

Rotator に関する実験

井 上 浩
田 中 洋 三

Experiments of Rotator.

Because rotator, which can rotate voltage-current characteristics by arbitrary angles, has a negative resistance element, its stability is important. In this article, its stability, error, and experiment are given.

Hirosi INOUE. Yozo TANAKA.

1. 緒 言

任意に与えられた電圧, 電流特性をある角度回転して新しい電圧電流特性をうることができれば便利なことがある。たとえば整流特性など一例であるが, 電圧電流特性曲線が多価関数である場合にはこれを回転した特性曲線に飛躍点ができない場合はパッシブな回路, あるいはアクティブな回路素子として重要となってくる。本文は其中, R-Rotatorについて実験した結果について述べたもので, 安定性のある演算増巾器を用いて負性素子を作りえたので, この組み合わせにより特性のよいRotatorがえられた。

2. Rotatorの理論

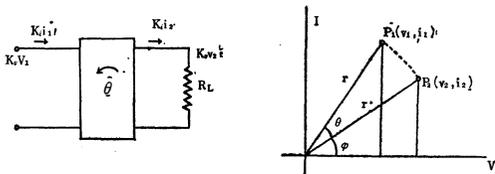


図-1

今 P_2 より θ だけ P_1 へ回転するものとする

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= r \cos(\theta + \varphi) \\ &= r \cos \varphi \cos \theta - r \sin \varphi \sin \theta \\ i_1 &= r \sin(\theta + \varphi) \\ &= r \cos \varphi \sin \theta + r \sin \varphi \cos \theta \end{aligned} \right\} (1)$$

であるので, $r \sin \varphi = i_2$, $r \cos \varphi = v_2$ を代入すると

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= v_2 \cos \theta - i_2 \sin \theta \\ i_1 &= v_2 \sin \theta - i_2 \cos \theta \end{aligned} \right\} (2)$$

すなわち

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

今, 図-2 のように π 型と T 型で実現するものとする。 π 型の場合は次のようになる。

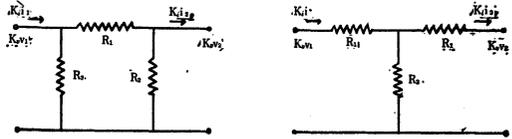


図-2

$$\begin{bmatrix} Kv v_1 \\ Ki i_1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{R_1 + R_2}{R_2} & R_1 \\ \frac{R_1 + 2R_2}{R_2^2} & \frac{R_1 + R_2}{R_2} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} Kv v_2 \\ Ki i_2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{R_1 + R_2}{R_2} & R_1 \frac{Ki}{Kv} \\ \frac{R_1 + 2R_2}{R_2^2} & \frac{Kv R_1 + R_2}{Ki R_2} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \quad (5)$$

したがって

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= -\frac{Kv}{Ki} \sin \theta \\ R_2 &= \frac{Kv}{Ki} \cot \frac{\theta}{2} \end{aligned} \right\} (6)$$

T 型の場合には

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= -\frac{Kv}{Ki} \tan \frac{\theta}{2} \\ R_2 &= \frac{Kv}{Ki} \operatorname{cosec} \theta \end{aligned} \right\} (7)$$

θ の正負によって R_1 , R_2 の正負が入れかわる。

3. 負性抵抗

安定な負性抵抗を作るために演算増巾器を用いた。実験には 2 種の負性抵抗を用いたが 図-3 a を Short Circuit Stable (S.C.S), b を Open Circuit Stable

(O.C.S) と称する。

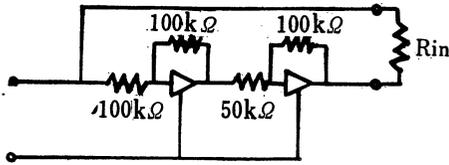


図-3, a

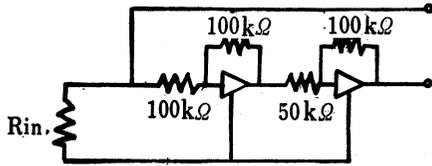


図-3, b

Rinの小さいときは入力側から見た impedance は (-Rin) となるけれども Rinが大きくなると演算増巾器の入力 impedanceにより (-Rin) とは異ってくる。S.C.SとO.C.Sについて Rin に対する入力 impedanceを測定した結果を図-4に示す。

