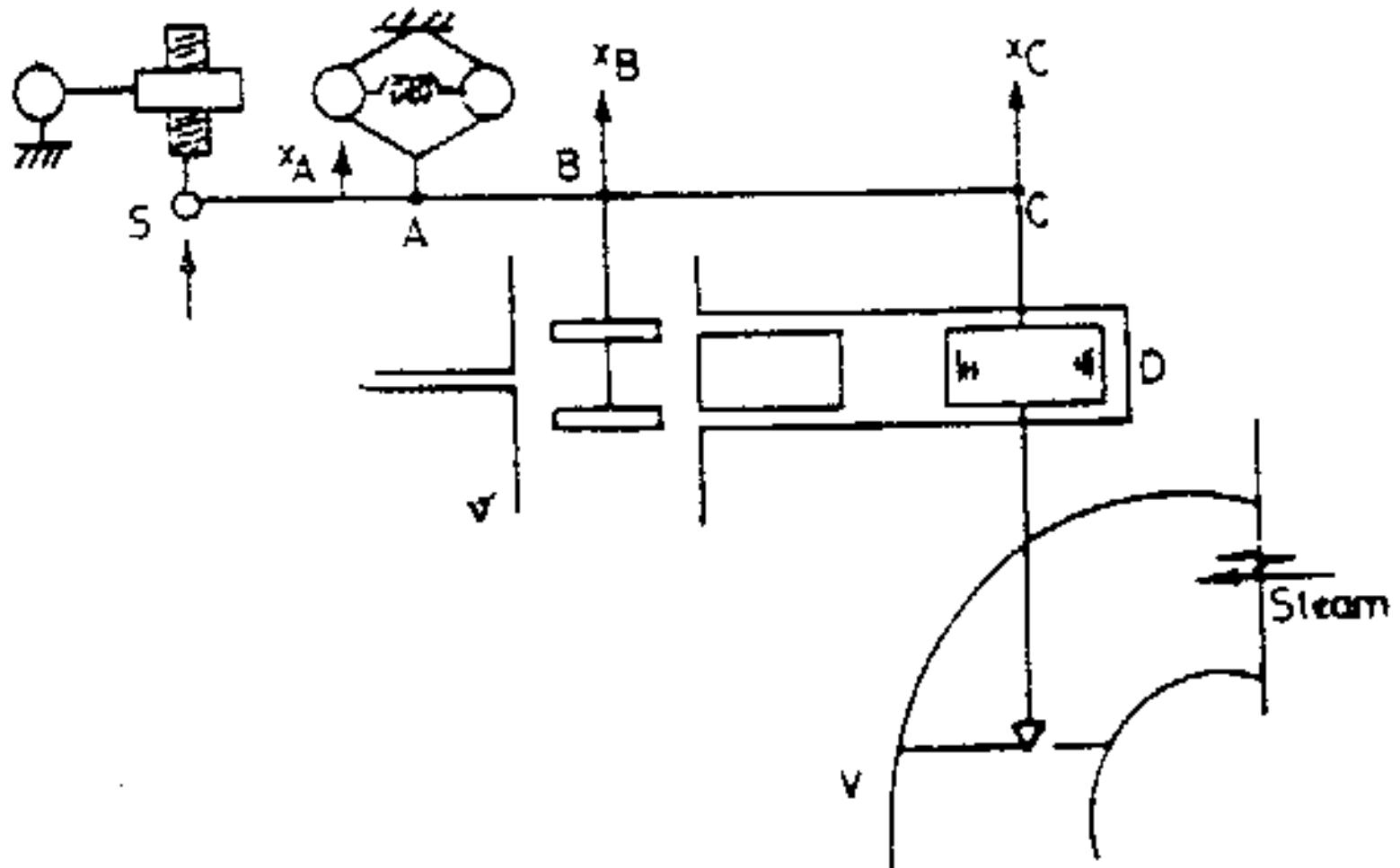
1. **Speed governor** : peralatan yang mendekripsi sinyal error pada load frequency control
2. **Governor control Valve** : kendali valve masuk turbin, dikendalikan speed control mechanism.
3. **Speed Control Mechanism** : peralatan pendukung kontrol, seperti lever, linkage, servomotor, amplifying device, and relay yang ditempatkan antara speed governor dan governor control valve.
4. **Speed changer** : menggerakkan speed governing system untuk mengatur kecepatan turbo generator dalam keadaan operasi.

KARAKTERISTIK GOVERNOR (1)



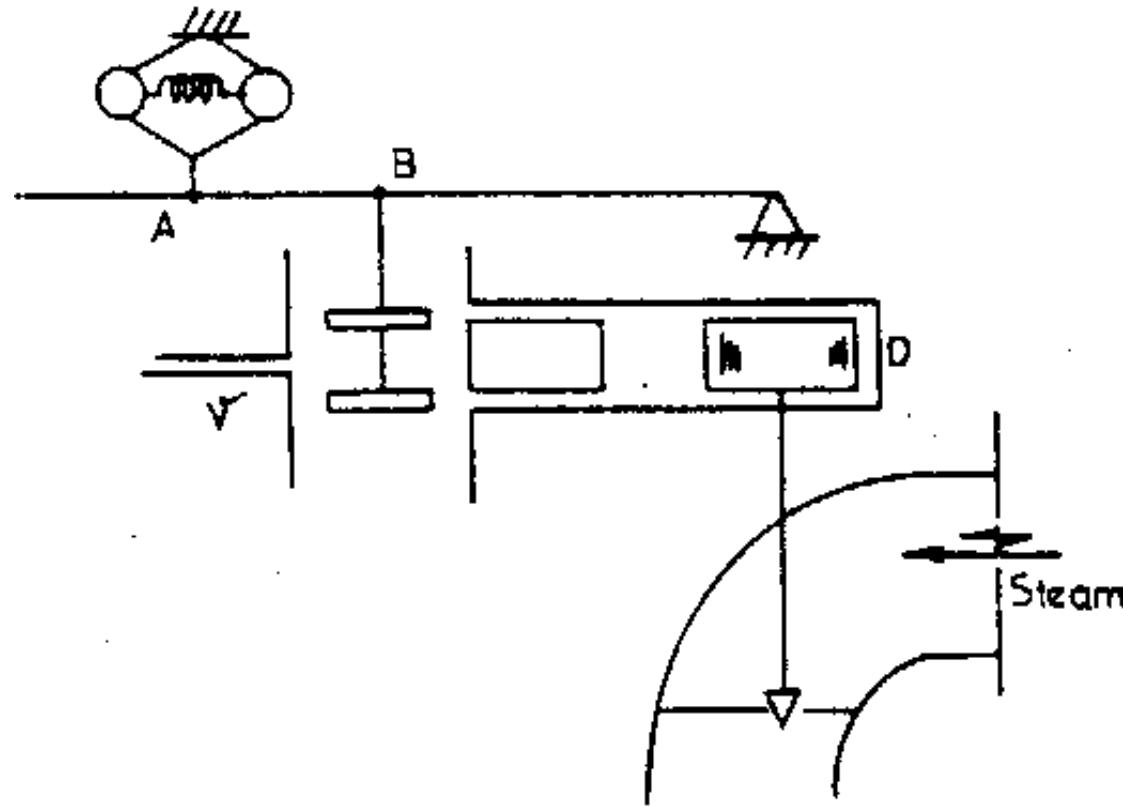
Gambar 4. Karakteristik Governor
toto_sukisno@uny.ac.id

