

Thyristor의 線形 Trigger 方法에 관한 研究 (A Study on the Linear Trigger Method of Thyristor)

李 範 鎬* , 崔 桂 根**

(Lee , Bum Ho , Choi , Keh - Kun)

要 約

Thyristor의 線形 trigger 方法과 이 方法에 입각한 回路를 構成하여 thyristor를 trigger 하는 pulse의 位相遲延角 α_d 를 制御하는 制御變數 電壓 Vc와 負荷에 걸리는 平均電壓 사이에 線形관계가 成立되도록 하였다.

또한 可變周波數에서도 이 方法이 成立됨을 보였다.

Abstract

This paper deals with design of circuit that gives a linear relationship between the voltage controlling the phase delay angle of thyristor trigger pulse and the average voltage in the load.

The design is based on the method of linear triggering of thyristor.

It is shown that method is also effective with the input signal how variable frequencies.

1. 序 論

Thyristor를 制御하기 위해서는 制御目的에 알맞도록 trigger 方法을 택하여야 하는데 이제까지의 方法으로는 制御變數와 負荷의 平均電壓 사이에 線形關係를 만족시키기 어려웠고 可變周波數에서는 더욱 어려웠다.

從來 사용되어온 trigger 方法은 pulse의 位相遲延角 α_d 와 負荷에 걸리는 平均電壓 ($\cos \alpha_d + 1$) 사이에 線形關係가 成立되지 못하였고 α_d 가 周波數의 函數이므로 可變周波數에서는 더욱 어려웠던 것이다.[1]

本 論文에서는 位相遲延角 α_d 를 制御하는 制御變數와 負荷에 걸리는 平均電壓 사이에 線形關係가 成立되도록 線形 trigger 方法을 연구했고 이 方法에 입각하

여 回路를 構成하였다.

또한 可變周波數에서도 線形 trigger가 成立됨을 보였다.

2. 線形Trigger 方法

Thyristor의 gate에 加하는 pulse의 位相遲延角 α_d 를 制御하는 制御變數와 負荷에 걸리는 平均電壓 ($\cos \alpha_d + 1$) 사이에 線形關係를 만족시키기 위해서 다음과 같은 方法을 利用했다.

그림 1에서 $\sin \alpha_1 = K - 1$ 로 놓으면 $\alpha_1 = \sin^{-1}(K - 1)$ 이다. 여기서 K는 制御變數이다.

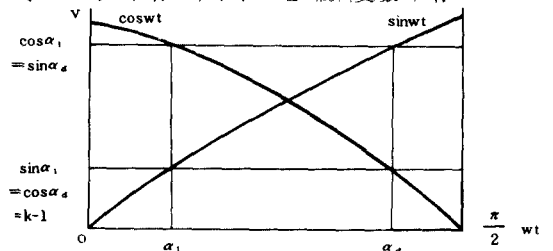


그림 1. 線形 trigger 方法 說明圖

Fig. 1. Diagram of linear trigger method.

* 正會員, 海軍 第2士官校
(The 2nd Naval Academy)

** 正會員, 서울大學校 工科大學 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering, Seoul National Univ.)

接受日字 : 1981年4月13日

그리고 $\cos \alpha_1 = \sin \alpha_d$ 이므로 $\alpha_d = \sin^{-1} (\cos \alpha_1)$ 이다.

그러므로

$$\alpha_d = \sin^{-1} [\cos \{ \sin^{-1} (K - 1) \}]$$

이다.

位相遅延角 α_d 가 위식을 만족하면서 變化할 때 그림 1에서 $K - 1 = \cos \alpha_d$ 이므로 $K = \cos \alpha_d + 1$ 이다. K를 位相遅延角 α_d 를 制御하는 制御變數로 하여 thyristor 를 制御하면 K와 負荷에 걸리는 平均電壓 ($\cos \alpha_d + 1$) 사이에 線形關係가 成立된다.