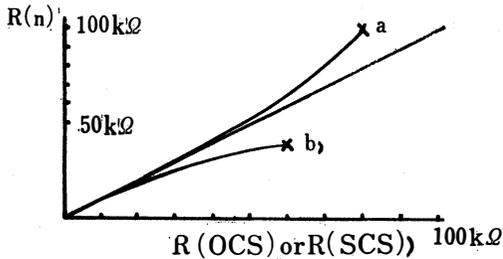


図-4

S.C.Sの場合には演算増巾器の入力抵抗が100kΩのため、算定抵抗

$$-R(n) = \frac{R_{in} \times (100k\Omega)}{R_{in} - (100k\Omega)}$$

として求められ、同様にO.C.Sの場合には

$$-R(n) = \frac{R_{in} \times (100k\Omega)}{R_{in} + (100k\Omega)}$$

として求めれば実験と一致することがわかる。

4. Rotatorの安定性と感度

Rotatorの入力impedanceは負荷抵抗ZL(P), 回転角θとすると

$$Z_i(P) = \frac{Z_L(P) \cot \theta - 1}{Z_L(P) + \cot \theta}$$

として求められるので、ZL(P)を純抵抗RLとすると

電源抵抗Rsとの間にはO.C.Sの場合には

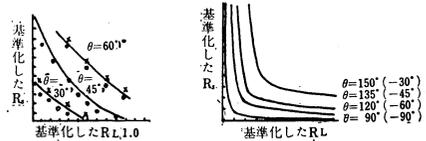
$$R_s > \frac{1 - R_L \cot \theta}{R_L + \cot \theta}$$

S.C.Sの場合には

$$R_s < \frac{1 - R_L \cot \theta}{R_L + \cot \theta}$$

の条件を満足せしめると発振がおこらず安定に使用できる。この境界の両辺の相等しい場合のRsとRLとの関係を求めると

図-5



次にDiodeを用いて感度の実験を行った。

この感度は図-6に示すように角度の大きい部分で角度誤差が大きくなる。

図-6

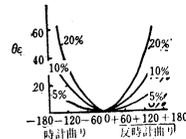


図-7の写真はRinにおいて規定値のものとの10%増加のもの、20%増加のものとの3本が各々示されており角度θの大きいものほど誤差が大きくていている。

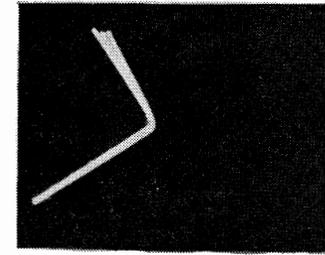
5. Diodeの回転例

Rotatorの負荷としてDiodeを用いた例を図示する。(図-8)