GOVERNOR TURBO GENERATOR



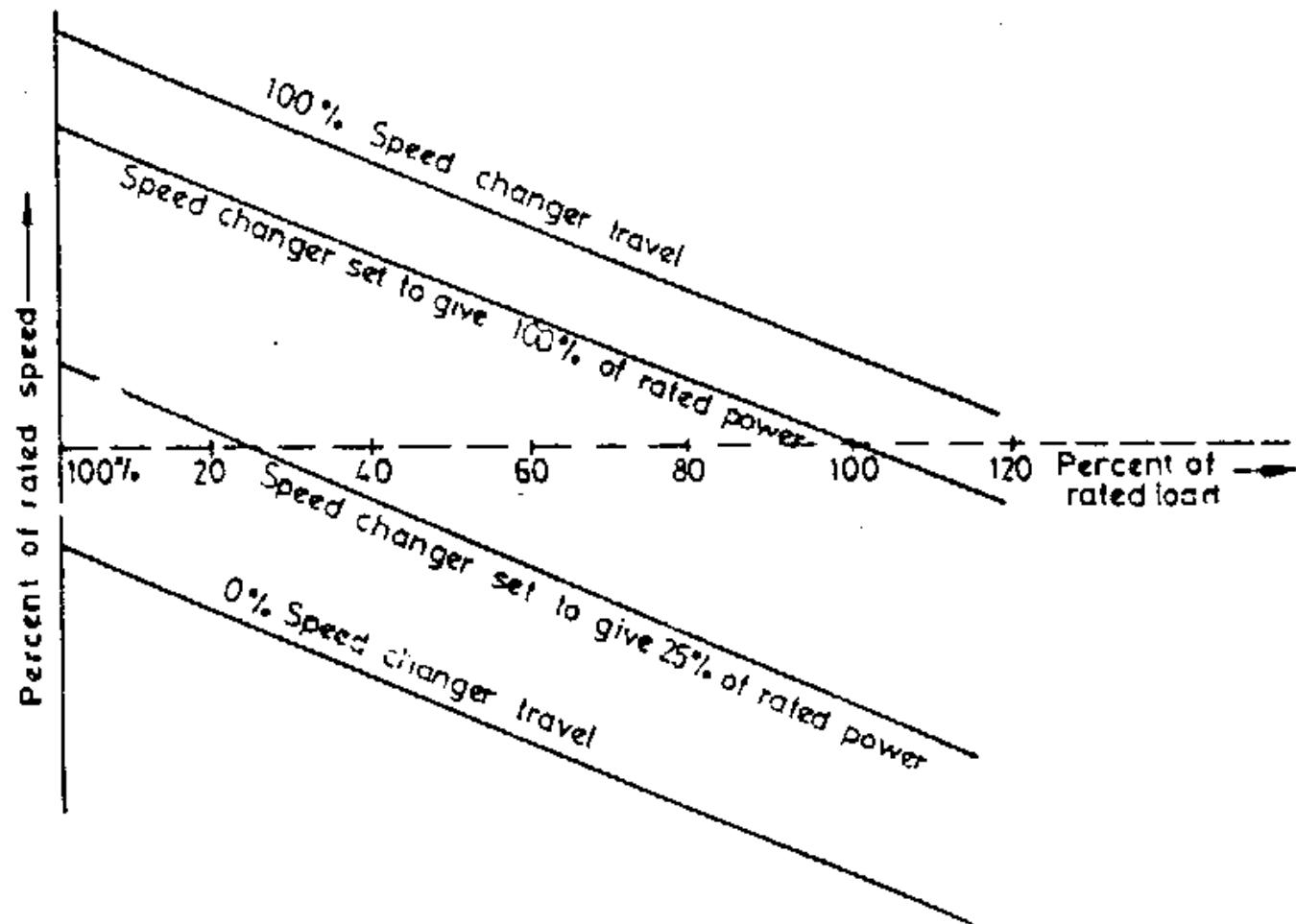
Gambar 2. Governor turbo generator

ISOCHRONOUS GOVERNOR



Gambar 3. Isochronous Governor

SETTING KECEPATAN



Gambar 6. Setting kecepatan sebagai fungsi daya output

PENGENDALIAN DAYA REAKTIF (1)

ARUS MEDAN / FLUKS PENENTU DAYA REAKTIF

Daya reaktif, daya penyeimbang untuk mempertahankan batas-batas tegangan keluaran (pada generator), atau sebagai daya peredam karena reaktans beban atau saluran. Sekalipun daya ini tidak bisa diubah menjadi energi kerja, tetapi keberadaannya pada generator sangat diperlukan untuk men-stabilkan tegangan, khususnya pada masa peralihan saat terjadi perubahan beban, sementara itu belum diikuti oleh perubahan daya riil. Peran daya reaktif men-stabilkan tegangan agar tegangan tersebut mampu mendorong arus ke beban. Pengubahan daya reaktif pada generator dilakukan dengan mengubah arus eksitasi belitan medannya. Oleh karena itu **fenomena perubahan daya reaktif atau pengaturan daya reaktif dapat dipandang sebagai fenomena pengaturan fluks medan atau pengaturan arus eksitasi medan.**

PENGENDALIAN DAYA REAKTIF (2)

1. Dari sudut pandang generator

Daya reaktif di dalam generator berguna untuk :

