

# See Saw Circuit Current Wave Generator について

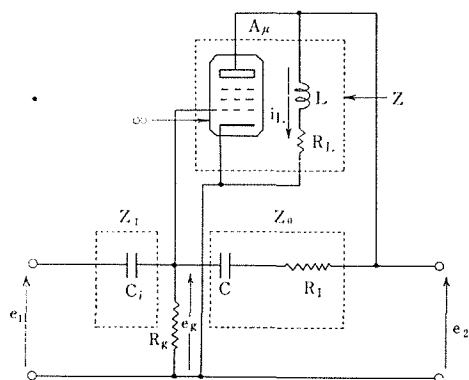
松 山 潔\*

(昭和42年 6 月29日受理)

## 1. は し が き

入力電圧に比例した出力電流を負荷コイル中に取り出すことは電磁コイル装置を駆動する時などにしばしば出会う問題である。例えばテレビ受像機、レーダー等において鋸歯状波電圧に比例した電流でその電磁偏向コイルを駆動することはよく知られている通りである。そしてこの種の電磁コイル駆動用 Current Wave Generator Circuit も色々考えられている。

そこで本論文はさきに<sup>1)</sup>発表した論文の結果の適用検証の典型的な一具体例として、また比較的簡単な回路でありながら理論的に任意の入出力波形について可なり良い比例性が得られるものとして第1図<sup>2)</sup>に示すような Current Wave Generator Circuit を取上げて見た。

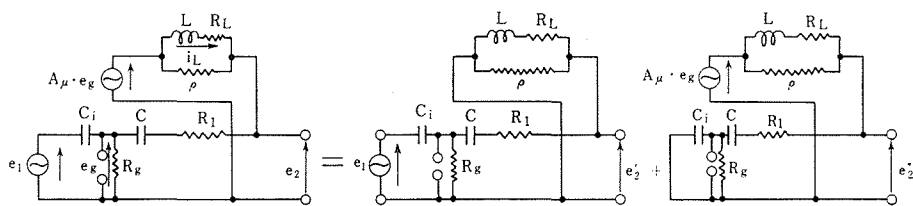


第1図 原 回 路

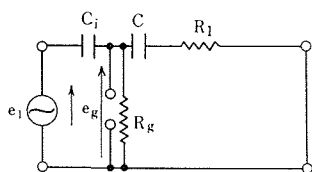
## 2. 回 路 解 析

(i) まず文献(2) (“Waveforms”) の321頁に示された第1図について文献(1) (“アナログ演算器の基本動作解析”) の結果を適用する。そのために第1図を等価変換、分解した第2図～第6図を考える。

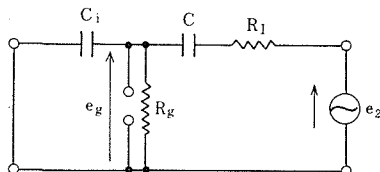
\* 精密工学教室，教授



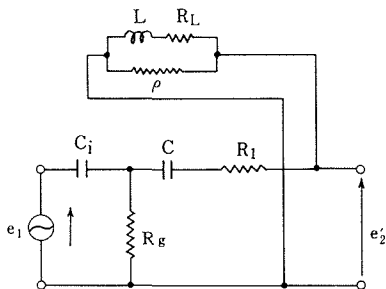
第2図  $A_\beta = \frac{e_2}{e_1} = \frac{e_2' + e_2''}{e_1}$  を計算する回路



