* "ORDER" dari SISTEM

Order dari suatu sistem/sistem kendali, dapat dilihat dari model Nisbah-Alih-nya.

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)} = \frac{b_m s^m + b_{m-1} s^{m-1} + b_{m-2} s^{m-2} + \dots + b_1 s + b_0}{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + a_{n-2} s^{n-2} + \dots + a_1 s + a_0}$$

m, n bilangan bulat. 0, 1, 2, 3, ..., $\boxed{m \leq n}$

$a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ koefisien REAL

$b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ koefisien REAL

Order dari sistem ditentukan oleh derajat polynomial penyebut, yaitu n. Jadi sistem di atas adalah sistem order ke-n

Contoh:

* "Double Integrator" $G(s) = \frac{1}{s^2}$ adalah sistem order kedua (second order)
* "Phase Compensator" $H(s) = \frac{s+a}{s+b}$ adalah sistem order pertama (first order)
* "Sistem Kendali dengan Kompensator" $G_T(s) = \frac{s+a}{s^3+bs^2+s+a}$ adalah sistem orde ketiga (third order system)

Catatan:

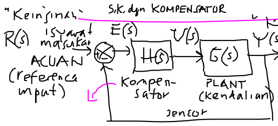
Sistem order ketiga atau yang lebih tinggi, selalu bisa diuraikan menjadi sistem orde pertama dan/atau sistem orde kedua

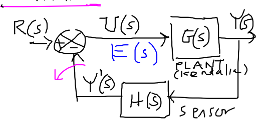
next: "POLE" dan "ZERO"

Bab III Istilah-istilah Khusus

* Sistem Kendali dengan KOMPENSATOR dan Sistem Kendali dengan UMPAN-BALIK

"Keinginan" S.K. dgn KOMPENSATOR "Kenyataan" S.K. dgn UMPAN-BALIK





Pada sistem kendali dengan kompensator, isyarat kendali $U(s)$ dihasilkan dari "kompensator" isyarat selisih ($E(s)$, error)

$$E(s) = R(s) - Y(s)$$

$$U(s) = H(s).E(s)$$

$$= H(s)\,[R(s) - Y(s)]$$

$$Y(s) = G(s).U(s)$$

$$= G(s).H(s)\,[R(s) - Y(s)]$$

$$= G(s).H(s).R(s) - G(s).H(s).Y(s)$$

$$Y(s) + G(s)H(s).Y(s) = G(s).H(s).R(s)$$

$$[1 + G(s)H(s)]\,Y(s) = G(s).H(s).R(s)$$

$$\boxed{G_T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G(s).H(s)}{1 + G(s)H(s)}}$$

Pada Sistem Kendali dengan umpan-balik, isyarat kendali $U(s)$ merupakan selisih antara masukan acuan $R(s)$ dengan manipulasi keluaran $Y(s)$

$$E(s) = U(s) = R(s) - Y'(s)$$

$$U(s) = R(s) - H(s).Y(s)$$

$$Y(s) = G(s)\,U(s)$$

$$= G(s)\,[R(s) - H(s)\,Y(s)]$$

$$= G(s).R(s) - G(s)\,H(s)\,Y(s)$$

$$Y(s) + G(s)H(s)\,Y(s) = G(s).R(s)$$

$$[1 + G(s)H(s)]\,Y(s) = G(s).R(s)$$

$$\boxed{G_T(s) = \frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}}$$

Istilah-istilah

* Nisbah Alih Daur Terbuka
  Open-loop Transfe Fuction (OLTF)
* Nisbah Alih Daur Tertutup
  Closed-loop Transf Function
* Persamaan Karakteristik
  Characteristic Equation

sama² $G(s)H(s)$

$G_T(s) = \frac{G(s)H(s)}{1+G(s)H(s)}$ (s.k dg. KOMPENSATOR)