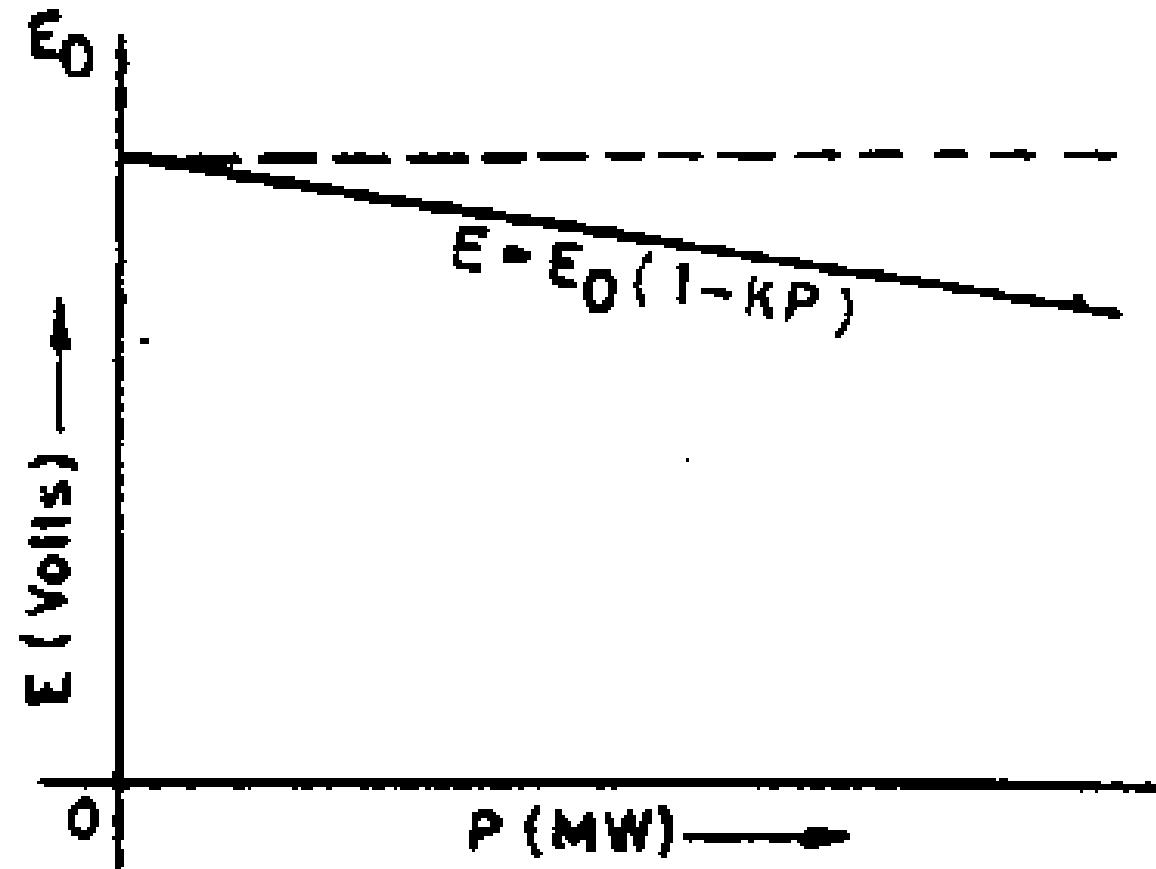
- menghasilkan tegangan induksi,
- menstabilkan tegangan keluaran,
- mengatur daya saat peralihan

2. Dari sudut pandang beban

Daya reaktif pada beban berdampak :

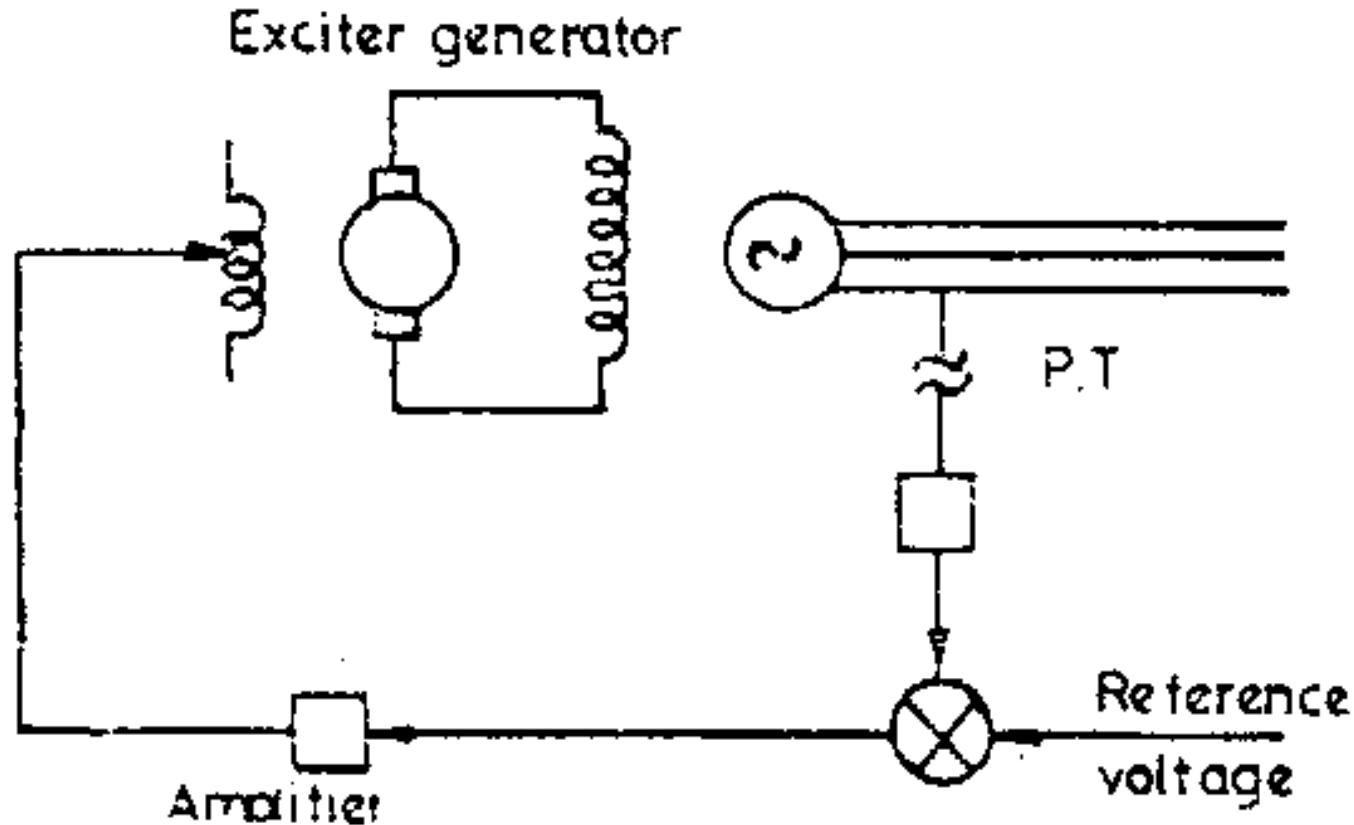
- menyebabkan drop tegangan,
- menahan arus masuk beban (untuk beban induktif),
- mengkompensasi daya reaktif (kompensator C)

