

回轉速度 精密測定 方式에 關하여

高 丙 俊

目 次

I 序 論	(ㄷ) Schmitt Circuit
II 本 論	(ㄹ) And Circuit
(ㄱ) Binary Circuit	III 結 論
(ㄴ) Pulse pick up 裝置	

I 序 論

우리 原子爐는 1962年 3月 19日宇로 臨界에 到達된 以來 繼續的인 同位元素生産과 各 分野別 研究로서 많은 利用이 되고 있는 것이나 이것을 보다 有能하게 運轉 利用하려면 原子爐 運轉方程式의 便利한 表示인 原子爐傳達函數를 測定하는 必要性을 갖게되는 것이다.

一般的으로 이 函數의 測定은 原子爐內에 Pile Oscillator棒이라고 稱하는 回轉體를 넣어 이것에서 sinusoidal한 入力를 加할 수 있게 reactivity driving function을 얻는것이 가장 重要한 役割을 하고 있는 關係로 이 棒의 回轉速度變化(TRIGA MARK-II REACTOR 0.001~100cps, ARGONAUT REACTOR 0.01~20cps)를 敏速 正確히 記錄할 수 있어야 되는 것이다. 그러나 放射線으로 接近하기 어려운 原子爐 近方

에 있는 이 回轉體의 速度 測定은 遠距離에서 取하여야 되는 故로 過去 使用하여온 110에서 25,000cpm을 測定할 수 있는 strobotac이나 1000rpm에 對하여 2V을 發生시키는 tachometer등으로서는 어려운 問題가 되있는 것이다.

따라서 本研究에서는 이러한 點을 考慮하여 binary switching circuit의 非線型的 特性的 解析과 이에 關係된 實驗을 土台로 한 pulse 技術의 利用으로서 精密度 0.0021에서 0.0043%를 갖은 精密 回轉 速度測定器를 만들어 그 原理와 利用價値를 記述하고자 한다.

II 本 論

回轉速度의 精密測定裝置는 아래 그림 (1)의 block diagram과 같이 表示되며 그 一般的 動作原理를 說明하면 다음과 같다.

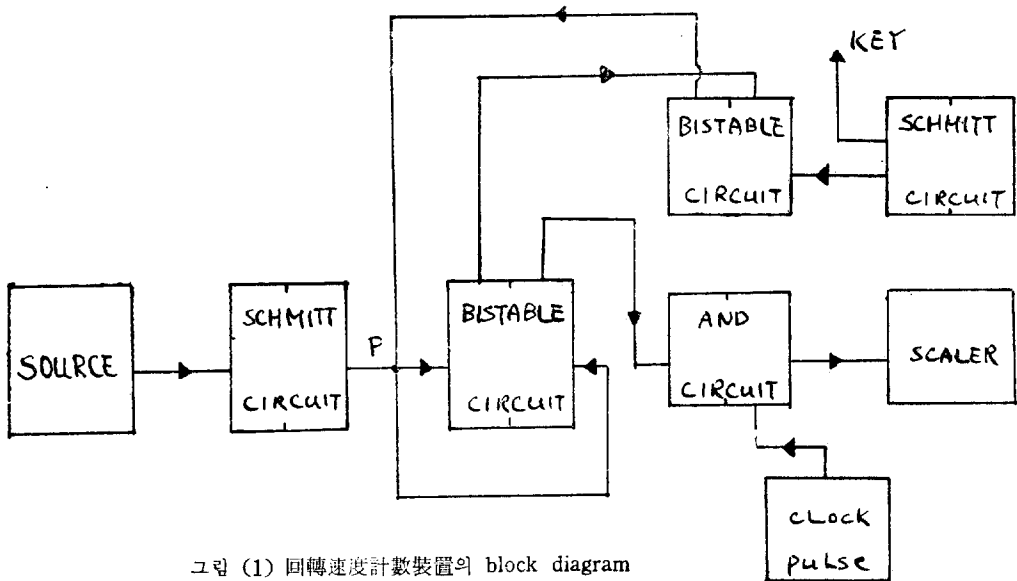


그림 (1) 回轉速度計數裝置의 block diagram

처음 回轉線에 比例하게 pulse를 source에서 얻어 이것을 schmitt circuit에서 binary circuit를 動作시킬 수 있게 pulse를 다시 變形하였다. 이때 變形된 pulse에 依하여 binary on-off switching circuit가 動作되었다 하면 雙三極管 B端 出力 signal은 반듯이 and circuit로 넘어가며 and circuit에서는 이 넘어온 pulse와 clock pulse와 一致 되었을때 scaler에서 비로서 計數할수 있는 pulse를 얻을수 있게 만들었다. 그러나 이와 같이 source에서 나오는 pulse는 連續的인 것으로 이 pulse들의 週波數를 測定하기에는 매우 困難한 것이다. 故로 pulse를 發生시키는 source와 같은 役割을 하는 key를 만들어 다른 pulse를 얻어 위에서 取扱한 것과 같이 schmitt circuit와 binary circuit를 거쳐서 그림 (1)의 P點에 連結시켜 source쪽에서 오는 pulse를 制禦하도록 하였다.

