

ジャイレータの性質について

沖根 光夫, 中村 正孝, 重広 孝則

On Properties of the Gyrator

By Mitsuo OKINE**, Masataka NAKAMURA*
and Takanori SHIGEHIRO*

Summary

With thin-film and thick-film technology it is possible to reduce the size of resistors and capacitors by an acceptable factor. However, it is virtually impossible to realize practical inductors in such treatment.

As a result, the inductor requires a ferrite core and winding, and it is still a very large and heavy component. For all these reasons, and other, it have been study the gyrator and rotator which is realized with thin-film resistors, capacitors and transistors.

Specially, inductor and the transformer realizations method using the only gyrator and the network synthesis associated with gyrator and passive circuit have been developed.

From this point of view, this paper describes the properties of the gyrator.

あ ら ま し

薄膜・厚膜技術で抵抗や容量の形を小さくすることは現在使用している要素で可能であるが、このような技術においてはまだ実用上のインダクタを実現することは困難なことである。

この結果として、インダクタはフェライトコアや巻線を用い形も大きく重い要素となっている。そこで集積化可能な抵抗・容量・トランジスタを用いて実現できるジャイレータやローテータ等の研究が成されている。特にジャイレータのみを用いたインダクタ・変成器の実現方法並びにジャイレータと受動回路の組み合わせによる回路網合成が展開されてきた。このような観点から、我々はジャイレータの性質をまとめたのでここに報告する。

ま え が き

ジャイレータは1948年 Tellegen によって最初考えられたものでインピーダンス反転作用を持っている。また最近のIC化で特に問題となっているインダクタをこのジャイレータとコンデンサで置き換えることは勿論のこと、ジャイレータとRC回路網を適当に組み合わせた能動RC伝送回路の構成が数多く発表されている。そこで我々は 1) ideal gyrator と perfect gyrator の性質, 2) ideal gyrator の特徴, 3) passive circuit と接続した場合の性質, 4) 等価相互誘導回路の実現法等について検討したのでここに報告する。

*電子工学科 **電気工学科

ジャイレータの理論

ジャイレータはインピーダンス反転作用を有している四端子素子(三端子素子としても使用可能)である。すなわち、ジャイレータの一方の端子にインピーダンス Z_L を接続すれば他端子からみたインピーダンスは Z_L に反比例する性質を持っており、この為の必要十分条件はF-パラメータが次式で与えられたときである。

$$A=D=0, B/C>0 \dots\dots\dots(1)$$

ただし、 B と C は共に実数で同符号をもつ。

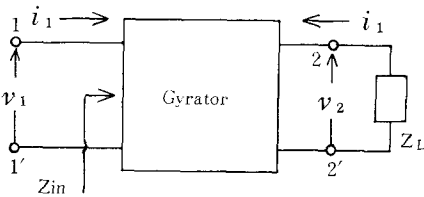


Fig. 1 Gyrator.

従って、ジャイレータの四端子パラメータは次のように表わされる。

F-パラメータを用いて

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & B \\ C & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ -i_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

(2)式よりY-パラメータでは

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & C \\ -B^{-1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(3)$$

(2), (3)式より、 B と C は共に実数で同符号を持たなければならないから $B = \pm 1/G_1, C = \pm G_2$ なるジャイレーションコンダクタンスを用いて表わせば(2), (3)式はそれぞれ(4), (5)式となる。

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm 1/G_1 \\ \pm G_2 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ -i_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G_2 \\ \mp G_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(5)$$

Fig. 1 に示すように負荷 Z_L を2-2'間に接続すれば1-1'間からみたインピーダンス Z_{in} は(4)式あるいは(5)式より

$$Z_{in} = \frac{v_1}{i_1} = \frac{1}{G_1 G_2} \cdot \frac{1}{Z_L} \dots\dots\dots(6)$$

特に $G_1 = G_2 = G$ の場合は

$$Z_{in} = \frac{1}{G^2 Z_L} \Big|_{G_1 = G_2 = G} = \frac{1}{G^2 Z_L} \dots\dots\dots(7)$$