3. 線形 Trigger 方法에 入각한 回路 構成

가. 位相遅延角 $\alpha_1 = \sin^{-1} (K - 1)$ 의 pulse 를 發生시키기 위하여 그림 2에 表示된 바와 같이 trans 1次側으로 부터 $E_1 \sin \omega t$ 를 供給받아 비교기에 加해 주고 比較되는 電壓을 $V_c - E_1$ 으로 놓으면 비

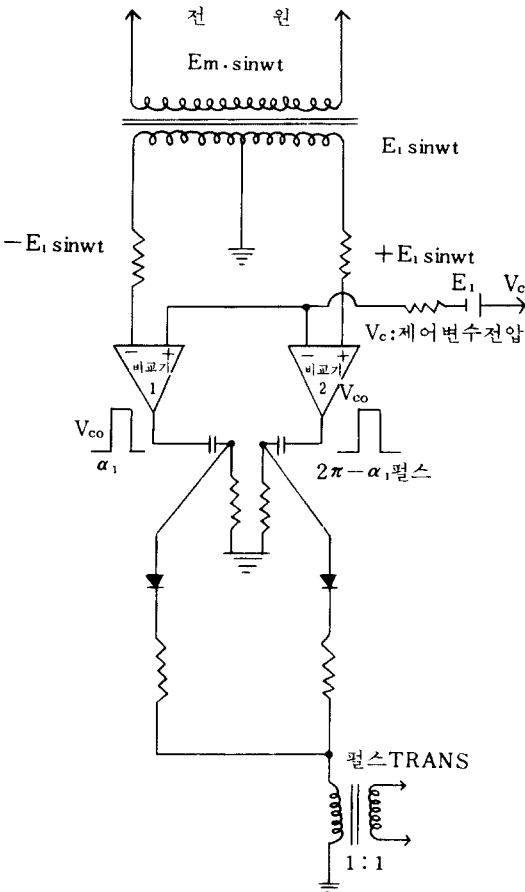


그림 2. 位相遅延角 $\alpha_1, 2\pi - \alpha_1$ 의 pulse 發生回路
Fig. 2. Circuit for forming pulse of phase delay angle $\alpha_1, 2\pi - \alpha_1$.

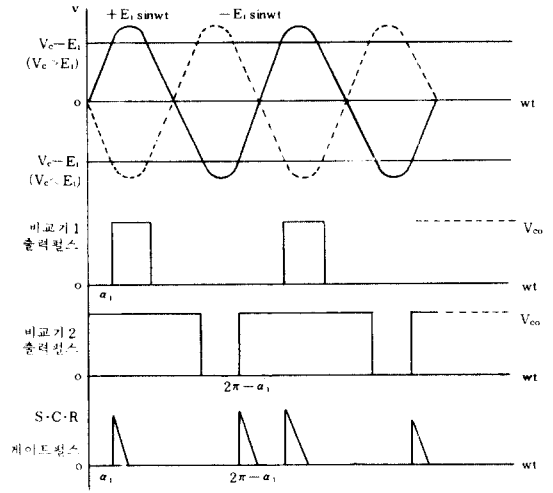


그림 3. 그림 2의 各部波形

Fig. 3. Each part wave of Fig. 2.

교기 出力에는 다음과 같은 位相遅延角 α_1 을 갖는 pulse 가 發生한다.

$$E_1 \sin \omega t = V_c - E_1 \text{ 에서}$$

$$\sin \omega t = \frac{V_c}{E_1} - 1 \text{ 이 되고 } K = \frac{V_c}{E_1} \text{ 로 하면}$$

$$\sin \omega t = K - 1 \text{ 에서}$$

$$\omega t = \sin^{-1} (K - 1) = \alpha_1 \text{ 이 된다.}$$

$K = \frac{V_c}{E_1}$ 에서 E_1 은 일정한 값이므로 V_c 의 變化와 K의 變化는 比例한다. 그러므로 回路構成에서 制御變數를 電壓 V_c 로 할 수 있다. 다음 $E_3 \cos \alpha_1$ 의 값을 얻기 위해서 비교기 1에서는 α_1 의 位相遅延角을 갖는 pulse 를 發生하고 비교기 2에서는 $2\pi - \alpha_1$ 의 位相遅延角을 갖는 pulse 를 發生하도록 비교기에 供給하는 電壓의 極性を 바꾸었으며 비교기의 端子도 各各 바꾸었다. 各 端子의 波形이 그림 3에 表示되었다. 여기서 位相遅延角 $2\pi - \alpha_1$ 의 pulse 를 發生시킨 이유는 그림 5에 表示된 바와 같이 平均值가 $E_3 \cos \alpha_1$ 이 되도록 함에 있다.