다시말하자면 key가 눌러지는 壽命에 依據 source에서 오는 pulse는 binary circuit에 하나가 通過되는 것이며 이때 scaler에서는 計數가 始作되는 것이나 둘째 pulse가 들어오게 되면 binary circuit의 特性에 依하여 自動的으로 scaler에서의 計數가 中止되겠끔 한 것이다. 勿論 세째번 pulse는 key가 다시 눌러지기 前에는 못들어 가며 萬一 key가 또 다시 눌러졌다고 하면 前과 같은 動作으로 세째와 네째번의 two pulse만이 들어가 counting이 다시 될수 있게 한 것이다. 이와 같은 原理를 나타내는 各要素의 動作特性을 具體的으로 說明하여 보면 다음과 같이 쓸수 있다.

(ㄱ) Binary circuit(a)(b)(f)(g)(h) — 이것은 그림 (2)와 같이 두개 以上의 安全한 平衡狀態를 가진 非自

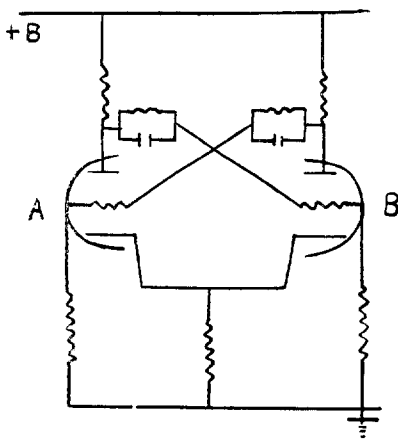


그림 (2) Binary circuit

動系 Trigger回路로서 外部에서 加해지는 起動 pulse에서단 한 安全狀態에서 다른 安全狀態로 넘어가는 作

用을 하는 on-off switching circuit인 것이다. 假令한 安全한 狀態에 있어서 雙三極管 A端에 電流가 흐르고 있고 그 陽極電壓이 적어졌다고 하면 雙三極管 B端의 格子에는 R_g 와 R_c 의 두 抵抗에 依하여 分割된 電壓이 걸리게 되어 B端에는 電流가 못 흐르게 되는 것이다. 이때 이 三極管 B端의 陽極電壓은 A端에 電流의 흐름을 維持하는 限界內에서 높아지나 萬一 充分히 큰 負의 pulse를 外部에서 A端格子에 加해 주었다고 假定하면 먼저 狀態와 反對로 電流는 B端에서 흐르고 A端에서는 못 흐르며 陽極電壓은 B端에선 낮고 A端에서는 높아져 있는 것이다. 萬一 B端에 또 다시 負의 pulse를 加해 주었다면 亦是 反復된 같은 現象이 일어나는 對稱的 關係가 있는 것으로 陰極電壓은 一般的으로 不變化한다고 할수 있다. 따라서 한 平衡狀態에서 다른 平衡狀態로 移動해 가는 경우의 速度는 capacitor로서 規定되므로 雙三極管의 制禦格子와 零電位點과의 사이에 浮遊容量을 考慮하여 計算便利上 그림 (3)을 그림 (3)과 같이 바꾸어 表示하였다.

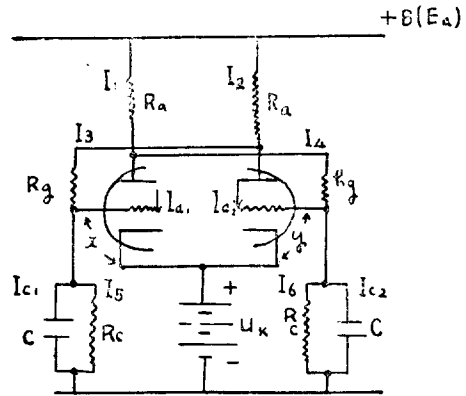


그림 (3) Binary circuit

그림 (3)에서

$$E_a = R_a I_1 + R_g I_4 + R_c I_b = R_a I_2 + R_g I_3 + I_c I_5^{(c)} \dots \dots \textcircled{1}$$

$$I_1 = I_{a1} + I_4 \quad I_2 = I_{a2} + I_3$$

$$I_4 = I_b + I_{c2} \quad I_3 = I_5 + I_{c1}$$

$$I_{a1} = f(x) \quad I_{a2} = f(y)$$

라고 하면 ①式은

$$\left\{ \tau \frac{dx}{dt} = E - x - Rf(y) \dots \dots \dots \textcircled{2} \right.$$

$$\left. \left\{ \tau \frac{dy}{dt} = E - y - Rf(x) \dots \dots \dots \textcircled{3} \right. \right.$$