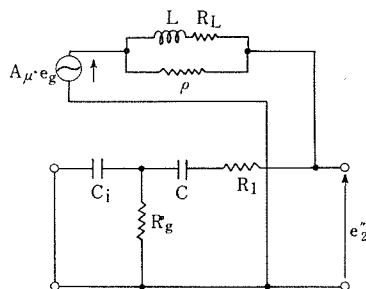
第3図  $\alpha = \frac{e_g}{e_1}$  を求むる回路



第4図  $\beta = \frac{e_g}{e_2}$  を求むる回路



第5図  $k' = \frac{e_2'}{e_1}$  を求むる回路



第6図  $A' = \frac{e_2''}{e_g}$  を求むる回路

これらについて文献(1)の結果を代入，整理近似すると次式(1)を得る．

$$\begin{aligned}
 A_\beta &= (k' + \alpha \cdot A') / (1 + \beta \cdot A') = (Z + A_\mu \cdot Z_0) / (Z_0 + Z_1 + Z - A_\mu \cdot Z_1) \\
 &\doteq A_\mu \cdot Z_0 / (Z_0 + Z_1 + Z - A_\mu \cdot Z_1) \quad (|A_\mu \cdot Z_0| \gg |Z|) \\
 &\doteq -g_m \cdot (R_L + S \cdot L) \{R_1 + 1 / (S \cdot C_i)\} / \{1 / (S \cdot C_1) + R_1 + 1 / (S \cdot C)\} \\
 &\quad + g_m / (S \cdot C_i) \cdot (R_L + S \cdot L), \\
 &\quad \left\{ \begin{array}{l} A_\mu \doteq -g_m \cdot (R_L + S \cdot LZ), \\ Z \doteq R_L + S \cdot L \end{array} \right\} .
 \end{aligned} \tag{1}$$

なお  $A_\beta$  の誘導に関し〔附記〕等価線図を参照されたい。

(ii) 比例定数  $a$  の算出

第1図において,

$$i_L = a \cdot e_1$$

とした時に  $a$  が実数であれば良いわけである。

第1図から,

$$i_L = e_2 / (R_L + S \cdot L).$$

(1), (2), (3)式を統合整理すると,

$$a = -g_m \cdot \{R_1 + 1/(S \cdot C)\} / \{1/(S \cdot C_i) + R_1 + 1/(S \cdot C) + g_m/(S \cdot C_i) \cdot (R_L + S \cdot L)\}. \quad (4)$$

この(4)式に文献(2)に示されている,

$$L/R_L = C \cdot R_1 \cdot g_m \cdot R_L / (1 + g_m \cdot R_L) \quad (5)$$

の条件式を代入整理すると,

$$a = -g_m \cdot R_1 / (R_1 + g_m \cdot L / C_i). \quad (6)$$

この(6)式で当面の目的は達成されたわけである。然しながら上記の如く二、三の仮定の許に（容易に実現可能ではある）導かれた結果である。従つてさらに厳密な結果を得んとするには恐らく条件式(5)も変更されなければならないであろう。例えば逆に(6)式を導出したのより粗い近似をしたら(5), (6)式は如何に変形されるかに触れておこう。

(1)式で  $|A'|$  ( $|A_\mu|$ ) を考えても良い) 甚大とすれば,

$$A_\beta \doteq \alpha / \beta = -\{R + 1/(S \cdot C_i)\} / 1/(S \cdot C_i) \quad (7)$$

この(7)式はこの種の回路 (See Saw Circuit) に通常よく使われているものである。この(7)式と(2), (3)式とから  $a$  を求めてみると,

$$a = -C_i / C \cdot (1 + S \cdot C \cdot R_1) / \{R_L \cdot (1 + S \cdot L / R_L)\}. \quad (8)$$

この(8)式が実数定数になるためには(5)式の条件では具合が悪い。そこで(5)式において  $R_L \cdot g_m \longrightarrow \infty$  とすると,

$$L/R_L \doteq C \cdot R_1. \quad (9)$$

この(9)式 (負荷コイルと帰還アームとのそれぞれの時定数が等しい) を(8)式に代入すると,

$$a = -C_i / (C \cdot R_L) = -R_1 \cdot C_i / L. \quad (10)$$

このように仮定, 条件とともに  $a$  は(6)式から(10)式のように変る。もちろんこの(10)式は(6)式で  $R_L \cdot g_m \longrightarrow \infty$  としたものと一致する。この意味で(6)式は(10)式に比しより一般性を有し, 精度がより良いと考えられる。

### 3. 実 験

#### (i) 実験回路について(回路の設計)

第1図の回路設計の参考指針を兼ねて実験回路定数決定の手順を述べる。

1. 与えられたコイルに所望の大きさの電流を検出計測された入力電圧に比例して流すために本回路を使うものとする。即ち  $R_L$ ,  $L$ ,  $i_L$ ,  $e_i$  は既知とする。

従つて比例定数  $a$  は(2)式からつぎのように定まる。

$$a = i_L / e_i.$$

実験回路では、

$R_L = 85\Omega$  (コイル固有抵抗  $25\Omega$  に波形検出用の  $60\Omega$  を直列に入れた値)

$L = 33.1\text{mH}$ ,  $i_L = 10\text{mA}$ ,  $e_i = 2\text{V}$

とした。従つて、 $a = 5\text{m}\overline{\Omega}$ 。

2. 上記1の  $i_L$ ,  $e_i$ ,  $a$  に適した真空管を選出する (主として経験的に)。従つて  $g_m$  が定められる。実験回路では  $g_m = 12\text{m}\overline{\Omega}$  に動作点を選んだ (真空管は 6CL6)。

