

# 廣帶域 周波數可變 位相推移 發振器에 關한 研究

李 鎔 鶴

## Study on A Wide-Range Variable-Frequency Phase-Shift Oscillator

Yong-hak Lee

### Summary

An RC phase-shift oscillator, whose frequency of oscillation can be varied from a minimum value to a value as high as desired, theoretically up to infinity, by varying a single resistor in the phase-shift network, is described.

Experimental circuits show that oscillations occur in the circuit if the total loop gain is unity and the phase change through the loop is zero. The highest frequency of oscillation is determined by the level of loading between the amplifier and the phase-shift network and the frequency response of the amplifier.

### 序 論

一般적으로 廣帶域 位相推移 發振器의 周波數 可變은 여러 抵抗과 콘덴사의 同時變化로서 이루어진다. (Cooper, 1970)

그러나 本研究에서는 位相推移回路에 단 하나의 抵抗만을 可變시켜 廣帶域 周波數를 調整할 수 있는 回路를 構成하였다. 이러한 回路는 電子機器 및 通信方式에 많이 利用될 수 있다. 우선 廣帶域 位相推移 發振回路의 回路解析을 하고 實驗을 통하여 理論의 妥當性を 確認하였다.

### 回路解析

廣帶域 發振回路를 그림 1에 나타내었다. 그림 1에서 보면 콘덴사  $C_1$ 에 直列로 접속된 抵抗  $r = mR_1$ 을 제외하며는 RC 브리지 發振器와 비슷하다.

그림 1의 發振回路에 대한 發振條件과 發振周波數는 다음 절차식으로 유도가 된다. (Cuttler 1974)

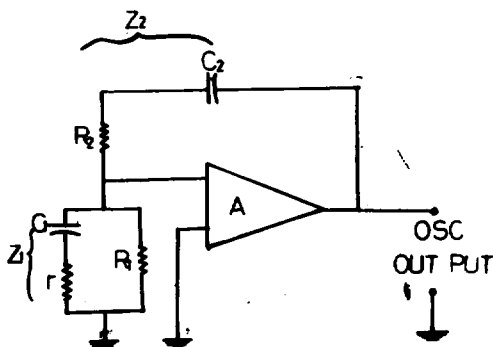


Fig. 1. Basic circuit diagram of the wide-range variable frequency phase-shift oscillator

回路의 總利得이 1이고 位相變化가 없다면 發振이 된다. 즉 이 回路의 發振條件은

$$\frac{A}{1 + \left(\frac{z_2}{z_1}\right)} = 1 + j0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{但, } z_1 = \frac{R_1 \left\{ mR_1 - \left(\frac{j}{\omega C}\right) \right\}}{(1+m)R_1 - \left(\frac{j}{\omega C}\right)}$$

$$z_2 = R_2 - \frac{j}{\omega C_2}$$

이 된다.

利得  $A$ 는 周波數 범위가 일정하다고 가정한 增幅器의 利得이다. (1)식에  $z_1$ 과  $z_2$ 의 값을 代入시키고 그리고 實數部와 虛數部를 分離시켜 정리하면 (2) 式을 얻을 수 있다.

$$A = \left\{ 1 + \frac{R_2}{R_1} + (1+m) \frac{C_1}{C_2} + j \left[ \frac{C_1 R_1 C_2 R_2 - (1+m) m C_1^2 R_1^2 - \frac{1}{\omega^2}}{R_1 C_2 (1+m^2 \omega^2 C_1^2 R_1^2)} \right] \right\} (m \omega^2 C_1 R_1 + j \omega) \dots \dots \dots (2)$$

지금 (2)식에서 虛數部를 0로 놓으면 發振周波數는 다음과 같이 된다.

$$\omega^2 = \frac{1}{C_1 R_1 C_2 R_2 - (1+m) m C_1^2 R_1^2} \dots \dots \dots (3)$$

이 되며 이때 發振條件은

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} + (1+m) \frac{C_1}{C_2} \dots \dots \dots (4)$$

이 된다. 만약

$$\omega_0 = \frac{1}{C_1 R_1} = \frac{n}{C_2 R_2} \dots \dots \dots (5)$$

이라면 (3)식은 다음과 같이 된다.

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \frac{1}{n - m - m^2} \dots \dots \dots (6)$$

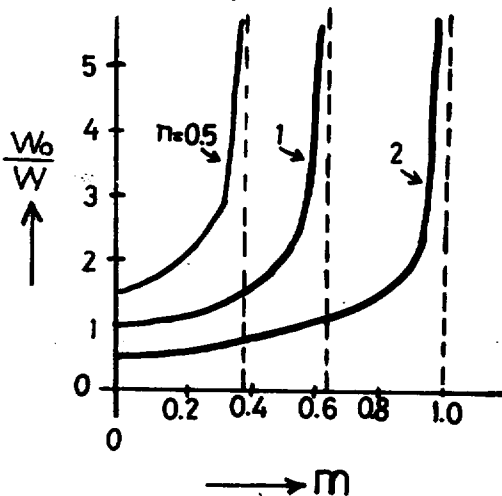


Fig. 2. The variation of  $w/w_0$  versus  $m$  for the oscillator

發振回路의 發振周波數는 (6)式으로부터  $m$ 의 可變으로서 最低부터 最高까지 可變될 수 있다. 또한 理論적으로는 (7)式에 주어진  $m$ 의 값으로서 發振回路의 發振周波數는 無限大로도 될 수 있다.

$$m = -0.5 + (n+0.25)^{1/2} \dots \dots \dots (7)$$

(6)式에서 주어진 것과 같이  $m$ 에 대한  $\frac{\omega}{\omega_0}$ 의 變化를  $n$ 의 3개의 다른 값에 대하여 그림 2에 나타내었다.