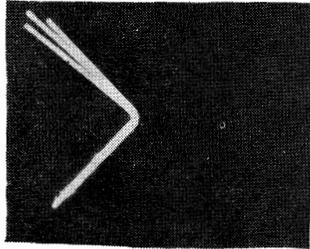
6. Transistorの回転例

Transistor 2 S A52の-30°, -45°回転したときの特性を図-9に示す。

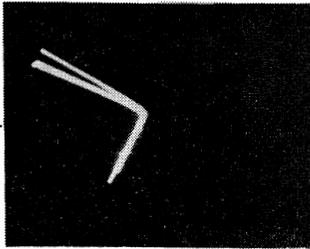
图-7



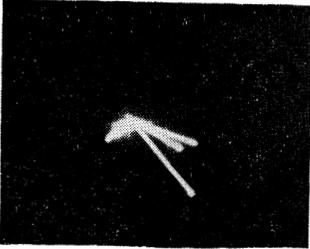
(7-1)
+30°
π型OCS



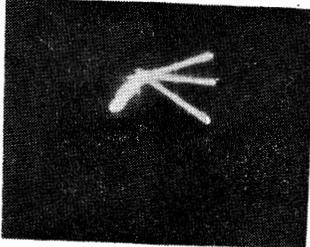
(7-2)
+45°
π型OCS



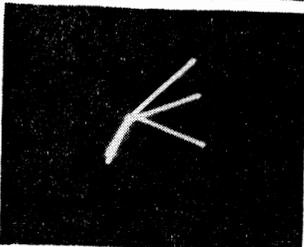
(7-3)
+60°
π型OCS



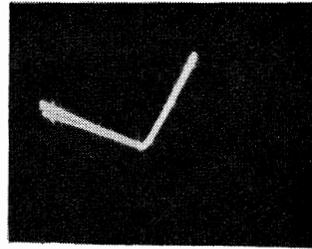
(7-4)
+120°
π型SCS



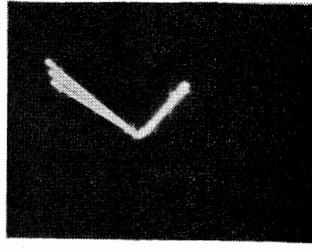
(7-5)
+135°
π型SCS



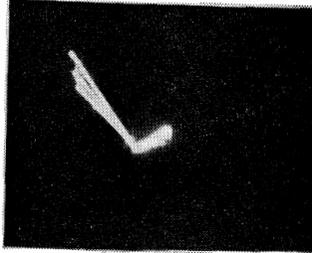
(7-6)
+150°
π型SCS



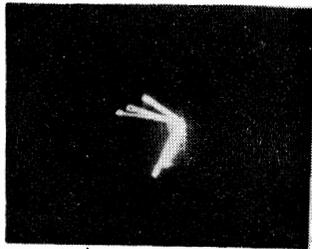
(7-7)
-30°
T型SCS