3. (5)式により  $C \cdot R_1$  の値が定まる。実験回路では  $C \cdot R_1 = 198\mu\text{sec}$  となつた。

4. 前記までのすべての計算では  $R_g = \infty$  として無視したが  $C_i$  との組合せて増幅回路入力端の電圧波形が成るべく崩れないようにするという考えで時定数  $C_i \cdot R_g$  を入力電圧波の最大周期  $\tau$  より充分大きくとる。これより  $C_i$  の値を推定する。

実験回路では使用真空管回路と  $R_g = \infty$  とのかねあい  $R_g = 500\text{K}\Omega$ ,  $\tau = 1/10\text{sec}$  とし、

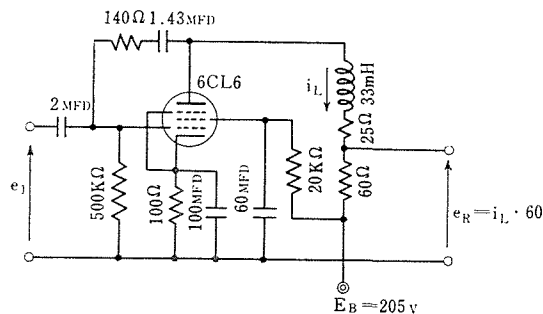
$$C_i \cdot 500 \times 10^3 \geq \tau = 1/10 \quad \text{から}$$