KARAKTERISTIK AVR



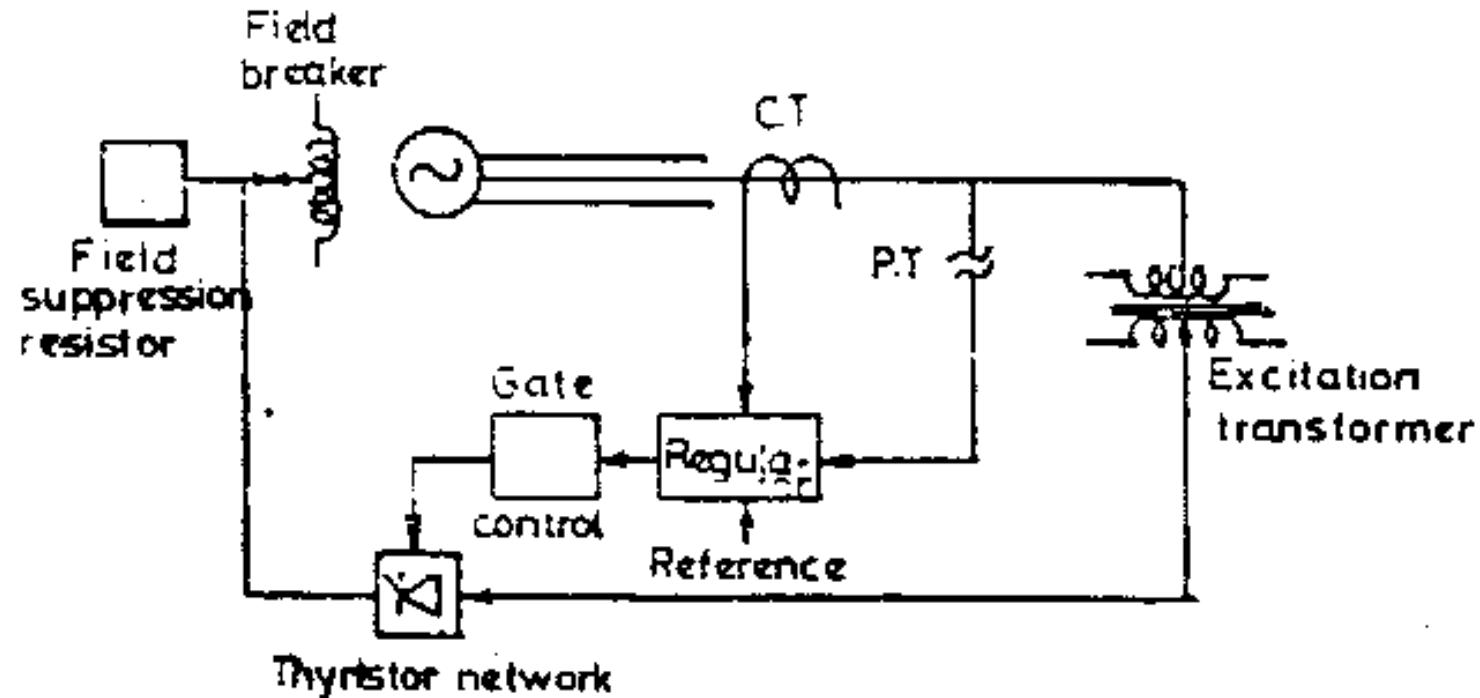
Gambar 9. Karakteristik Regulator Tegangan

KONTROL EKSITASI



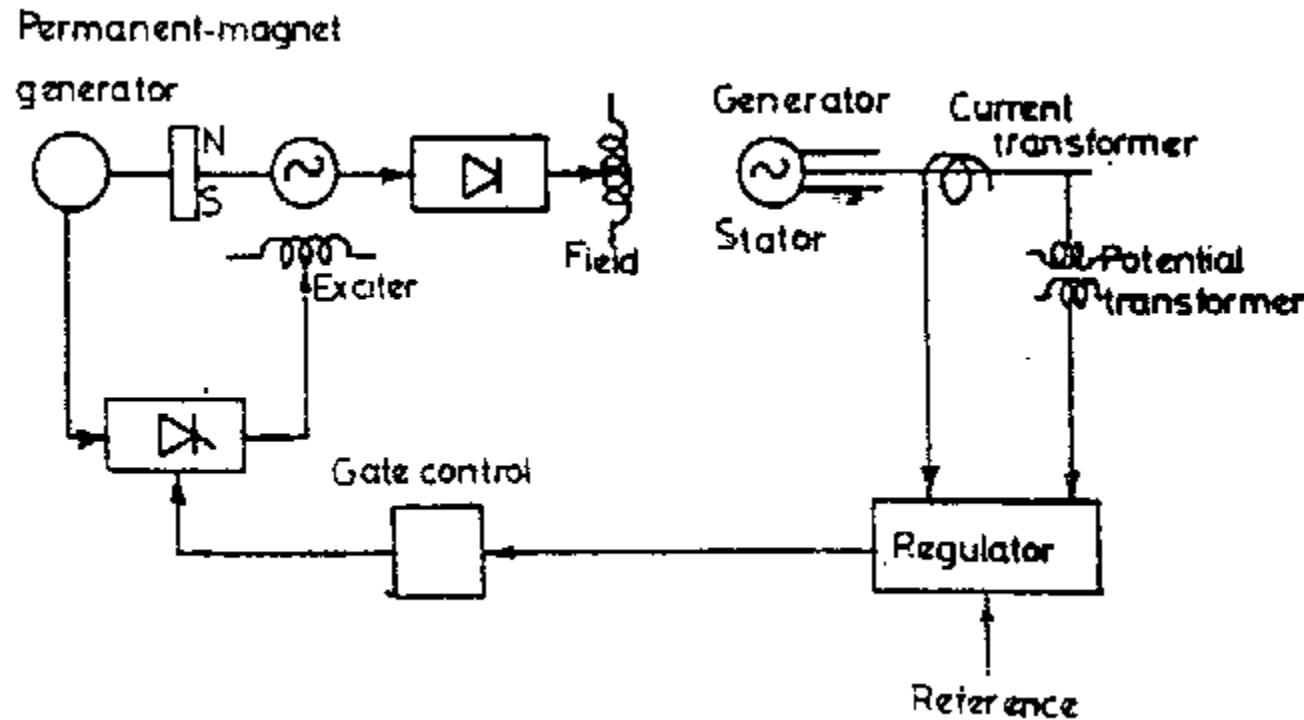
Gambar 11. Kontrol Eksitasi

KONTROL EKSITASI SECARA STATIK



Gambar 12. Kontrol eksitasi secara statik

BRUSHLESS SYSTEM



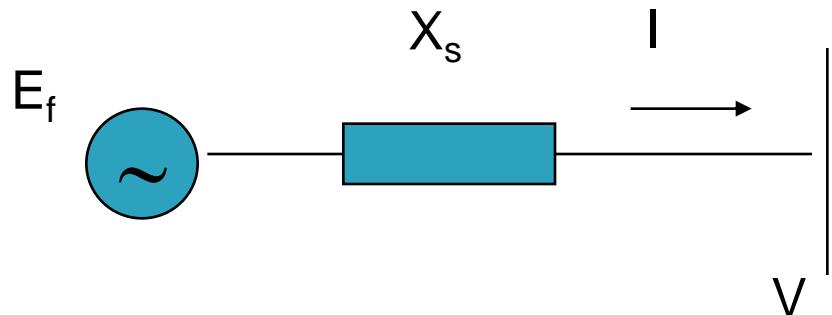
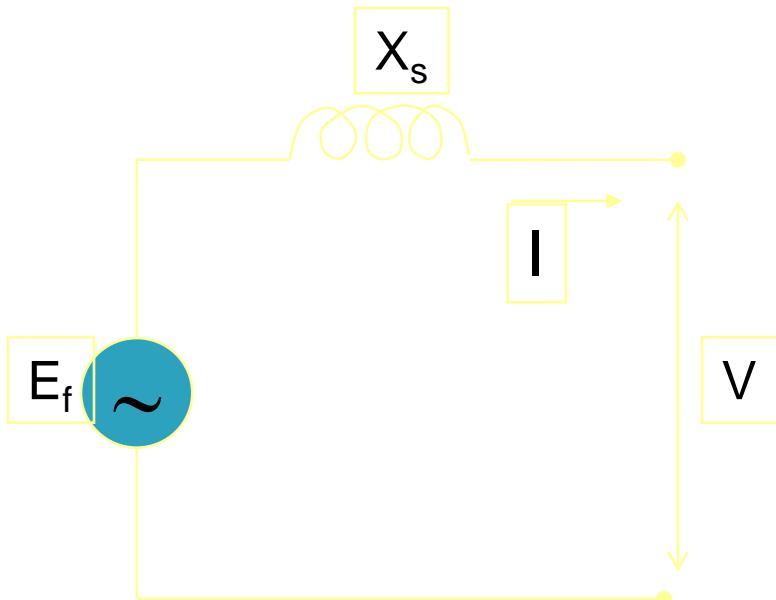
Gambar 13. Brush less system