この(6), (7)式は、一方の端子にインピーダンス Z_L を接続した場合、もう一方の端子からみたインピーダンス Z_{in} がそのインピーダンス Z_L に反比例していることを示し、 Z_L が抵抗 R ・容量 C ・インダクタンス L ならば(6)式より Z_{in} はそれぞれ $1/G_1 G_2 R \cdot j\omega C/G_1 G_2 \cdot 1/j\omega G_1 G_2 L$ となり容量性・誘導性の負荷をそれぞれ誘導性・容量性に反転し、抵抗負荷はその逆数に比例していることを示す。このような動きをするジャイレータを ideal gyrator と perfect gyrator にわけて

$$\begin{cases} \text{ideal gyrator の条件} \dots BC=1 (G_1=G_2=G) \\ \text{perfect gyrator の条件} \dots BC \neq 1 (G_1 \neq G_2) \end{cases} \dots\dots(8)$$

で定義している。また今まで述べてきたジャイレータは positive gyrator (positive immittance inverter) でその他 negative gyrator (negative immittance inverter), imaginally gyrator 等がある。

ジャイレータの性質

1. ideal gyrator と perfect gyrator の性質

(8)式において、 B, C 平面 (B ; 横軸, C ; 縦軸) で表わせば Fig. 2 に示すように第1象限・第3象限に動作点を持ち、斜線部がジャイレータの動作範囲である。また Fig. 3 に ideal gyrator の動作点軌跡を示す。なお perfect gyrator の動作点は ideal gyrator の動作点を除いた第1・3象限全平面にある。

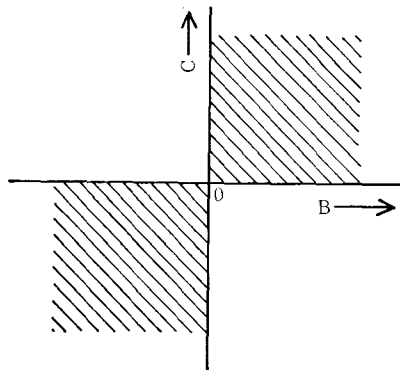


Fig. 2 Regions of gyration action in the BC plane.

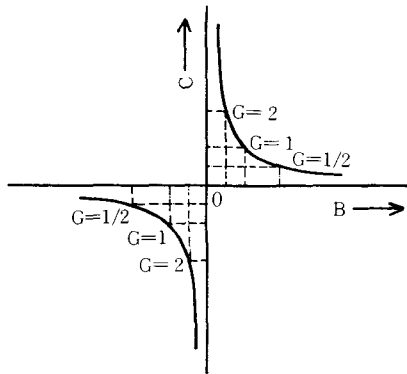


Fig. 3 Locus of operating points for the ideal gyrator.

また、伝送平面 (AB;横軸, BD;縦軸) では BC の正軸上 (BC の負軸上は negative gyrator) にジャイレータは動作点を持ち (0, 1) なる座標が ideal gyrator の動作点, その座標を除いた軸上が perfect gyrator の動作点となる。

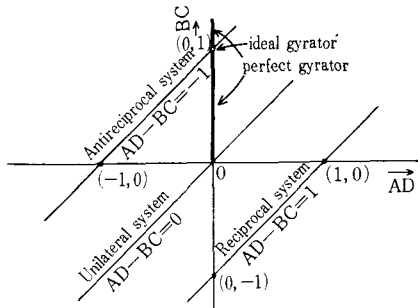


Fig. 4 Transmission plane.

次に ideal gyrator と perfect gyrator の性質を簡条書きにすれば

- (イ) $A=D=0$ より ideal gyrator 並びに perfect gyrator は共に symmetrical である。
- (ロ) $BC > 0$ なる条件の為 $|F| = AD - BC \neq 1$ となり Nonreciprocal system である。特に ideal gyrator は $BC=1$ なる条件を有している為 $|F| = -1$ が得られる。すなわち Antireciprocal system である。また perfect gyrator は $|F| \neq -1$ となり Unantireciprocal system である。
- (ハ) $|F| = -BC \neq 0$ なる条件があり, Bilateral

system である。

2. ideal gyrator の無方向性

ジャイレータを三端子素子と考え、アドミッタンス行列を用いて表わす。Fig. 5 において三端子網の各端子から流れ込む電流を i_1, i_2, i_3 また任意の点を基準点として各端子の電位を v_1, v_2, v_3 とすると次式が成立する。

