

電氣式 P. I. D. Controller 의 要素

崔 翔 玄*

電氣式 P. I. D. Controller 의 要素

電氣式 調節計에는 指示調節計, 記錄調節計, 偏着指示調節計, 無指示調節計 등이 實用되고 있으며 control mode 에 따라 ON-OFF, P, PI, PD, PID 等 여러가지 형태가 있고 Process 의 特徵에 따라 適當한 mode 의 controller 를 채택하고 있으나 P. I. D. controller 는 他 control mode 로 變化시켜서 使用이 可能하므로 가장 一般의 controller 라 하겠다. 지금 電氣式 P. I. D. controller P. I. D. 의 要素에 對하여 생각하여 보자.

時間 t 의 函數인 i_f, i_d, i_o, e_f 는 어느 한 平衡狀態에서부터 變化가 일어났을 때의 變化分이라 생각하여 Laplace transformation 하면 各 變數의 初期値는 zero 이므로 (1)~(4)式은 다음과 같이 된다.

$$i_s R_p = e_f \tag{3}$$

$$(R_i + R_o) i_s - R_i i_o = 0 \tag{4}$$

$$\left(R_d + \gamma_1 + \frac{1}{C_d S} \right) I_d - \frac{I_o}{C_d S} - \gamma_1 I_f = 0 \tag{1}'$$

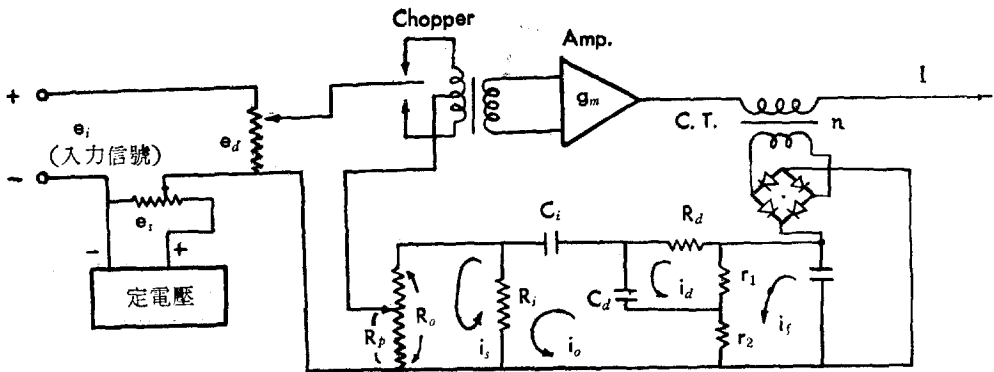


Fig. 1

Fig. 1 과 같이 controller 의 出力信號電流의 變化分을 current transformer n 로 pick up 하여 P. I. D. 要素를 통하여 增幅器의 入力端으로 歸還(Feed back)시키고 있을 때 다음식이 成立한다.

$$i_d (R_d + \gamma_1) + \frac{1}{C_d} \int i_d dt - \int \frac{i_o dt}{C_d} - \gamma_1 i_f = 0 \tag{1}$$

$$\begin{aligned} (\gamma_2 + R_i) i_o + \frac{C_i + C_d}{C_d C_i} \int i_o dt - \frac{1}{C_d} \int i_d dt - \gamma_2 i_f \\ - i_s R_i = 0 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\left(\gamma_2 + R_i + \frac{C_i C_d}{C_d C_i} \right) I_o - \frac{I_d}{C_d S} - \gamma_2 I_f - I_s R_i = 0 \tag{2}'$$

$$I_s R_p = E_f \tag{3}'$$

$$I_s (R_i + R_o) - R_i I_o = 0 \tag{4}'$$

(1)'~(4)' 式을 I_f, E_f 에 對하여 풀면,

* 유니온전기주식회사

$$\frac{E_f}{I_f} = G_f = \frac{\frac{R_p}{R_o}(\gamma_1 + \gamma_2)}{1 + \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + R_d}{R_I} + \left(1 + \frac{\gamma_1}{R_d}\right) \frac{T_d}{T_i}}$$

$$\frac{\left[1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} \left(1 + \frac{\gamma_1}{R_d}\right) T_d S\right]}{+ \frac{1}{T_i S} + \left(1 + \frac{\gamma_1}{R_d}\right) \left(1 + \frac{\gamma_2}{R_I}\right) T_d S} \quad (5)$$

$$\cdot E_d \quad (9)$$

M는 相互干涉係數로써 T_I, T_d 의 함수관계이다.

