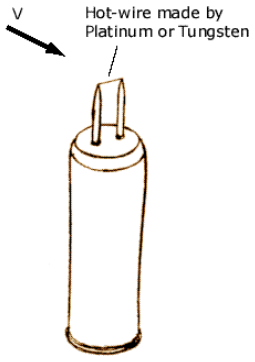
SISTEM ANEMOMETER TEMPERATUR KONSTAN UNTUK PENGUKURAN KECEPATAN FLUIDA

Oleh :

Rainaldo



1. Karakteristik Keadaan Tunak

==========

- Persamaan keseimbangan keadaan tunak untuk sensor kecepatan fluida dengan pemanasan diri adalah :

$$i^2 R_{T_0} = U(v) A (T_0 - T_F)$$

- R_{To} dan T_0 dijaga konstan
- Kecepatan fluida ↑ ➔U(v) ↑➔i ↑, karena iR_{To} ↑ .
- Jadi perubahan tegangan hanya terjadi karena perubahan kecepatan fluida v.

1. Karakteristik Keadaan Tunak

- Hubungan antara persamaan 2 untuk dua dimensi, aliran kalor dari silinder sempit dalam fluida *incompessible* adalah salah satu yang tepat untuk sensor kecepatan fluida, yaitu :

Nu = 0.24 + 0.56 Re0.5

$$\downarrow$$

$$U = \frac{0.24k}{d} + 0.56\left(\frac{\rho\upsilon}{d\eta}\right)^{0.5}$$

$$\downarrow$$

$$U = a + b\sqrt{v}$$

Dimana $a = \frac{0.24k}{d}$ $b = 0.56k\left(\frac{\rho}{d\eta}\right)^{0.5}$

a dan b bergantung pada properti fluida

1. Karakteristik Keadaan Tunak

- Temperatur konstan T sensor :

$$T = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right)$$

- Didapatkan

$$i^2 R = A(a + b\sqrt{v})\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right] \qquad \leftrightarrow E_{out} = iR$$

$$\downarrow$$

$$E_{out}^2 = A(a + b\sqrt{v})\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$$

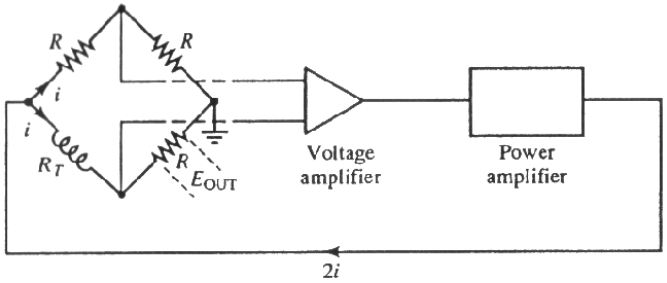
$$\downarrow$$

$$E_{out} = (E_0^2 + \gamma\sqrt{v})^{1/2}$$

Dimana $E_0^2 = AR\alpha\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$ $\gamma = ARb\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$

1. Karakteristik Keadaan Tunak

- Diagram skematik



- R_T dijaga konstan R
- v↑➔R_T↓ T↓ i_A↑ i_T↑ ➔ R_T dan T kembali ke keadaan yang diinginkan

$$T = \frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right)$$

1. Karakteristik Keadaan Tunak

- Didapatkan

$$i^2 R = A(a + b\sqrt{v})\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$$

- Karena E_{OUT} = iR

$$E_{OUT}^2 = A(a + b\sqrt{v})\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$$

- Memberikan

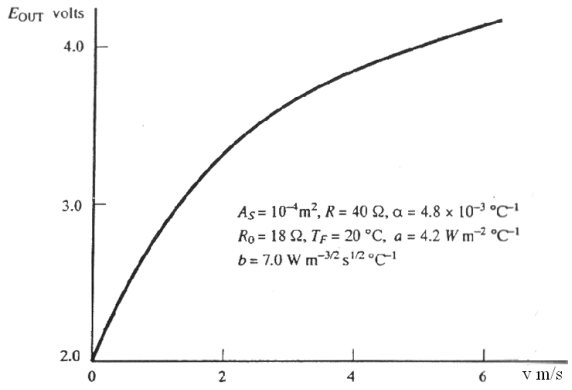
$$E_{OUT} = (E_0^2 + \gamma\sqrt{v})^{1/2}$$