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(9)$$

この右辺のマトリックス

$$[Y] = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(10)$$

を不定アドミッタンス行列といい、次なる条件式を有している。

$$\left. \begin{aligned} y_{11} + y_{21} + y_{31} &= 0, & y_{11} + y_{12} + y_{13} &= 0 \\ y_{12} + y_{22} + y_{32} &= 0, & y_{21} + y_{22} + y_{23} &= 0 \\ y_{13} + y_{23} + y_{33} &= 0, & y_{31} + y_{32} + y_{33} &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

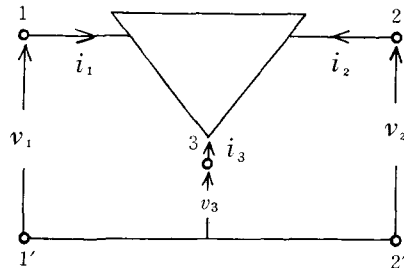


Fig. 5 3-terminal network.

そこで、 v_3 の電圧を基準点に選んだ場合、すなわち端子 3 を入力側・出力側に共通して得られる四端子網のアドミッタンス行列を

$$\begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G_1 \\ \mp G_2 & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(12)$$

とすれば、(11)式より

$$\left. \begin{aligned} y_{31} &= \pm G_2, & y_{13} &= \mp G_1, & y_{33} &= \pm G_1 \mp G_2 \\ y_{32} &= \mp G_1, & y_{23} &= \pm G_2 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(13)$$

が得られる。従って perfect gyrator の不定アドミッタンス行列は次式で与えられる。

$$[Y]_{p.g.} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G_1 & \mp G_1 \\ \mp G_2 & 0 & \pm G_2 \\ \pm G_2 & \mp G_1 & \pm G_1 \mp G_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(14)$$

この不定アドミッタンス行列はあまり意味を持たない。そこで ideal gyrator の条件 $G_1=G_2=G$ を上式において考慮すれば

$$[Y]_{I.G.} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G & \mp G \\ \mp G & 0 & \pm G \\ \pm G & \mp G & \pm G \mp G \end{bmatrix}_{G_1=G_2=G}$$

$$= \begin{bmatrix} 0 & \pm G & \mp G \\ \mp G & 0 & \pm G \\ \pm G & \mp G & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(15)$$

となる。

従って(15)式より端子3を共通接地にすれば、このマトリックスの3行3列を消去して残りの2行2列のマトリックスがその四端子網のアドミッタンス行列となり、同様に端子2並びに端子1を共通接地すれば2行2列及び1行1列を消去した残りのマトリックスがその回路のアドミッタンス行列となる。

すなわち

端子3を共通接地

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G \\ \mp G & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}$$

端子2を共通接地

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \mp G \\ \pm G & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

端子1を共通接地

$$\begin{bmatrix} i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm G \\ \mp G & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}$$

} \dots\dots\dots(16)

となる。

(16)式より、これらは全て ideal gyrator となっており、また入力端と出力端を入れ換えれば上の各々のマトリックスの各要素がただ単に符号のみ反転するだけである。以上のことよりジャイレータを三端子で表わし、ideal gyrator の条件 ($G_1=G_2=G$) を満足させれば入出力端子をどのように変更しても(裏返し変換も含む)すべて ideal gyrator であることがわかる。

3. ジャイレータと passive circuit を接続した場合の性質

3-1 passive circuit をジャイレータの前に置く場合

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & \pm B_{G1} \\ \pm C_{G1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \pm C_{G1}B & \pm B_{G1}A \\ \pm C_{G1}D & \pm B_{G1}C \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(17)$$

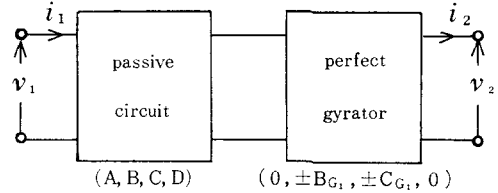


Fig. 6 A cascade network configuration.