(9)式 分母의 條3項은 $G_m \gg 1$ 이므로 低周波數域

에서 $\frac{1}{G_m A \cdot T_i S}$ 로 되며,

결국

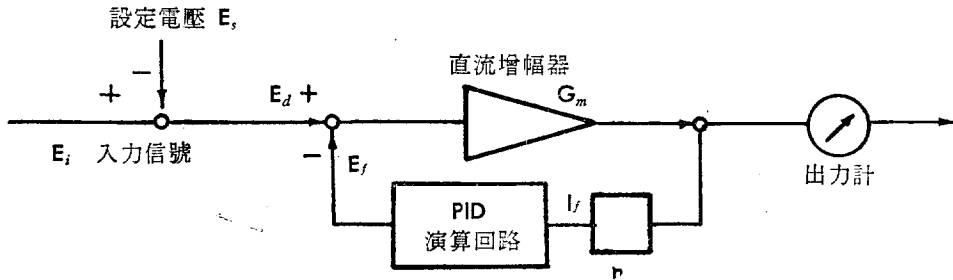


Fig. 2

但, $T_d = C_d R_d$, $T_i = \frac{R_o R_i}{R_o + R_i} C_i$, $R_I = \frac{R_o R_i}{R_o + R_i}$

$$I/E_d = \frac{\frac{M}{A} \left(1 + \frac{1}{MT_i S} + \frac{T_d}{M} S\right)}{1 + \frac{1}{G_m T_i S} + \frac{\gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} T_d S} \quad (10)$$

調節計全體의 transfer function 은 Fig. 1을 Fig.2 처럼 block diagram 으로 表示하던 다음식이 성립한다.

$$E_f = I \cdot n \cdot G_f \quad (6)$$

$$(E_d - E_f) G_m = I \quad (7)$$

(6)(7)式에서 E_f 를 소지하고 G_f 대신 (5)式을 代入하면,

$$I = \frac{G_m \cdot E_d}{\frac{1 + G_m \cdot n \cdot \frac{R_p}{R_o}(\gamma_1 + \gamma_2)}{1 + \frac{\gamma_1 + \gamma_2 + R_d}{R_I} + \left(1 + \frac{\gamma_1}{R_d}\right) \frac{T_d}{T_i}} + \frac{1}{T_i S} + \left(1 + \frac{\gamma_1}{R_d}\right) \left(1 + \frac{\gamma_2}{R_I}\right) T_d S} \quad (8)$$

(8)式에서 $\frac{R_p}{R_o}(\gamma_1 + \gamma_2) \cdot n = A$, $1 + \frac{T_d}{T_i} = M$ 라하면,

$R_i, R_d \gg \gamma_1 \gamma_2$, $R_i > R_d$ 이므로,

$$I = \frac{\frac{M}{A} \left(1 + \frac{1}{MT_i S} + \frac{T_d S}{M}\right)}{1 + \frac{\gamma_2}{\gamma_1 + \gamma_2} T_d S + \frac{M}{G_m A} \left(1 + \frac{1}{MT_i S} + \frac{T_d S}{M}\right)}$$

로 된다.

(10)式의 bode diagram 을그리면 Fig. 3과 같이 되며 微分利得은 $\frac{\gamma_1 + \gamma_2}{\gamma_2}$, 積分利得은 AG_m 가 됨을 알 수 있다.

實際 사용되고 있는 electronic recording controller 의 P.I.D 回路의 一例로서 Fig. 4와 같이 proportional band의 調整, 微分時間, 積分時間의 調整은 knodge type switch로서 各 抵抗值를 不連續적으로 變化시키므로써 行하고 있다.

모든 조절계는 人力信號가 設定值에 맞아 있을때 即 偏着電壓 e_d 가 zero 일 때 調節器自體의 出力은 出力信號最大와 最少의 中間值가 (예를 들면 出力의 值가 10~50mA의 경우는 30mA, 5~25mA의 경우 15mA) 나오도록 增幅器 出力端 transistor의 base에 bias 전압을 걸어주거나, Fig.5 처럼 人力回路에 capacitance bridge를 사용하고 있는 경우는 bridge의 balance를 약간 깨트려서 調節計 出力이 50% 나오도록 조정되어 있다.

電氣式 各種 調節計의 信號는 各 製作會社마다 조금씩 다르며 Table 1에서 보는바와 같이 대부분 直流 50mA 以內의 小電流 system을 취하고 있음을 알