이 된다. 但, $\sigma = \frac{R_c}{R_a + R_g + R_c}$ $\gamma = \frac{(R_g + R_a)}{R_a + R_g + R_c} R_c$

$$E = \sigma E_a - U_k \quad \tau = \gamma c \quad R = \sigma R_a$$

②③式은 $\frac{dx}{dt} \equiv p(x, y), \frac{dy}{dt} \equiv Q(x, y)$

인 autonomous한系로서

$\dot{x}=0, \dot{y}=0$

되는點 即 $P(x_0, y_0)=Q(x, y_0)=0$

될때 平衡點 (x_0, y_0) 를 찾을수 있다.

따라서 $\begin{cases} \frac{dy}{dt}=0 \\ \frac{dx}{dt}=0 \end{cases}$

時에 $\frac{dy}{dx}=0, \frac{dy}{dx}=\infty$

되어 ②③式은

$E-y-Rf(x)=0 \dots\dots\dots ④$

$E-x-Rf(y)=0 \dots\dots\dots ⑤$

이 된다. 이것은 $\frac{dy}{dx}$ 가 零되는 條件과 $\frac{dy}{dx}$ 가 無限大 되는 條件을 뜻하는 것이다. 따라서 ④⑤式을 x, y 相平面上^(d)에 그려보면 반듯이 交點이 생기며 이 交點 (x_0, y_0) 는 $x=y$ 에 놓이는 平衡點이 되는 것이다. 便利上 ④⑤式을 R_c 로 微分하여 보면,

$\frac{dx}{dR_c} = \frac{R_g+R_a}{(R_c+R_g+R_a)^2} - \frac{(R_g+R_a)R_a}{(R_c+R_g+R_a)^2} I_{a2}$
 $- \frac{R_c R_a}{R_c+R_g+R_a} \frac{dI_{a2}}{dR_c} \dots\dots\dots ⑥$

$\frac{dy}{dR_c} = \frac{R_g+R_a}{(R_c+R_g+R_a)^2} - \frac{(R_g+R_a)R_a}{(R_c+R_g+R_a)^2} I_a$
 $- \frac{R_c R_a}{R_c+R_g+R_a} \frac{dI_{a1}}{dR_c} \dots\dots\dots ⑦$

이 된다.

이 두 式은 亦是

$\frac{dy}{dx} = \frac{(R_g+R_a)-(R_g+R_a)R_c I_{a1}}{(R_g+R_a)-(R_g+R_a)R_c I_{a2}}$
 $-\frac{R_c R_a (R_c+R_g+R_a) \frac{dI_{a1}}{dR_c}}{-R_c R_a (R_c+R_g+R_a) \frac{dI_{a2}}{dR_c}}$

로 表示되어 平衡點 (x_0, y_0) 를 求할수 있는 $\frac{dy}{dx}=0$

와 $\frac{dy}{dx}=\infty$ 의 條件을 풀수 있으므로

$\frac{dI_{a1}}{dR_c} = \frac{R_g+R_a}{R_c R_a (R_c+R_g+R_a)} (1-R_a I_{a1}) \dots\dots ⑩$

$\frac{dI_{a2}}{dR_c} = \frac{R_g+R_a}{R_c R_a (R_c+R_g+R_a)} (1-R_a I_{a2}) \dots\dots ⑪$

과 같은 式을 얻을수 있는 것이다. 故로 R_c 를 變化시켜 電流 I_{a1}, I_{a2} 의 變化量을 測定하면 ④⑤式 或은 ⑩⑪式에서 滿足할수 있는 x, y 平面上의 交點을 求할수 있는 것이다.

實際로 그림 (3)에 $R_a=8.2K, R_g=470K,$ speed capcity $=33pf$ 로한 값을 適用하여 R_c 를 400k에서 1M까지 變化하였을때 얻어진 曲線을 그려보면 그림 (4)와 그림 (5)와 같이 된다.