- Dimana

$$E_0^2 = AR\alpha\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right] \qquad \gamma = ARb\left[\frac{1}{\alpha}\left(\frac{R}{R_0} - 1\right) - T_F\right]$$

1. Karakteristik Keadaan Tunak

- Kurva Kalibrasi

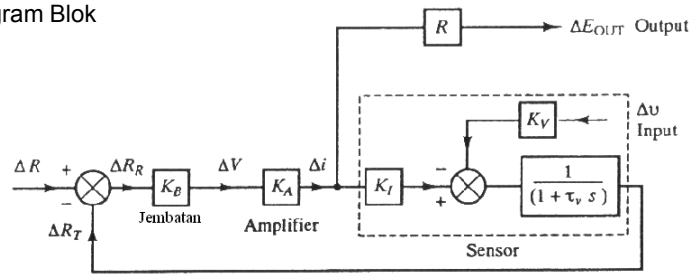


E_0 dan γ disimpan dalam komputer ➔ $v = [(E_{OUT}^2 - E_0^2)/\gamma]^2$

E_0 dan γ tergantung kepada properti fluida

2. Karakteristik Dinamik

- Diagram Blok



Sensor ➔

$$\Delta R_T = \frac{K_I}{(1+\tau_v D)}\Delta i - \frac{K_v}{(1+\tau_v D)}\Delta v$$

Jembatan ➔ $\Delta V = K_B \Delta R_R$

Amplifier ➔ $\Delta i = K_A \Delta V$

Tegangan Keluaran ➔ $\Delta E_{OUT} = R\Delta i$

Perubahan Resultan pada Resistansi Jembatan ➔ $\Delta R_R = \Delta R - \Delta R_T$

$= -\Delta R_T$ (karena $\Delta R = 0$)

2. Karakteristik Dinamik

- Didapatkan

$$\Delta R_T = \frac{-1}{RK_A K_B}\Delta E_{OUT} \qquad \Delta i = \frac{\Delta E_{OUT}}{R}$$

- Dimasukan ke persamaan sensor

$$\frac{-1}{RK_A K_B}\Delta E_{OUT} = \frac{1}{(1+\tau_v D)}\left[\frac{K_I}{R}\Delta E_{OUT} - K_v \Delta v\right]$$

- Disusun ulang ➔ $[(1 + K_I K_A K_B) + \tau_u D]\,\Delta E_{OUT} = K_\theta K_A K_B R \Delta v$
- Memberikan fungsi transfer

$$\boxed{\frac{\Delta \bar{E}_{OUT}}{\Delta \bar{v}}(s) = \frac{K_{ATK}}{1+\tau_{ATK} D}}$$

- Dimana

$$K_{ATK} = \frac{K_v K_A K_B R}{1+K_I K_A K_B} \qquad \tau_{ATK} = \frac{\tau_v}{1+K_I K_A K_B}$$

3. Contoh Kasus

θ_0 = 383 K (110 °C), R_{θ_0} = 150 Ω,
MC = 2.5 x 10-5 J°C^{-1}, A = 10-4 m^2,
$U(v_0)$ = 25 W m-2 °C^{-1}, i_0 = 25 x 10^{-3} A,
K_θ = -4.0 Ω°C^{-1}

- Memberikan

$$\tau_v = \frac{MC}{U(v_0)A - i_0^2 K_\theta} = \frac{2.5\times10^{-5}}{50\times10^{-4}} = 5.0ms \qquad K_I = \frac{2K_\theta i_0 R_{\theta_0}}{[U(V_0)A - i_0^2 K_\theta} = -6\times10^3\,\Omega A^{-1}$$

- Untuk sebuah jembatan 150 Ω dengan tegangan suplai Vs = 7.5 V

$$K_B = \frac{\Delta V}{\Delta R_R} = \frac{1}{4}\frac{V_s}{R} = \frac{1}{4}\times\frac{7.5}{150} = 1.25\times10^{-2} V\Omega^{-1}$$

- $K_A \approx$ -4 A V^{-1}

$$\tau_{ATK} = \frac{5.0}{1+6\times10^3\times1.25\times10^{-2}\times4}ms = \frac{5.0}{301}ms = 17\mu s$$

- *bandwidth* sistem adalah antara 0 dan 1/(2π x 17 x 10^{-6}) Hz