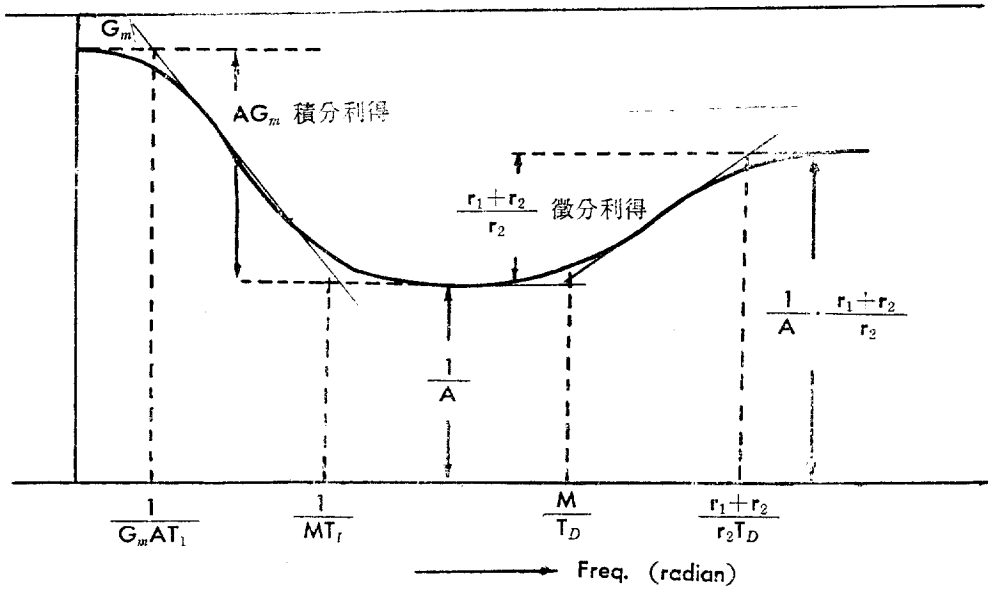


Fig. 3

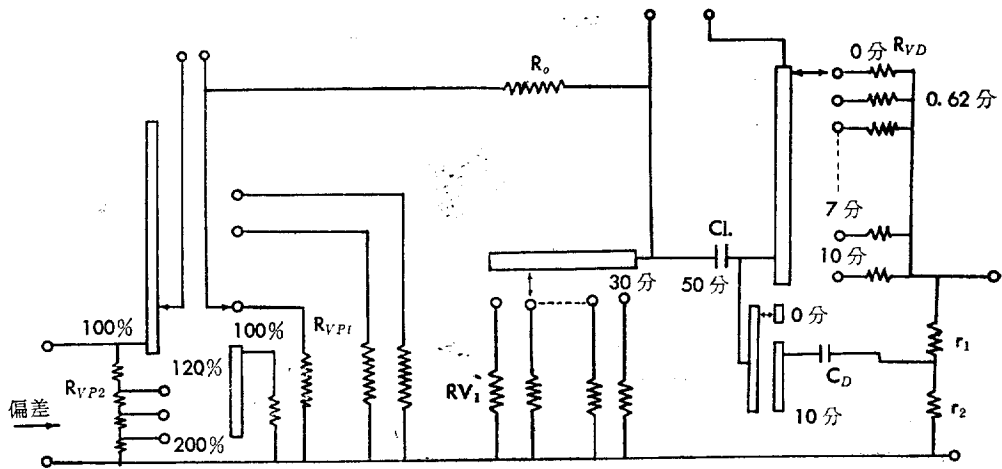


Fig. 4

수 있다.

또한 空氣壓力 0.2~1.0 kg/cm² 또는 3~15 p. s. i. 에서 作動되는 control valve 와 連洛시키기 위해서 各製作會社는 各自의 transducer 를 사용하고 있으며 S.

C. R. 전력조절기나 hydraulic actuator, magnetic amplifier 전력조절기 등에는 直接 전류신호를 넣어 사용하고 있다.

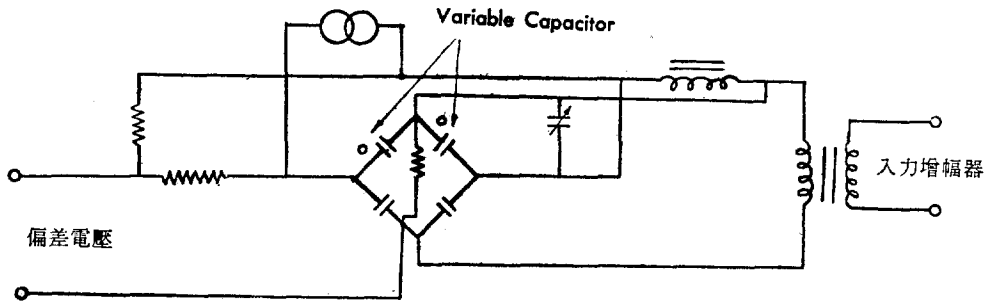


Fig. 5. 可變容量 Diode Bridge

Table 1. 各種調節計의 入力, 出力信號 및 P. I. D 定數

入 力	4~20mA	10~50mA	1~5mA	1~5V	0~10mV
出 力	40~20mA	10~50mA	1~5mA	5~25mA	
P	2~300% (0~600%)	3~300% (3~300%)	2~500%		
I	0.02~20分 (0.01~1分)	0.1~25分 (0.01~2.5分)			
D	0.01~10分	0.04~10分	0.001~24分		

() 안은 流量調節用 Fast Reset 의 경우임.

References

McGraw Hill: Frequency Response for Process Control, Caldwell, Coon, and Zoso
 自動制御のための初歩數學: 高山靜

現代エレクトロニクス選書: 共立出版(株)
 工業計測ハンドブック Transistor 計器編 東京電機大學出版.