이 그림은 PQ사이의 部分이 $x_0 y_0$ 에 該當하여 安全 狀態를 維持하고 그 外의 곳인 P點以下에서는 cut off

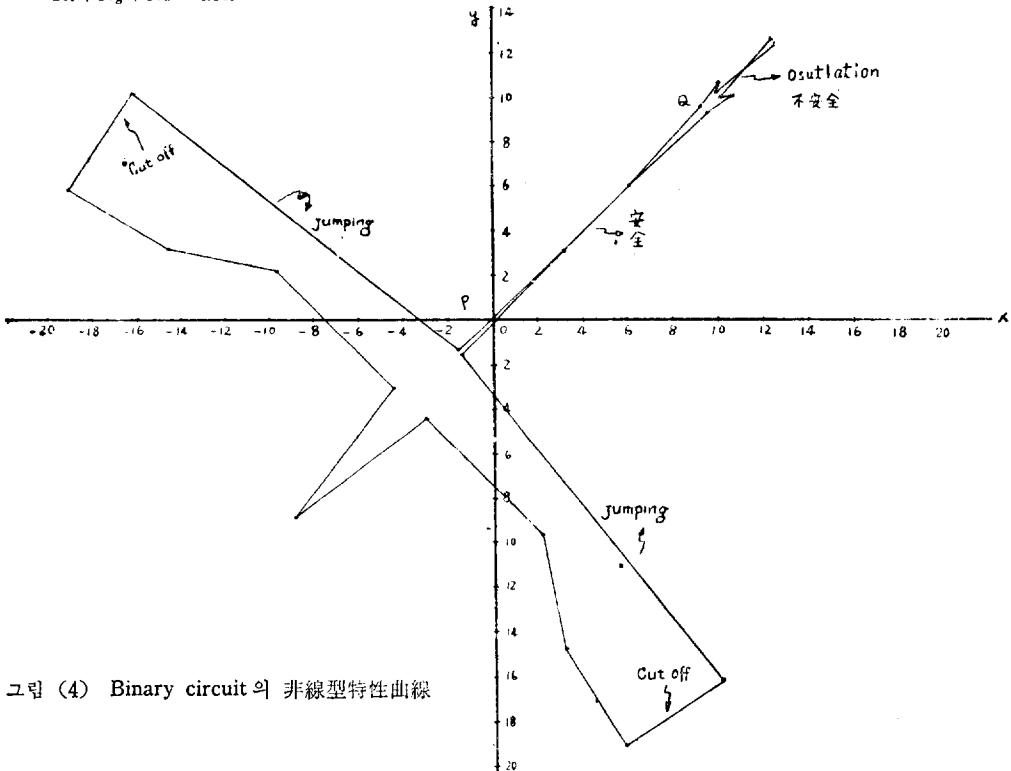


그림 (4) Binary circuit의 非線型特性曲線

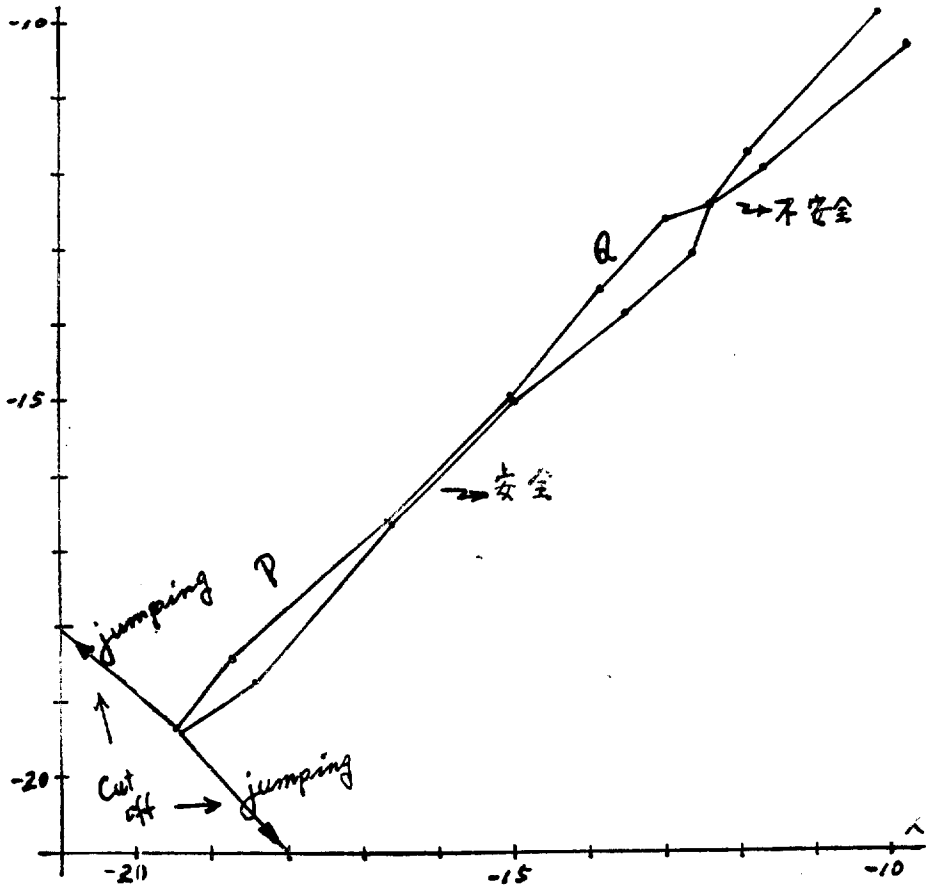
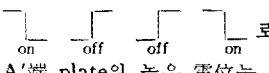
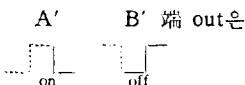