$$C_i \geq 0.2\mu\text{F}.$$

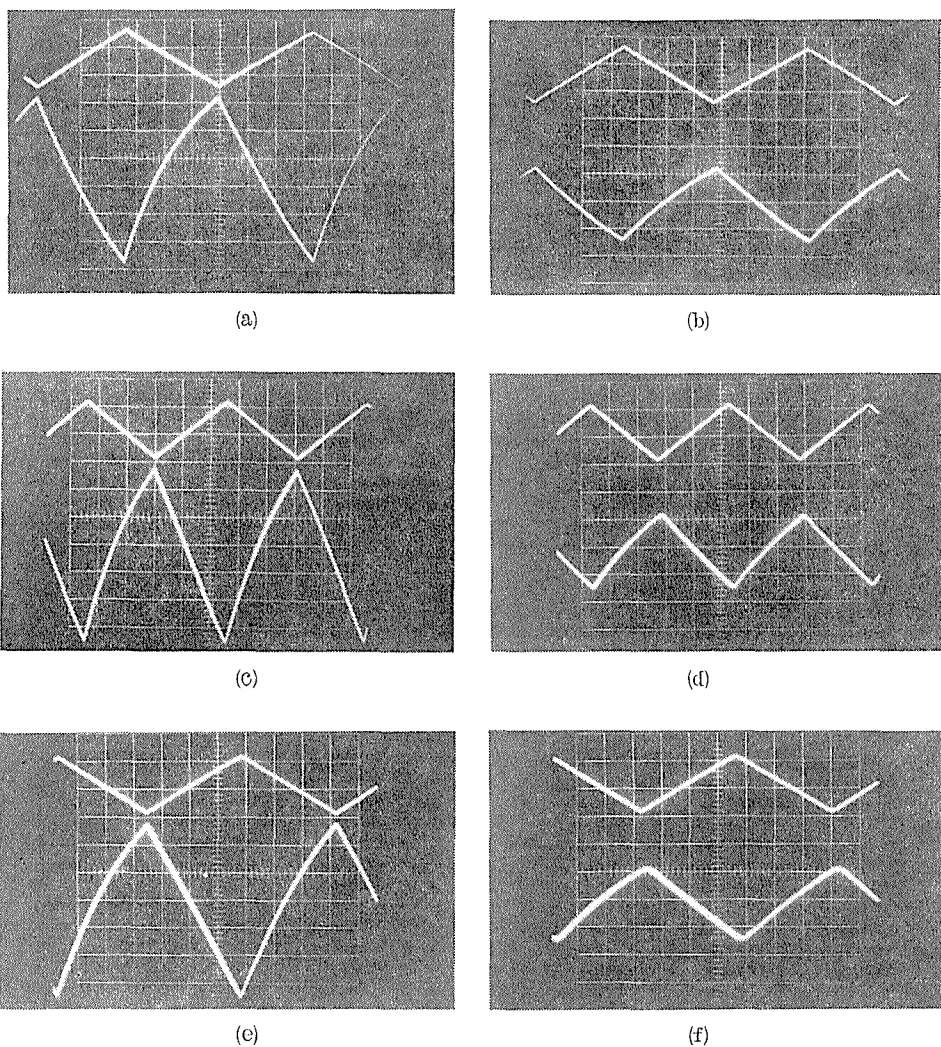
これにより  $C_i = 2\mu\text{F}$  とした。

5. 上記までに得られた  $g_m$ ,  $L$ ,  $C_i$  の値を(6)式に代入して  $R_1$  を求める。実験回路では  $R_1 = 140\Omega$  となつた。

6. 上記5の  $R_1$  と上記3の  $C \cdot R_1$  との値から  $C$  が決まる。実験回路では  $C = 1.43\mu\text{F}$



第7図 実験回路



第 8 図

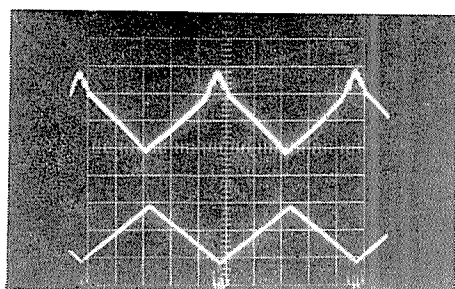
となつた。

以上によつて全部の回路定数が決定された。得られた実験回路を第 7 図に示す。

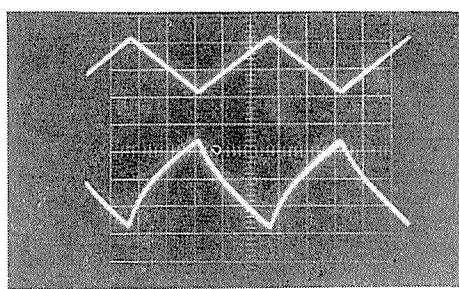
#### (ii) 実験結果

実測すべき項目は色々考えられるが本回路本来の目的を端的に検証するために、入力電圧波形と出力電流波形との比較写真を主とした実験結果を第 8 図、第 9 図に示す。

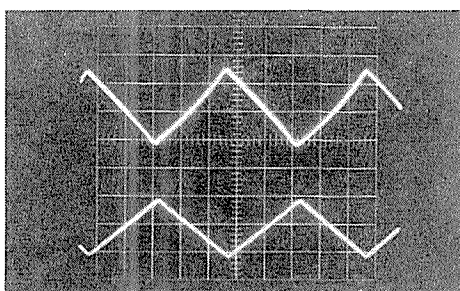
まず第 8 図について説明する。その左側の列、即ち(a), (c), (e)は何れも帰還アームを取外した場合で上から下に行くに従い周波数が高い、即ち(a)=60c/s, (c)=100c/s, (e)=150c/sである。右側の列、即ち(b), (d), (f)は第 7 図の通りに帰還アームを結合して正規



(g)



(h)



(i)

第 9 図

の動作をさせた場合で、周波数の順序は左側の列と同じである。つぎに第 9 図は上から順に、即ち(g), (h), (i)の順に帰還アームの抵抗  $R_1$  を  $20\Omega$ ,  $140\Omega$ ,  $1K\Omega$  と変化させた時のもので、周波数は何れも  $100\text{c/s}$  である。これらにより本回路の解析結果、比例性に対する効果の一つの検証がなされたものと考えられる。なお何れの写真でも上段が入力電圧波形、下段が出力電流波形である。

#### 4. 結 語

(i) 文献(1)の結果の一具体例への適用検証と本事例の回路が簡単な構成ではあるが任意の入出力波形に対し可なり良い比例性を有していることの実験検証という本論文の目的は概ね達成されたものと考えられる。

(ii) 然しながら実験と回路解析との比較考察等を波形写真の比較目視判定だけに任せたことは筆者としてもいささか不本意である。これらの点を主として他日を期したい。

(iii) 文献(1)に実は書き落したものであるが、本論文の参照用も兼ねて等価線図について附記に一言触れておいた。

最後に本論文の実験に協力された当研究室の坂口助手、卒研究生の市川尋士君（現金井学園）に感謝の意を表します。

## 文 献

- 1) 松山 潔, “信州大学工学部紀要”, 21号, 133頁, 昭和41年.
- 2) B.Chance and others, “Waveforms”, (1949), p.321, Mc Graw-Hill, 1949.
- 3) S.J.Mason and H.J.Zimmermann, “Electronic Circuits, Signals, and Systems”, John Wiley and Sons, 1960.
- 4) 寺尾 満, “工業計測”, 20頁, オーム社, 昭和41年.