FENOMENA PEMBEBANAN

Secara umum fenomena pembebanan dapat ditinjau dari dua keadaan :

1. Keadaan mantap / kuasistatik : Nilai beban riil dan reaktif sebagai fungsi tegangan, sementara itu frekuensi dianggap tetap.
2. Keadaan dinamis / peralihan : Nilai daya riil dan reaktif tidak hanya fungsi tegangan, dan frekuensi, tetapi juga fungsi derivatifnya.

OPERASI KEADAAN MANTAP

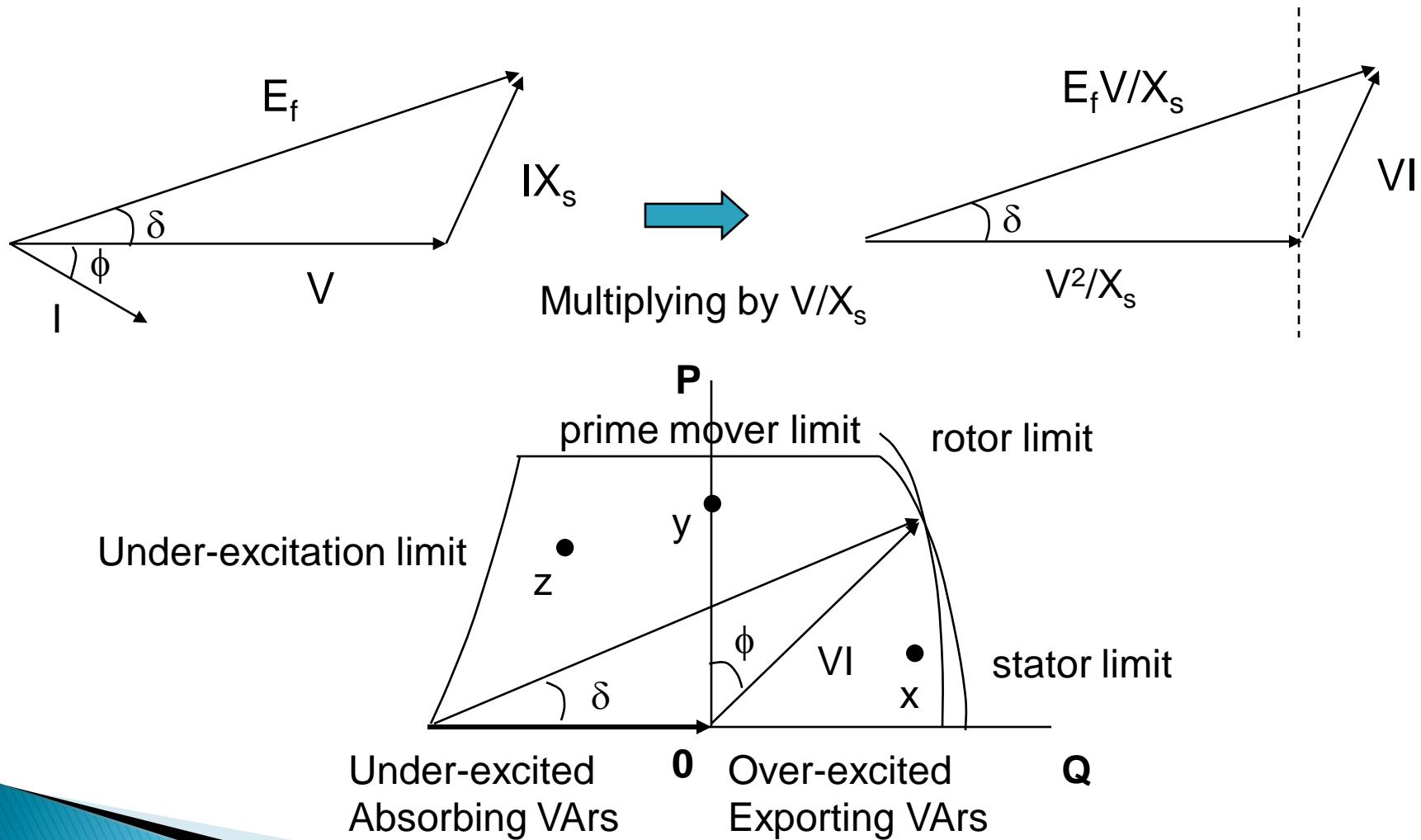


One line diagram distributed generator

$$V = E_f - j I X_s$$

Untai ekivalen

BAGAN OPERASI GENERATOR terhubung bus infinite



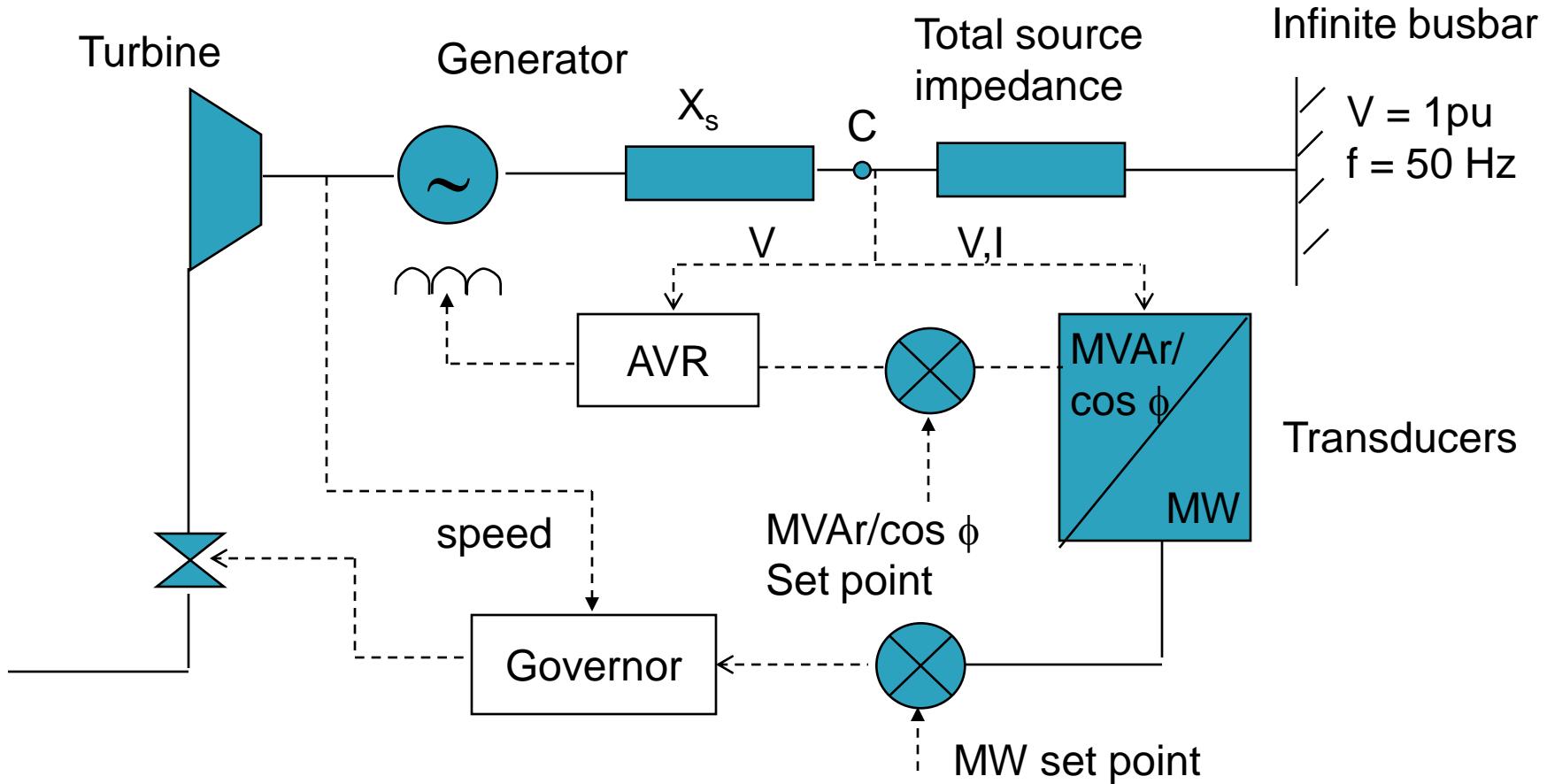