나. 그림 4에 表示된 바와 같이 補助 S.C.R. 의 gate에 $\alpha_1, 2\pi - \alpha_1$ 의 位相遅延角을 갖는 pulse 를 加하여 주면 그림 5와 같은 出力波形이 負荷에 걸린다. 이 出力波形을 平均值 指示回路에 加하면 다음式에서 보듯이 平均值는 $E_3 \cos \alpha_1$ 의 값을 갖는다.

$$E_{av} = \frac{E_2}{2\pi} \left[\int_{\alpha_1}^{\pi} \sin \omega t \, d(\omega t) - \int_{2\pi - \alpha_1}^{2\pi} \sin \omega t \, d(\omega t) \right]$$

$$d(wt)] = \frac{E_2}{2\pi} (1 + \cos \alpha_1) - \frac{E_2}{2\pi} (1 - \cos \alpha_1)$$

$$= \frac{E_2}{\pi} \cdot \cos \alpha_1 = E_3 \cos \alpha_1 \quad (\text{단 } E_3 = \frac{E_2}{\pi})$$

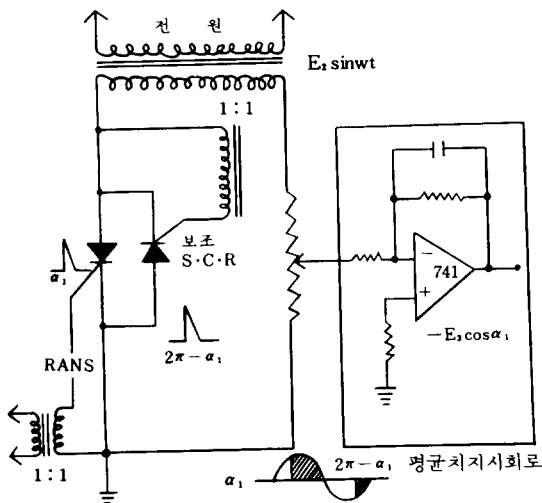


그림 4. $E_3 \cos \alpha_1$ 生成回路

Fig. 4. Circuit for the generation of $E_3 \cos \alpha_1$.

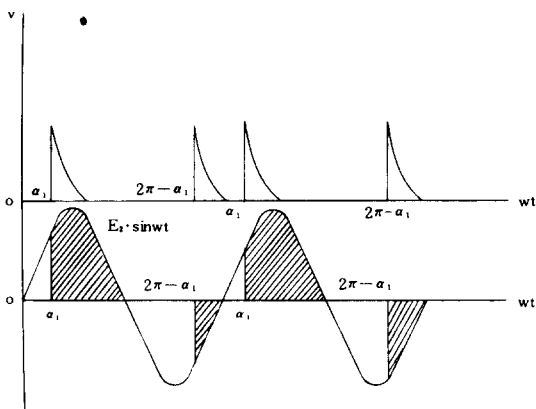


그림 5. 그림 4의 各部波形

Fig. 5. Each part wave of Fig. 4.

이때 回路特性에 의하여 出力에는 極性이 바뀌어 $-E_3 \cos \alpha_1$ 의 값을 지시한다.