그림 (5) Biuasy Circuit의 非線型特性曲線

상태가 이루어지며 또 Q點 以上에서는 oscillation이 생기는 것을 보이고 있다. 이러한 過程에서 얻은 實驗値는 binary circuit를 實際面에 on-off switch로서 應用할수 있는 最適價로서 이것을 다음과 같이 두개로 結合하여 page 30에서 論한 目的에 應用할 수 있는 것이다.

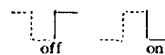
即 雙三極管 A B plate端과 A' B' plate端에서 처음 상태가  로 되어있게 하였다. 이때 A'端 plate의 높은 電位는 P點에 걸려 gate가 닫아지는 形態가 되고 左側 motor에서 오는 pulse는 雙三極管 兩 A, B grid에 絶對 못들어가는 것이다.

그러나 萬一 右側 key에서 input signal를 보내게 되면



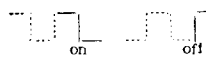
로 바꾸어 지고 同時에 P點의 gate는 열려져서 pulse가 들어가서

A B 端 out을



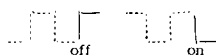
로 바꾸어 놓은 것이다. 이것은 雙三極管 B端 out의 negative pulse를 and circuit로 넘여가게 하며 scaler에서 計數動作을 시키게 만드는 것이나 뒤를 連續的으로 따라오는 두번째 pulse로 因해서

A B 端 out은 다시



로 뒤집어 놓아져 計數動作을 中止시킬 畧단 아니라 A端 out의 negative pulse로서

A' B' 端 out을



로 reset함으로써 gate를 닫아놓고 다음 in put pulse가 못 들어오게 한다. 이것은 먼저 말한 on-off, off-on인 처음 狀態로 돌아간 것으로 다시 새로운 要求가 있을때 key input에 依하여 計數를 할수 있다는 뜻이다. 이와

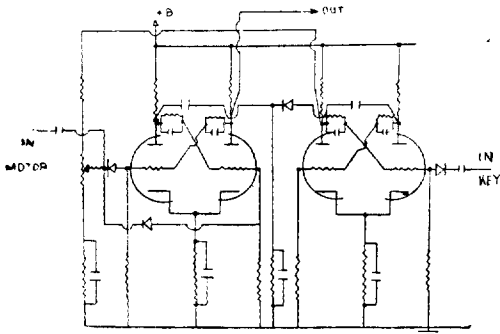


그림 (6) 두개의 결합된 Binary circuit

같이 on-off switching이 命令에 依하여 잘 움직인다 함은 加해주는 起動 input signal이 正確 敏速性을 가지면서 또 回轉體의 回轉速度에 比例되는 pulse을 얻을 수 있어야 하므로 다음과 같은 photo transistor를 利用한 photo electric pick up 裝置를 究想하였다.

(ㄴ) Photo electric pick up 裝置(e) — 이것은 그림 (7-a)와 같이 photo transistor(OCP~70)에 特別한 input를 collector와 emitter間에 投入하므로서 이루어지는 것인데 여기서는 photo transistor 代身에 普通 transistor OC 44, OC 45 그리고 OC 71 등을 使用하였다. 그것은 普通 transistor에서도 溫度 및 光波에 依하여 中性狀態에서 電子와 正孔이 分離 發生되어 電流를 흐르게 하므로 그림 (7-b)과 같은 input signal代身에 點電球로 빛을 瞬間적으로 照射시켜 주면 out put pulse를 다음표 (1)과 그림 (8)와 같이 얻을 수 있다는 것이다.