BATAS OPERASI

- i. The maximum power available from the prime over
- ii. The maximum current rating of the stator
- iii. The maximum excitation
- iv. The minimum excitation for stability and or stator end winding heating

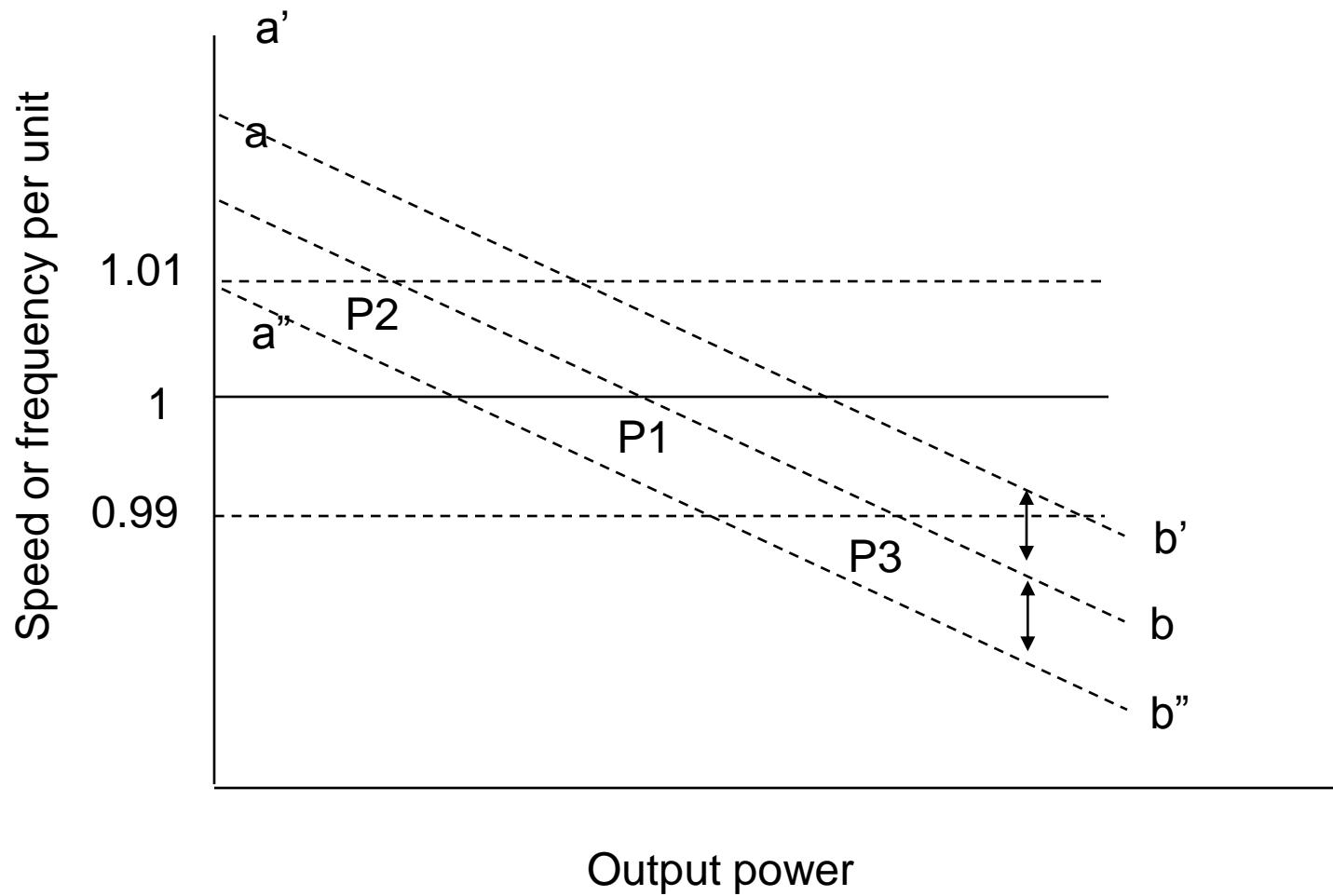
The operating chart illustrated that sg connected to an infinite bus bar of fixed voltage and frequency has essentially independent control over real and reactive power.

Real power is varied by adjusting the torque on the shaft and hence rotor angle. Reactive power is adjusted by varying the filed current and hence the magnitude E_f .