다. Thyristor를 制御하는 位相延角 α_d 를 갖는 pulse를 發生시키기 위하여 그림 6에 表示된 바와 같이 trans에서 供給받은 $E_3 \sin wt$ 를 整流回路를 거친 후 反轉하여 비교기 入力端子 (+)에 加하여 主平均値 指示回路의 出力電壓 $-E_3 \cos \alpha_1$ 을 入力端子(-)

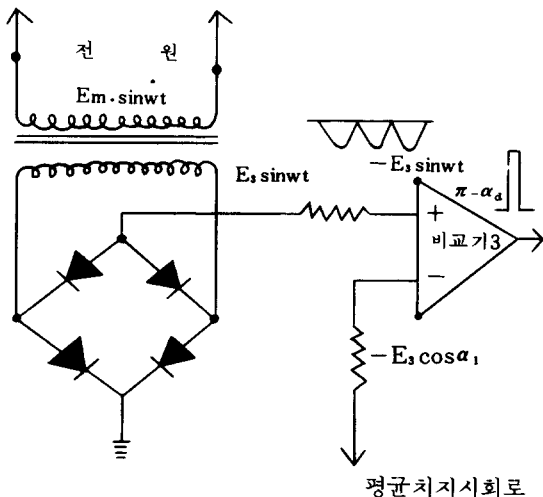


그림 6. 位相延角 α_d 의 pulse 發生回路

Fig. 6. Circuit for forming pulse of phase delay angle α_d .

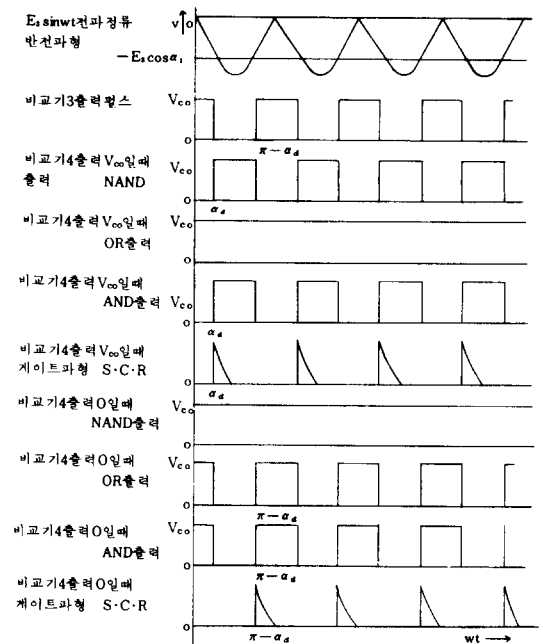


그림 7. 그림 6, 그림 8의 各部波形

Fig. 7. Each part wave of Fig. 6, Fig. 8.

에 加하여 주면 비교기 3의 出力波形은 $\pi - \alpha_d$ 의 位相

遲延角을 갖는 pulse가 發生한다.

이때 α_d 의 값은

$$-E_3 \sin wt = -E_3 \cos \alpha_1$$

$$wt = \alpha_d = \sin^{-1} (\cos \alpha_1) : \alpha_1 = \sin^{-1} (K-1)$$

$$\therefore \alpha_d = \sin^{-1} [\cos \{ \sin^{-1} (K-1) \}]$$

이다.

이때 制御範圍가 0에서부터 시작하기 위해서 α_d 의 값을 $\pi - \alpha_d$ 로 하였고 電源波形的 全波를 制御하기 위해서 整流回路를 거쳤다. 各部 波형이 그림 7에 表示되었다.

라. Thyristor의 制御範圍를 0에서 π 까지 하기 위해서 그림 8에 表示된 回路를 使用했다. 位相遲延角 $\pi - \alpha_d$ 의 pulse를 gate에 加하여 負荷의 出力波형을 $0 \sim \pi$ 까지 制御하기 위해서 制御變數 電壓 V_c 값이 E_1 보다 클 경우 $V_c - E_1 > 0$ 이므로 비교기 4 出力에는 크기 V_{c0} 의 出力이 發生한다.

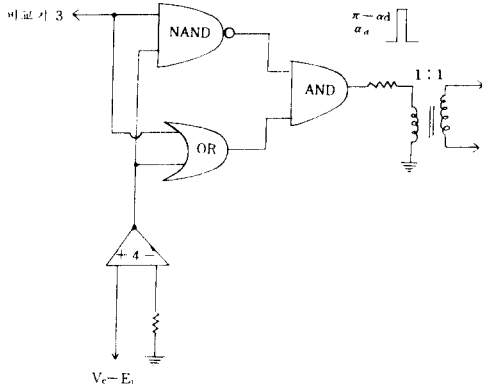


그림 8. 制御範圍를 0에서 π 까지 成立시키는 回路
 Fig. 8. Circuit to make control range accomplished from 0 to π .