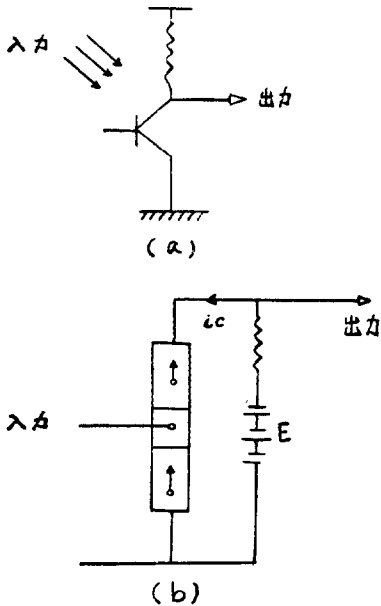


그림 7 pulse pick unit

위에 보는 바와같이 OC 71은 點電球 11Volt에서 飽和되어 pulse height 12.5Volt 以上 더 上昇치 못하나 OC 44와 OC 45는 계속 上昇하고 있으면서 pulse level를 不過 2.8Volt 밖에 達되는 큰差를 보여주고 있

No	light volt	pulse height		
		OC 71	OC 45	OC 44
1	0	0	0	0
2	1.5	0.2	0.02	0.03
3	3.0	1.1	0.09	0.12
4	4.5	2.7	0.18	0.3
5	5.0	3.4	—	—
6	5.5	—	0.25	0.4
7	6.0	4.6	—	—
8	6.5	—	0.32	0.5
9	7.0	6.5	—	—
10	8.0	—	0.5	0.96
11	8.2	8.5	—	—
12	9.0	—	0.72	1.05
13	9.5	11.0	—	—
14	10.5	—	0.95	1.45
15	11.0	12.5	—	—
16	12.0	—	1.25	1.9
17	12.5	12.5	—	—
18	13.5	12.5	1.6	2.3
19	15.0	12.5	1.95	2.8

표 (1) 照射하는 點電球電壓에 對한 Transistor output pulse height.

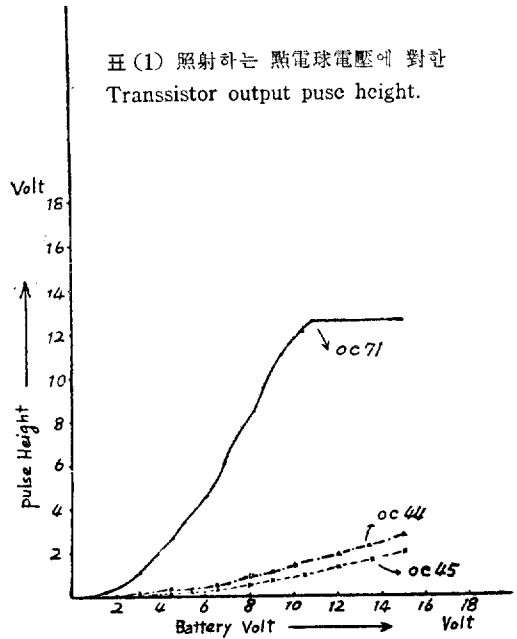


그림 8 照射하는 點電球電壓에 對한 Transistor out put pulse height曲線

다. 따라서 12.5Volt 程度 얻을수 있는 OC 71 transistor를 가지고 그림 (9)와 같은 裝置를 生製해 보았다. 즉 回轉圓盤에 한 hole를 만들어 그 一回轉마다 點電球光波가 이 hole를 透過하여 相面하고 있는 transistor에 照射하도록 하면 pulse는 圓盤回轉에 따라 生起게 될것이다. 이때 周波數變動에 따라 pulse height와 pulse幅을 調査하여보면 表 (2)와 같이 된다.

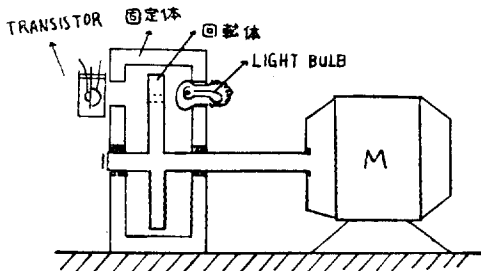


그림 (9) 固定體와 回轉體의 位置

여기서 보는바와 같이 周波數變化는 pulse幅에만 關係있는 것이지 pulse height에는 아무 關係가 없음을 알았다.

이와같이 얻어진 波形을 bistable에서 所要되는 trigger pulse로서는 不適當하므로 이것을 다음과 같이 Schmitt circuit인 pulse shaper에서 pulse change를 하였다.

週波數 (cps)	pulse 幅 (sec)	pulse 高 (V)
0.00883	0.4	10
0.0375	80 <i>m</i>	10
0.0491	60 //	10
0.0762	40 //	10
0.106	30 //	10
0.148	18 //	10
0.236	12 //	10
0.34	10 //	10
0.35	8 //	10
0.4	7 //	10

표 (2) 週波數 變化에 對한 pulse幅와 높이

(c) Schmitt circuit^{(b)(f)}—이것은 一種의 cathode couple binary circuit로서 처음 input signal이 加해지지 않았을때 A端는 完全히 cut off되고 B端만이 on 되어있는 狀態를 갖고 있으나 萬一 A端에 input signal을 加해 주었다고 하면 A端은 on되고 B端은 cut off가 되는 것이다. 그리고 이 input signal이 除去되면 그 直時로 이 雙三極管은 A端이 off되고 B端이 on되어있