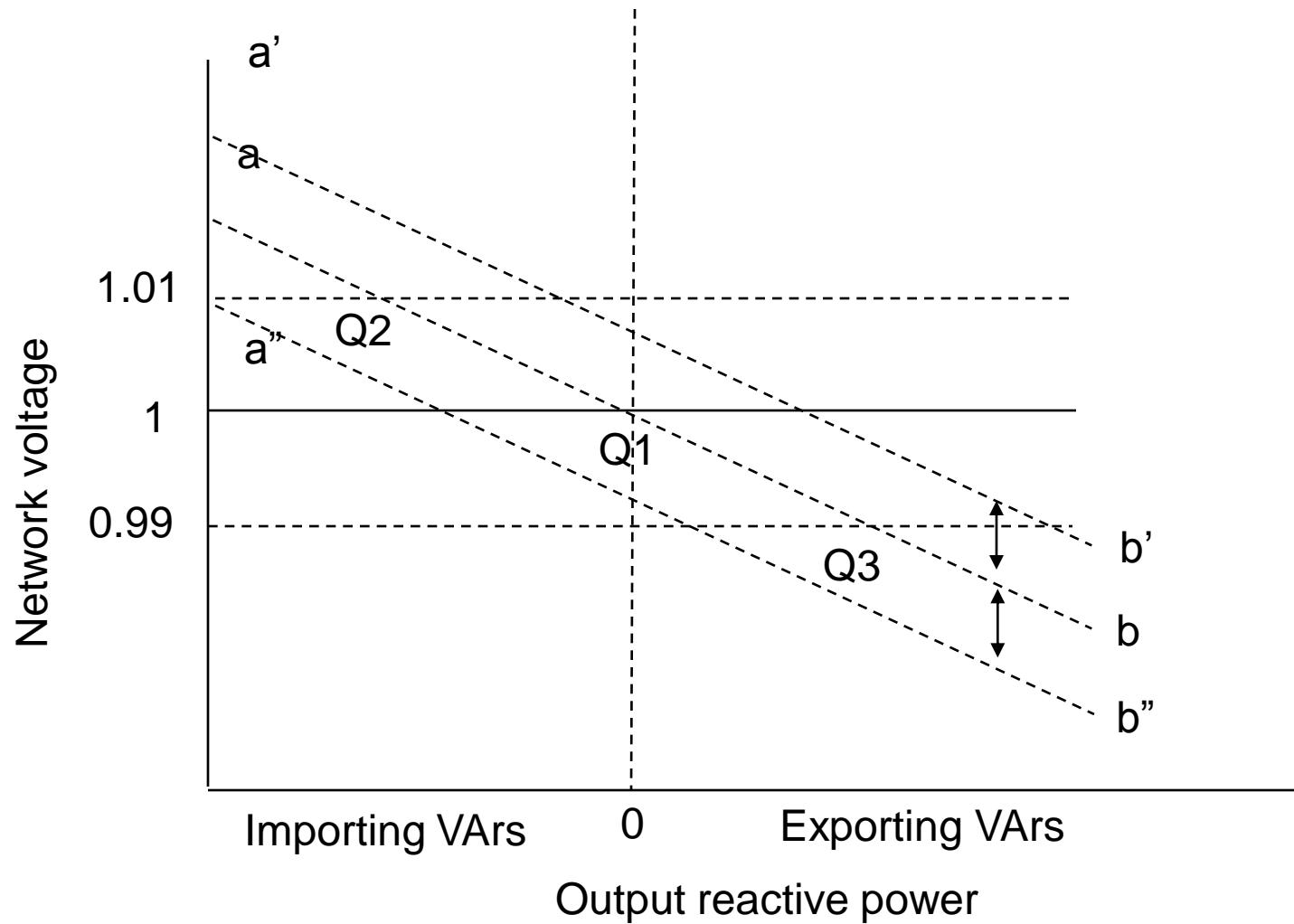
KONTROL OPERASI



Control of an Embedded Generator



Conventional governor droop characteristic

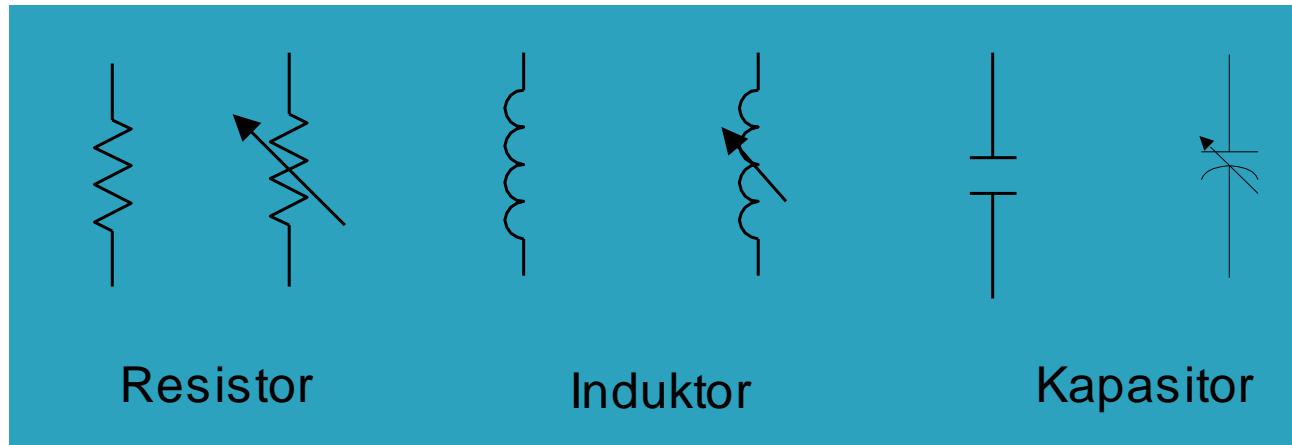


Quadrature droop characteristic for generator excitation control

KONFIGURASI BEBAN (1)

1. Jenis peralatan beban dapat berupa lighting, heating, welding, furnace, atau static electrical installations. Impedans beban Z dapat bersifat impedans resistif, induktif, kapasitif atau gabungan baik terangkai seri maupun paralel.
2. Sifat beban resistif R, arus sefase dengan tegangannya atau dengan istilah lain faktor daya 1.
3. Sifat beban induktif L, arus tertinggal terhadap tegangan, dengan faktor daya tertinggal (lagging), dan
4. Sifat beban kapasitif C, arus mendahului tegangan, dengan faktor daya mendahului (leading).