V_{c0} 가 NAND회路和 OR회路에 加해지면 NAND회路는 비교기 3 出力 pulse가 反轉되어 發生하고 OR회路는 V_{c0} 값을 갖는다. 그러므로 AND 出力 pulse는 비교기 3 出力 pulse가 反轉되어 나타난다.

制御變數 電壓 V_c 의 값이 E_1 보다 작을 경우 $V_c - E_1 < 0$ 이므로 비교기 4 出力은 0의 값이 된다. 이 값이 NAND 회路和 OR 회路에 加해지면 NAND 出力은 V_{c0} 값이 되고 OR회路는 비교기 3 出力과 같은 波형이 된다. 그러므로 AND회路는 비교기 3과 같은 出力波형이 된다. 各部 波형이 그림 7에 表示되어 있다.

마. 끝으로 AND회路의 出力 pulse로 main S.C.R을 制御하면 負荷에 걸리는 平均電壓은 制御變數 電壓 V_c 에 의하여 線形的으로 制御된다.

회路和 波형이 그림 9에 表示되었다.

전 계회로와 各부 파형이 그림 10에 표시되었다.

4. 線形 Trigger 方法이 可變周波數에서 成立되는 論理

그림 11에서 表示된 바와 같이 周波數 W 인 電壓 $E_1 \sin wt$ 가 비교기에 印加되면 出力 pulse의 位相遲延角은 다음과 같다.

$$E_1 \sin wt = V_c - E_1$$

$$\sin wt = \frac{V_c}{E_1} - 1$$

$$\therefore wt = \alpha = \sin^{-1} \left(\frac{V_c}{E_1} - 1 \right)$$

다음 周波數 $2W$ 인 電壓 $E_1 \sin 2wt$ 가 印加되면

$$E_1 \sin 2wt = V_c - E_1$$

$$\sin 2wt = \frac{V_c}{E_1} - 1$$

$$\therefore 2wt = \alpha = \sin^{-1} \left(\frac{V_c}{E_1} - 1 \right)$$

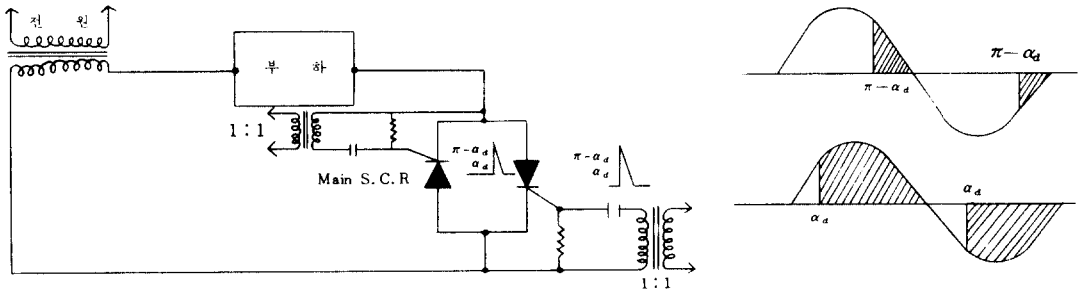


그림 9. 位相遲延角 α_d 에 의한 thyristor 制御회路和 負荷에 걸리는 波形
 Fig. 9. Circuit controlling thyristor by phase delay angle α_d and wave on the load