는 原狀態로 돌아가는 特性을 갖은 回路인 것이다. 實際적으로 그림 .10과 같이 $R_a=R_k=47K$, $R_g=200K$, $R_c=110K$ 그리고 $C=33pf$ 를 使用하여 위에 動作을 살펴보면 다음과 같이 된다. 即 처음 狀態에서는 B端만이 電流가 흐르므로 B端의 電流는 真空管의 負荷曲線에 依하여 格子對陰極電壓이 零일때 1.4ma로 決定을 짓게 되며 E_k 와 E_g 는 65.8V를 갖게 된다. 그리고 減

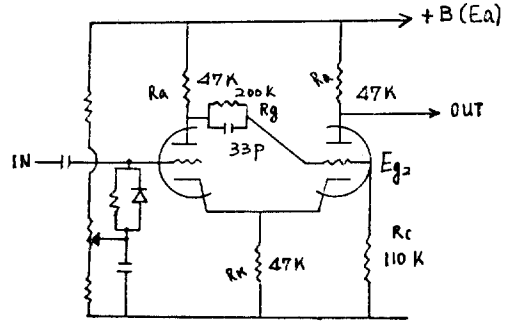


그림 (10) Schmitt circuit

衰比는 $\frac{E_{g2}}{E_a} = \frac{R_c}{R_g + R_c} = \frac{65.8}{200} = 0.33$ 로 나타나는 關係로 自然的으로 R_g 와 R_c 는 $R_g=200K$, $R_c=100K$ 와 같이 얻을수 있게 되는 것이다. 이때 A端은 $200-65.8=135.2(V)$ 의 陽極對陰極電壓을 가지므로 A端의 陰極對格子電壓은 cut off 狀態에서 最小限 $-6V$ 를 갖아야 된다. 다시말하자면 A端의 格子電壓이 59.8V를 갖으면 언제나 A端은 cut off를 維持하고 있다는 뜻이다. 故로 A端의 格子에 59.8V 以上되는 pulse가 加해지면 A端에 電流가 흐를수 있게 된다는 것이다. 萬一 input signal에 依하여 A端에 電流가 1.35mA 흘렀다고 假定하면

$$A\text{端의 pulse 높이는 } 1.35\text{mA} \times 47K = 63.5V$$

$$A\text{端의 陽極電壓은 } 200V - 63.5V = 136.5V$$

$$B\text{端의 格子電壓 } 136.5V \times 0.33 = 45V$$

와 같이 되어 65.8V의 陰極電壓과, 45V의 B端의 格子電壓과의 差, -20.8 는 B端을 充分히 cut off시킬수 있는 값이되는 것이다. 萬一 이런 過程을 거친 input signal이 自動적으로 除去되면 이때는 $-20.8V$ 를 가진 B端의 格子電壓은 다시 65.8V 程度로 回復하게 된다. 故로 이 on off switching 役割을 하는 回路에 回轉體의 回轉速度에 따라 얻을수 있는 sinusoidal에 비슷한 pulse를 起動 signal로 使用하면 그림 (11)과 같이 square wave로 바뀌어 낼수있는 것이다

이 square wave는 R_k 나 R_g 에 따라 그 pulse 높이

나 幅이 떨어지는 故로 R_k 나 R_g 에 對한 陽極電壓變動 率를 다음표 (3)과 같이 測定하여 보았다. R_k 가 約

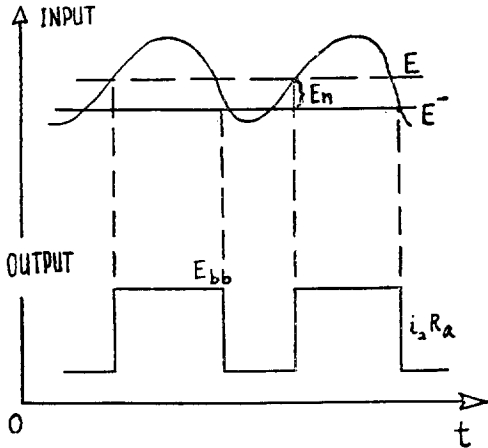


그림 (11) Schmitt 回路의 input와 output

40~50K, R_g 가 約 50~125K의 範圍內에서 hysteresis가 1乃至 3V로서 가장 安全性을 갖고 있으나 R_k 가 20K 以下이거나 50K以上이고 R_g 가 80K以下이거나 130K以