3-2 passive circuit をジャイレータの後に置く場合

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm B_{G1} \\ \pm C_{G1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \pm B_{G1}C & \pm B_{G1}D \\ \pm C_{G1}A & \pm C_{G1}B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(18)$$

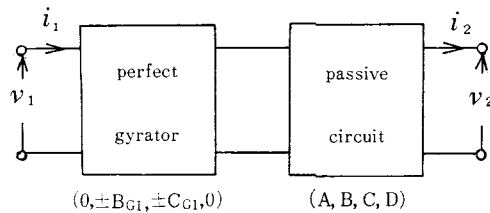


Fig. 7 A cascade network configuration.

3-3 ジャイレータの間に passive circuit を置く場合

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ i_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \pm B_{G1} \\ \pm C_{G1} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & \pm B_{G2} \\ \pm C_{G2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} B_{G1}C_{G2}D & B_{G1}B_{G2}C \\ C_{G1}C_{G2}B & C_{G1}B_{G2}A \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_2 \\ i_2 \end{bmatrix} \dots\dots\dots(19)$$

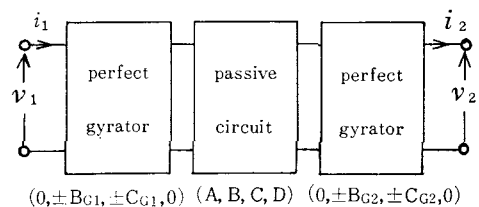


Fig. 8 A cascade network configuration.

以上の(17), (18), (19)式より passive circuit の F-パラメータ (A, B, C, D) の動きをまとめれば次の Fig. 9 のようになる。

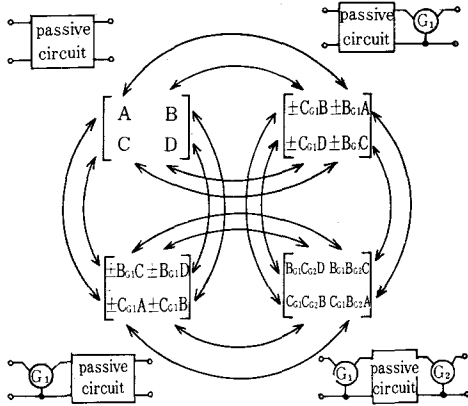


Fig. 9

(19)式の F-マトリックスにおいて

$$\left. \begin{aligned} B_{G1}C_{G2} &= C_{G1}B_{G2} = 1 \\ B_{G1} &= B_{G2} = R \end{aligned} \right\}$$

なる条件を考慮すれば

$$\begin{bmatrix} B_{G1}C_{G2}D & B_{G1}B_{G2}C \\ C_{G1}C_{G2}B & C_{G1}B_{G2}A \end{bmatrix} \begin{matrix} B_{G1}C_{G2} = C_{G1}B_{G2} = 1 \\ B_{G1} = B_{G2} = R \end{matrix} = \begin{bmatrix} D & R^2C \\ B/R^2 & A \end{bmatrix}$$

が得られる。従って、Fig. 10 に示すように passive circuit と ideal gyration が 2 個あれば 2-port の相互変換 (裏返し変換・双対変換・反双対変換) が実現できる。

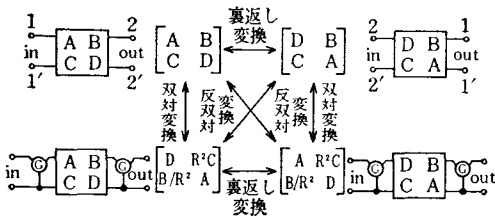


Fig. 10

4. Fig. 8 の構成回路での等価相互誘導回路

Fig. 11 (a) に示す相互インダクタンス M を有する相互誘導回路を図(b), (c)の T 形等価回路, π 形等価回路

に置き換え F-マトリックスを求めると

$$[F] = \begin{bmatrix} L_1/M & j\omega(L_1L_2 - M^2)/M \\ 1/j\omega M & L_2/M \end{bmatrix} \dots\dots\dots (20)$$