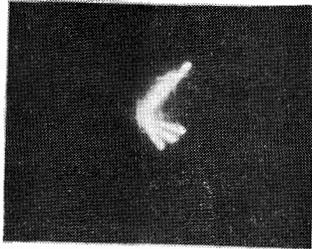
(7-8)
-45°
T型SCS



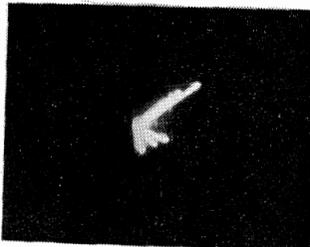
(7-9)
-60°
T型SCS



(7-10)
-120°
T型OCS



(7-11)
-135°
T型OCS



(7-12)
-150°
T型OCS

图-8

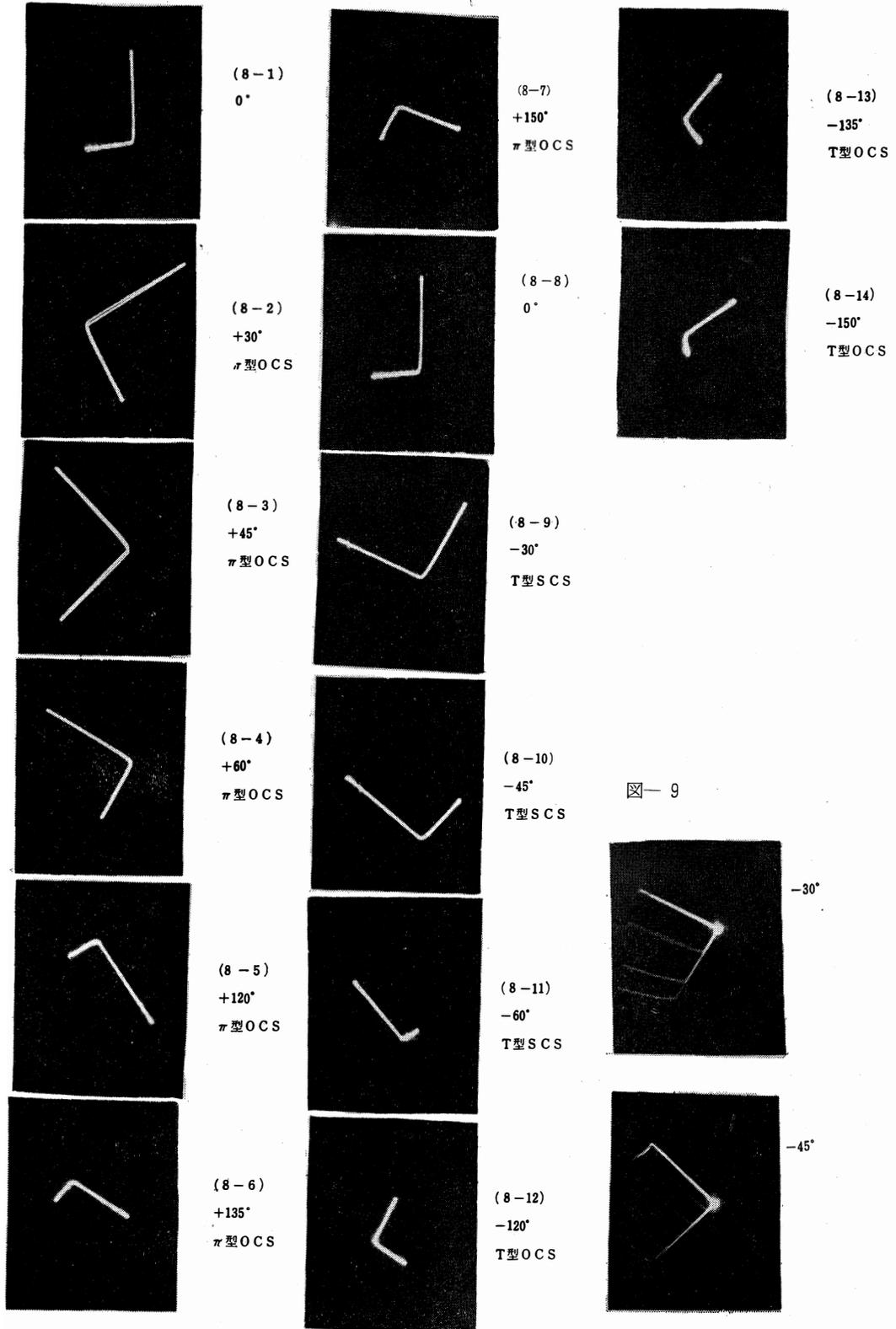
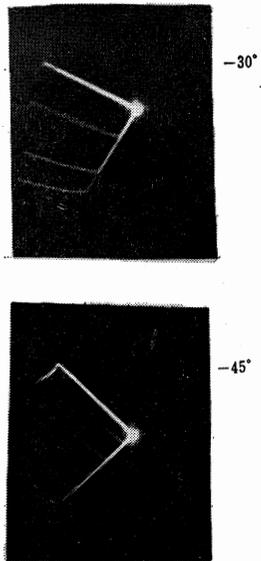


图-9



この特性を取るときに使用した回路を図-10に示す。

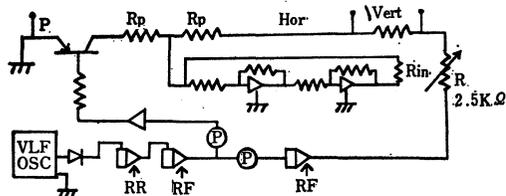


図-10

すなわちベースに階段状波形電圧を加え、コレクター電圧を鋸歯状波に掃引して静特性を画かしめて、これを回転したものである。

7. 結 言

安定なるR-Rotatorを作ることができ、理論をうらづけることができた。現在アナログ電子計算機の関数発生器として使用可能と思われるが、更に用途開発は将来にまわたいと考える。

文 献

- ① L.O.Chua, Electronics, may, 1967.
- ② 井上, 田中: 電気四学会北陸支部講演, 昭和44年10月.