$G_T(s) = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}$ (s.k. UMPAN BALIK)

sama² $1 + G(s)H(s) = 0$

Contoh soal

Suatu kendalian "double integrator" ($G(s) = \frac{1}{s^2}$) dikendalikan dengan "phase-compensator" $H(s) = \frac{s+a}{s+b}$.

phase lead/lag

Tentukanlah.
* OLTF
* CLTF
* Persamaan Karakteristiknya

* OLTF. $G(s)H(s) = \frac{1}{s^2}\,\frac{s+a}{s+b} = \frac{s+a}{s^2(s+b)}$
* CLTF. $G_T(s) = \frac{G(s)H(s)}{1+G(s)H(s)} = \frac{\frac{s+a}{s^2(s+b)}}{1+\frac{s+a}{s^2(s+b)}} = \frac{s+a}{s^3+bs^2+s+a}$
* Pers. karakteristik, $1 + G(s)H(s) = 0$

$$1 + \frac{1}{s^2}\,\frac{s+a}{s+b} = 0 \longrightarrow 1 + \frac{s+a}{s^3+bs^2} = 0 \rightarrow s^3+bs^2+s+a = 0$$

Bagaimana jika $H(s) = \frac{s+a}{s+b}$ ditempatkan pada umpan balik

* Pole dan Zero

Jika suatu sistem kendali/kendalian dimodelkan dengan nisbah-alih

$$G(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$$

maka nilai-nilai s yang memenuhi (akar-akar) persamaan

$N(s) = 0$, disebut "zero" dari $G(s)$

$D(s) = 0$, disebut "pole" dari $G(s)$

Karena itu, order dari sebuah sistem adalah jumlah pole-nya, dan akar-akar persamaan karakteristik adalah pole-pole dari CLTF-nya (mengapa???)

Contoh: Suatu kendalian "simple integrator" $G(s) = \frac{1}{s}$ dikendalikan dengan kompensator $H(s) = \frac{s+2}{s+3}$.

Tentukan.
(a) Pole dan Zero dari $G(s)$ dan $H(s)$
(b) Pole dan Zero dari OLTF $G(s)H(s)$
(c) Pole dan Zero dari CLTF
(d) Order dari Sistem Kendali
(e) Persamaan Karakteristik dan akar²nya

(a) $G(s) = \frac{1}{s} \longrightarrow$ no zero! Pole, $s = 0 \rightarrow p = 0$

$H(s) = \frac{s+2}{s+3} \longrightarrow$ Zero $s+2=0 \rightarrow z = -2$

Pole $s+3=0 \rightarrow p = -3$

(b) OLTF. $G(s)H(s) = \left(\frac{1}{s}\right)\left(\frac{s+2}{s+3}\right) = \frac{s+2}{s(s+3)}$

Zero $G(s)H(s)$: $s+2=0 \rightarrow z = -2$

Pole $G(s)H(s)$: $s(s+3)=0 \rightarrow p_1 = 0$, $p_2 = -3$

(c) CLTF. $G_T(s) = \frac{G(s)H(s)}{1+G(s)H(s)}$

$$\frac{\frac{s+2}{s(s+3)}}{1+\frac{s+2}{s(s+3)}} \longrightarrow = \frac{s+2}{s^2+3s+s+2} = \frac{s+2}{s^2+4s+2}$$

Zero: $s+2=0$

$z = -2$

Pole: $s^2+4s+2=0$

$$p_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16-8}}{2}$$

$$= -2 \pm \sqrt{2}$$

(d) Jumlah pole CLTF ada 2, maka sistem kendali ini adalah sistem orde KEDUA

e) Akar-akar pers. karakteristik: $1 + G(s)H(s) = 0$

$$1 + \frac{s+2}{s(s+3)} = 0 \longrightarrow s^2+4s+2 = 0$$

$$s_{1,2} = \frac{-4 \pm \sqrt{16-8}}{2}$$

$$= -2 \pm \sqrt{2} \longrightarrow \text{pole}^2 \text{ CLTF}$$