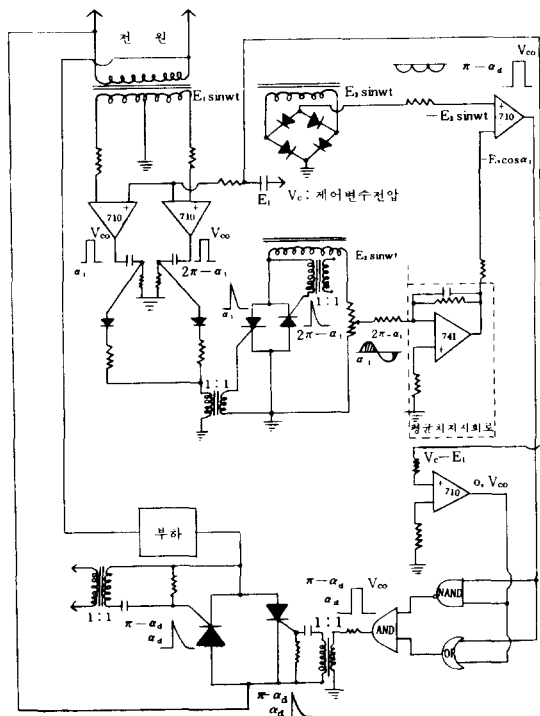


그림 10. 全體 回路圖와 各部 波形

Fig. 10. Over all circuit and each part wave.

다음 周波數인 3ω 인 電壓 $E_1 \sin 3\omega t$ 가 印加되면

$$E_1 \sin 3\omega t = V_c - E_1$$

$$\sin 3\omega t = \frac{V_c}{E_1} - 1$$

$$\therefore 3\omega t = \alpha = \sin^{-1} \left(\frac{V_c}{E_1} - 1 \right)$$

위 式에서 보듯이 可變周波數에서도 位相遲延角이 모두 같은 값을 갖게 된다.

이상과 같은 論理가 各 回路에 적용되므로 線形 trigger 方法이 可變周波數에서 成立된다.

5. 結 論

Thyristor의 線形 trigger 方法을 연구하고 이 方法에 印加한 回路를 구성하여 位相遲延角

$$\alpha_d = \sin^{-1} \left[\cos \left\{ \sin^{-1} (K - 1) \right\} \right]$$

를 갖는 pulse를 發生시키었고 位相遲延角 α_d 를 制

御하는 變數 $(K = \frac{V_c}{E_1})$ 를 電壓 V_c 로 하여 位相遲延角

α_d 로 thyristor를 制御하면 制御變數 電壓 V_c 와 負荷

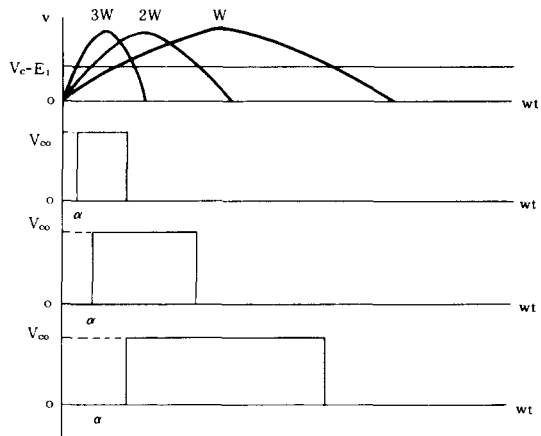


그림 11. 可變周波數에서 線形 trigger 方法이 成立되는 波形圖

Fig. 11. Wave diagram satisfying linear trigger method in variable frequency.

에 걸리는 平均 電壓 사이에 線形 관계가 成立되고 可變周波數에서도 線形 trigger 方法이 成立됨을 보였다.

本 論文의 應用分野로서는 可變周波數에서 負荷에 供給하는 平均電壓을 函數的으로 制御해야 할 경우 制御變數 電壓 V_c 를 函數的으로 制御하여 負荷에 걸리는 平均電壓을 函數的으로 制御하는데 應用 될 수 있다.

參 考 文 獻

1. R. Arockiasamy and S. Doraidandy, A Novel Trigger scheme for Thyristor operating Under Variable-Frequency Anode Supply, IEEE Trans. on Industrial Electronics and Control Instrumentation, Vol. IECI-22, No. 1, February 1975.
2. S.C.R. manual, General Electric Company, 1975.
3. MILLMAN and, TAUB, Pulse, digital, and switching wave-forms, International student Edition, 1965.
4. Budak, Passive and active network analysis and synthesis, Houghton Mifflin Company, 1974.