KONFIGURASI BEBAN (2)

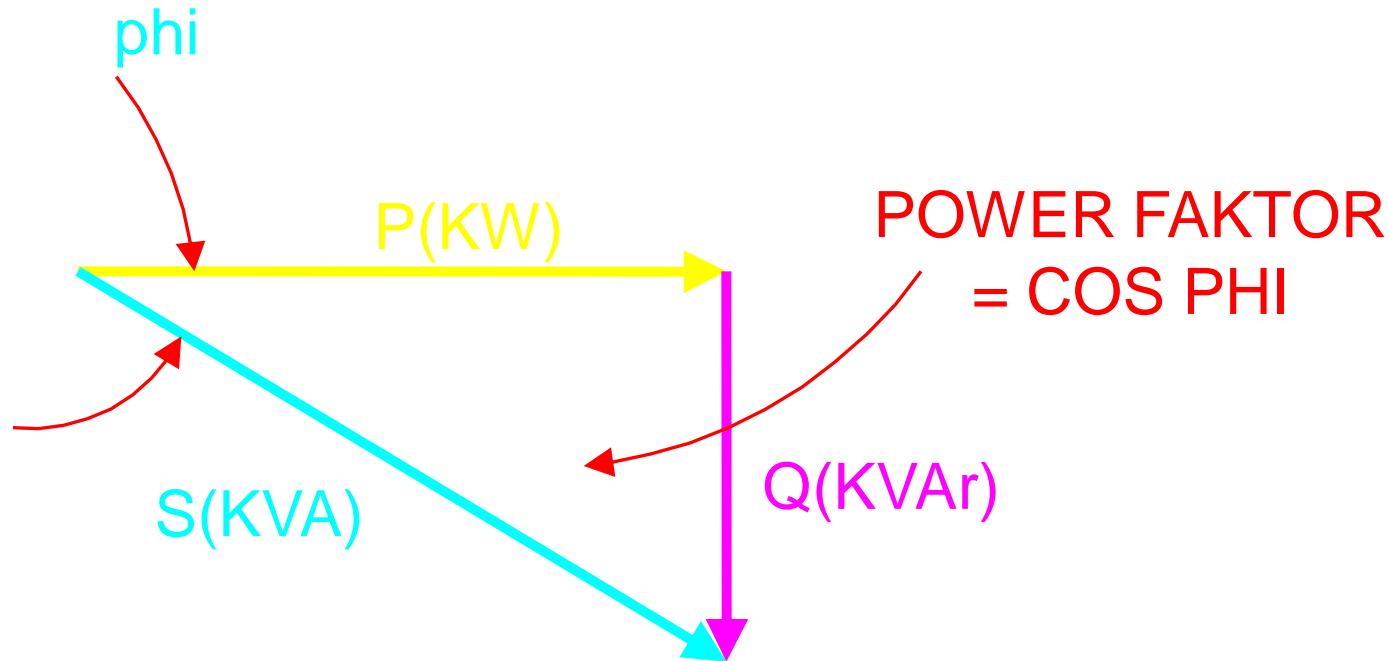


Selanjutnya pengaturan beban generator dapat dilakukan dengan cara :

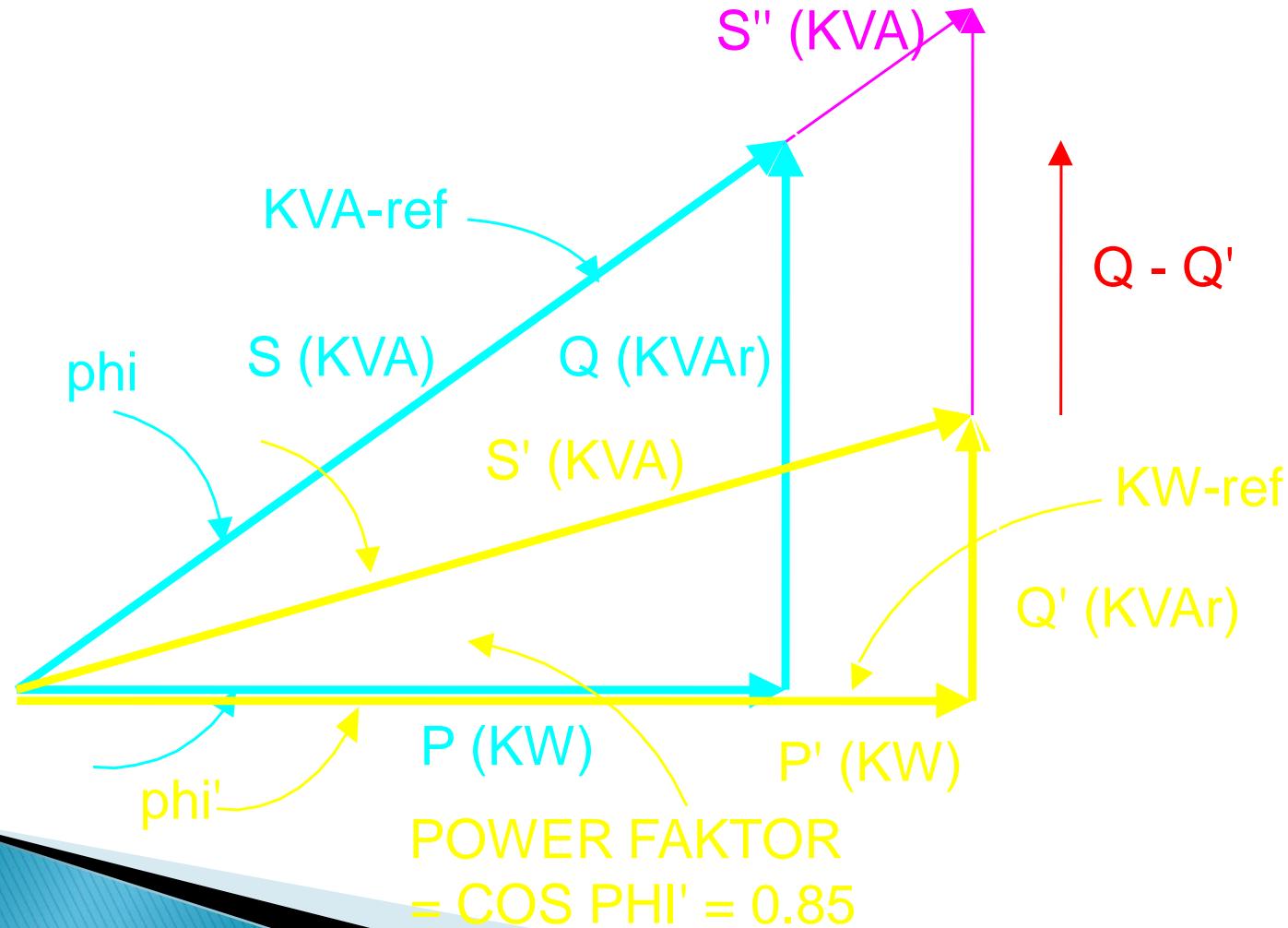
1. Pengaturan beban riil dengan pengaturan frekuensi, dengan metode Load Frequency Control.
2. Pengaturan beban reaktif dengan pengaturan arus medan, dengan metode Reactive Power Control.
3. Perbaikan faktor daya (Power factor Correction)

POWER FACTOR CORRECTION (1)

Prinsip parameter faktor daya listrik



POWER FACTOR CORRECTION (2)



APLIKASI KAPASITOR

Misal daya terpasang 1300 VA

Lampu	Kapasitor	Faktor daya	Daya VA	Jumlah
TL 10W	Tanpa	0,40	25,00	52
	2,25 uF	0,95	10,52	123
TL 15W	Tanpa	0,46	32,60	39
	2,25 uF	0,85	17,65	73
TL 20W	Tanpa	0,56	35,71	36
	3,25 uF	0,95	21,05	61
TL 40W	Tanpa	0,56	71,43	18
	4,50 uF	0,85	47,06	27

SEKIAN