### 〔附 記〕 等価線図<sup>3)4)</sup>について

文献(1)において総合増幅度  $A_\beta$  はつぎの4つのパラメーターで解析的につぎの形に表示されることが示されている.

$\alpha$  = 6 端子回路入力端 (出力端は短絡) より増幅回路入力端までの電圧伝送率,

$\beta$  = 6 端子回路出力端 (入力端は短絡) より増幅回路入力端までの電圧伝送率 (負帰還率),

$k'$  = 増幅回路を通らずに6 端子回路を素通りする電圧伝送率,

$A'$  = 増幅回路の入力端子を6 端子回路から取外して独立に  $e_g$  を加えた時の電圧増幅度 (6 端子回路の入力端子は短絡),

$$A_\beta = (k' + \alpha \cdot A') / (1 + \beta \cdot A').$$

さてこれらの4つのパラメーターの physical meaning に忠実に従うことによりつぎの頁のようなブロック線図もしくは信号線図を容易に書き下すことが出来る. そしてこれらの線図の等価変換から簡単に上記の  $A_\beta$  表示式を求むることが出来る.

つぎの頁には信号線図の等価変換だけを示しておいた. もちろん  $A_\beta$  は信号線図の等価変換によらないで図式解法 (Mason の公式) で直接的に求まる.

即ち,

$$\text{ループ } L_1 = -B \cdot A',$$

$$\text{グラフデターミナント } \Delta = 1 + \beta \cdot A',$$

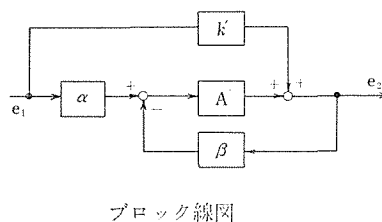
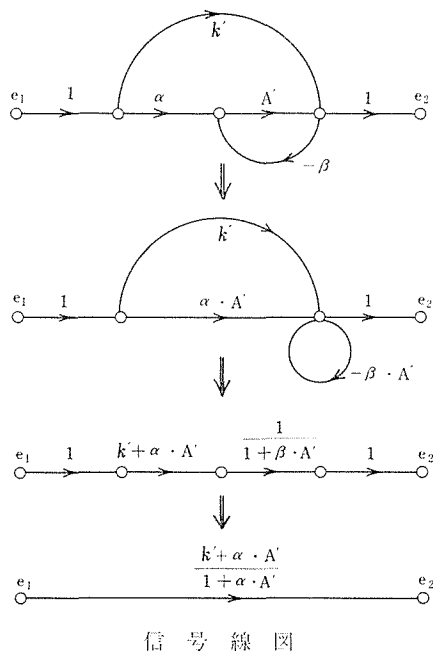
$$\text{パス } P_1 = k',$$

$$\text{パス } P_2 = \alpha \cdot A',$$

$$\text{パスファクター } \Delta P_1 = \Delta P_2 = 1, \text{ から}$$

$$A_\beta = \sum_{K=1}^2 P_K \cdot \Delta P_K / \Delta = (k' + \alpha \cdot A') / (1 + \beta \cdot A').$$

そしてこれらの線図および公式の適用は N. F. Circuit の内部構造, 動作姿態 (安定不安定, 感度, 過渡特性等) を一般論的に考察するのに便利であろう.



### Summary

#### See Saw Circuit Current Wave Generator

Kiyoshi MATSUYAMA

(Department of Precision Engineering, Faculty of Engineering)

This paper is about an application of the preceding report<sup>1)</sup> on the current wave generator which is composed of the coil loaded See Saw Circuit.

This generator is to operate so that the output current wave form through the loaded coil may be proportional to the input signal voltage wave form.

The proportional constant of this generator and values of these circuit elements are calculated by using the analytical results of the preceding report<sup>1)</sup>.

An experimental current wave generator is designed and made by the use of those calculated values.

A few observations on this generator are made.

- 1) K. MATSUYAMA: "Analysis of Analogue Operational Amplifier Circuit," Journal of the Shinshu University, Vol. 21, 1966, pp. 133-143.