發振周波數는 그림 2에서 보여주었듯이  $m$ 의 비직선 함수로 되며, 周波數의 직선 變化를 얻기 위하여  $m$ 는 적당히 調整되어야 한다. 回路에서 抵抗  $r$ 의 한端子가 接地되어 있으므로  $m$ 는 쉽게 調整될 수 있다.

### 構成回路의 實驗

構成回路에 대한 實驗은 그림 3,4에 나타내었다. 이 實驗에 使用된 回路素子 및 使用電源은 다음과 같다.

- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| $A$ ; $\mu A$ 747     | $Q_1$ ; 2N 905              |
| $Q_2$ ; U 113         | $R_1, R_2$ ; 3.3 K $\Omega$ |
| $R_3$ ; 15 K $\Omega$ | $R_4$ ; 3.3 K $\Omega$      |
| $R_5$ ; 15 K $\Omega$ | $R_6$ ; 8.2 K $\Omega$      |
| $C_1, C_2$ ; 1000 PF  | $V_{cc}$ ; $\pm 15$ V       |

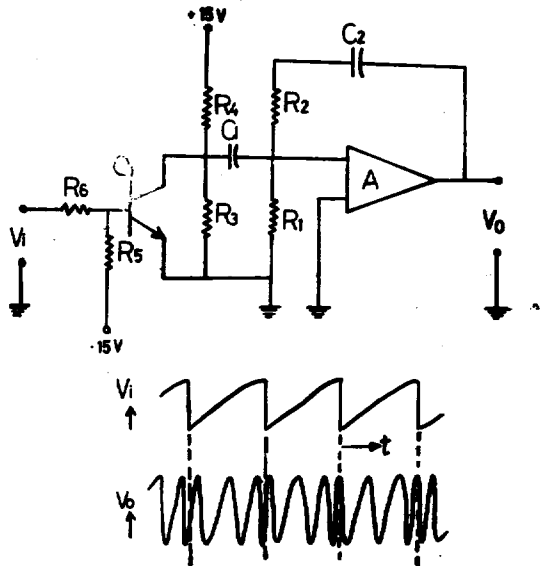


Fig. 3. A frequency-shift oscillator

그림 3에서는 入力에 矩形波를 加했을 때 發振器의 發振 周波數는 2개의 서로 다른 周波數가 連續的으로 變化되는 周波數 推移 發振器와 같은 回路로 動作됨을 보여 주었다.

그림 4에서는 電界效果 트랜지스터 入力에 톱날波를 加했을 때 發振周波數가 連續的으로 變化되는 스위프 發振器와 같은 回路로 動作됨을 보여 주었다.

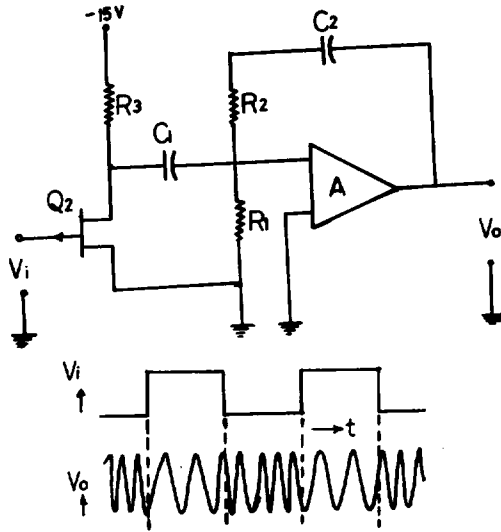


Fig. 4. A sweep-frequency oscillator

### 結果 및 考察

度帶域 位相推移 發振回路의 發振周波數는 (6)式에 따라  $m$ 의 變化에 의해서 最小值에서 요구되는 最大值까지 變化될 수 있다. 그리고 (4)式의 주어진 條件式에 의해 實際回路는 만족한 發振을 하였다. 이 發振器의 最大發振周波數는 增幅器와 位相推移回路 및 增幅器의 周波數應答 사이의 負荷값에 의하여 決定된다. 그런 까닭에 廣帶域 周波數 調整을 하기 위하여 增幅器의 利得은 最小이어야 하며, 또한 增幅器와 位相推移回路 사이의 負荷도 最小이어야 한다. 이러한 값들은 非直線 歸還 技述과 增幅器의 利得을 定定시키기 위한 周波數 보상으로서 이루어 질 수 있다.

### 摘 要

이제까지 位相推移 回路에서 단 하나의 抵抗만을 可變시켜 發振周波數를 最小值부터 最大值까지 나아가서는 理論的으로 無限大까지 變化시킬 수 있는 RC 位相推移 發振回路에 대하여 記述하였고, 또한 發振回路의 發振條件과 發振周波數의 變化 상태를 實驗을 通하여 確認하였다.

### 引 用 文 獻

Cooper, W.D. 1970. Electronic Instrumentation and Measurement Techniques. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, pp.304~309.  
Cultler, P. 1970. Electronic Circuit Analysis, Vol. 2. New York: McGraw-Hill, pp.413~418.  
Huelsman, L.P. 1974. Theory and Design of

ActiveRC Circuit: TMH EDITION, pp. 142~147.

John, V. Hueisman, Lawrence P. Granino A. 1975. Introduction to Operational Amplifier Theory and Application: McGraw-Hill, pp. 73~75.