$R_g(K\Omega)$	$Ep_1(V)$	$Ep_2(V)$	$R_k(K\Omega)$	$Ep_1(V)$	$Ep_2(V)$
10	98	200	5	30	183
50	100	200	10	46.4	199
80	102	200	20	70	198
92	109	190	22	110	150
100	120	178	32	131	150
115	132	157	40	143	150
125	144	139	50	155	153
135	173	97	60	160	157
150	173	90	70	163	158
200	175	90	80	167	160
			90	169.5	158.5
			100	170	163

표 (3). R_k 와 R_g 에 對한 陽極電壓變動率

上 일때는 hysteresis가 0V以下이거나 8V以上으로 되어 不安全性을 나타내고 있는 것이다. 回轉體의 回轉 速度測定에 있어서는 實上 hysteresis가 問題가 不되므로 여기서는 E_k 를 2V程度를 가질수 있는 $R_k=47K$, $R_g=110K$ 를 擇하여 그림 (14)와 같이 다음 端 bistable 과 連結시켰다.

(4) And circuit— 이 回路는 두개의 全入力端子에 同時에 負의 pulse를 加해주었을 때만 出力 pulse가 나 올수 있게한 回路로서

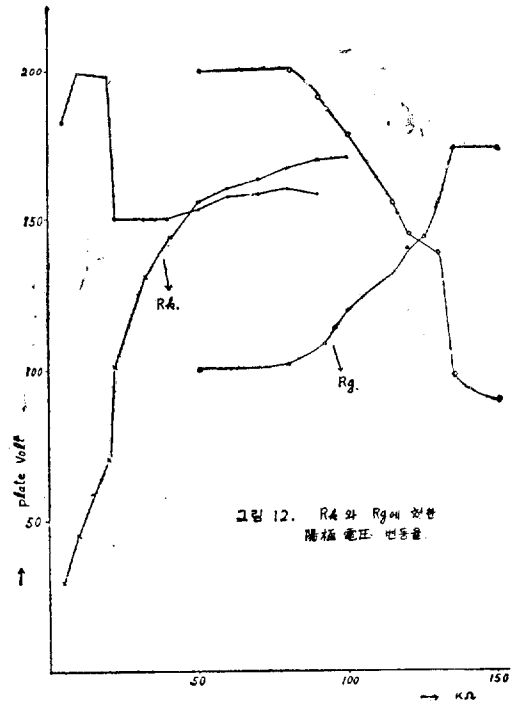


그림 12. R_k 와 R_g 에 對한 陽極電壓變動率

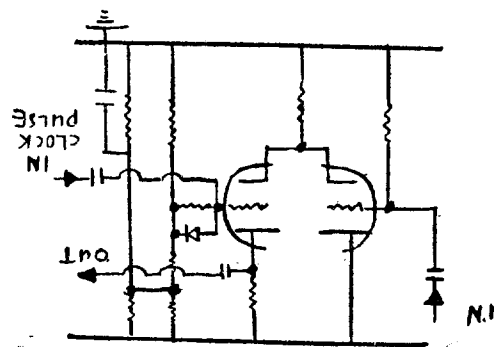


그림 13 陰極 結合回路

$x \cdot y = z$

Ⅲ 結 論

이와같은 製置가 回轉體波數測定의 誤差를 本論에서와 같이 0.0021%에서 0.0043%程度까지 얻었다함은 序論에서 말한 遠距離에서 測定不可能한 Strobotac의 速度測定이 $\pm 1\%$ accuracy를 갖었다는데 比하여 越等하다고 할수 있으나 DC power supply, Clock pulse generator 그리고 Scaler가 追加로 所要됨으로 不經濟의 缺點이 있는 것이다. 그러나 우리나라에서 이런것의 設計와 使用이 現在 거의 實績이 없는 것으로 보아 飛躍해 가는 自動制禦系利用에서 要求되는 一定速度維持와 正確한 速度測定에 있어서 或은 簡單한 motor의 嚴密한 速度檢證에 있어서 이와같은 pulse 技術을 利用한 계기가 앞으로 必要로 될것이다.

(西紀 1963年 1月 28日 接受)

參 照 文 獻

(a) SAMUEL SEELY: "Electron Tube Circuit"

electron tube circuit p. 477, 1958

(b) MILLMAN AND TAUB:

"Pulse and Digital Circuit p. 140, p. 165, 1956

(c) u. M. Калинин(譯關根智明):

"電子回路と振動論" p. 145 1959

(d) 古屋 茂, 南雲仁一:

"非線型振動論" p. 5 1957

(e) PHILIPS Counting Units for Programmed Control p. 35

(f) 早田 保實:

"パルス電子工學" p. 233, p. 234

(g) 川又 晃:

"デジタル技術入門" p. 241, p. 251

(h) LANDEE DAVIS AND ALBRECHT

"Electrosic Designs Handbook" p. 8~3