となる。

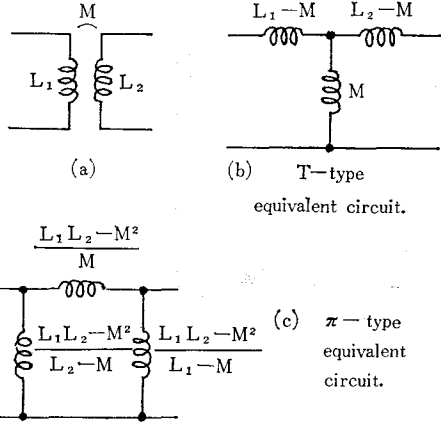


Fig. 11

この相互誘導回路を Fig. 8 に示したジャイレータと passive circuit の組み合わせ回路で実現する為には(19)式の F-マトリックスと(20)式で表わした F-マトリックスの各々の component を等しく置けばよい。ゆえに、次なる条件が必要となる。

$$\left. \begin{aligned} B_{G1}C_{G2}D &= \frac{L_1}{M} \\ B_{G1}B_{G2}C &= j\omega \frac{L_1L_2 - M^2}{M} \\ C_{G1}C_{G2}B &= \frac{1}{j\omega M} \\ C_{G1}B_{G2}A &= \frac{L_2}{M} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

(21)式より, L_1, L_2, M について解けば

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{B_{G1}}{C_{G1}} \cdot \frac{D}{B} \\ L_2 &= \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{B_{G2}}{C_{G2}} \cdot \frac{A}{B} \\ M &= \frac{1}{j\omega C_{G1}C_{G2}B} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

ただし

$$\begin{aligned} B_{G1}B_{G2}C &= j\omega \frac{L_1L_2 - M^2}{M} \\ &= j\omega (B_{G1}B_{G2}C_{G1}C_{G2}AD - 1)M \\ &= (B_{G1}B_{G2}C_{G1}C_{G2}AD - 1) \frac{1}{C_{G1}C_{G2}B} \end{aligned}$$

$$\therefore B_{G1}B_{G2}C_{G1}C_{G2}(AD-BC)=1$$

所で A, B, C, D は passive circuit の F-マトリックス component で reciprocal system の条件 $AD-BC=1$ を満足しているから上式は

$$B_{G1}B_{G2}C_{G1}C_{G2}=1 \quad \dots\dots\dots(23)$$

となる。

次に passive circuit の F-マトリックス component A, B, C, D を決定する。この場合 perfect gyrator を使用するので $B_{G1}, B_{G2}, C_{G1}, C_{G2}$ は全て実数を持っていることに注意し、(23)式の条件を満足するよう、すなわち

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{C_{G1}B_{G2}} \cdot \frac{L_2}{M}, & B &= \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{1}{C_{G1}C_{G2}} \cdot \frac{1}{M} \\ C &= j\omega \cdot \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} \cdot \frac{L_1L_2 - M^2}{M}, & D &= \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} \cdot \frac{L_1}{M} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(24)$$

なる実数あるいは虚数のみをもつ A, B, C, D を作成しなければならない。そこでこのような条件を満足する passive circuit の一例を Table-1 に示す。

Type	Circuit	A	B	C	D
┘		$1 + \frac{C_2}{C_1}$	$\frac{1}{j\omega C_1}$	$j\omega C_2$	1
┘		1	$\frac{1}{j\omega C_1}$	$j\omega C_2$	$1 + \frac{C_2}{C_1}$
┘		$1 + \frac{C_2}{C_1}$	$\frac{1}{j\omega} \left(\frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2} \right)$	$j\omega C_2$	$1 + \frac{C_2}{C_1}$
┘		$1 + \frac{C_2}{C_1}$	$\frac{1}{j\omega C_1}$	$j\omega \frac{C_1 + C_2}{C_1}$	$1 + \frac{C_2}{C_1}$
×		$\frac{C_1 + C_2}{C_1 - C_2}$	$\frac{1}{j\omega} \frac{2}{C_1 - C_2}$	$j\omega \frac{2C_1 C_2}{C_1 - C_2}$	$\frac{C_1 + C_2}{C_1 - C_2}$

Table-1 passive circuit.

Table-1 の各種 passive circuit の F-マトリックス component を(24)式に代入し、自己インダクタンス L_1, L_2 相互インダクタンス M を求めると次のようになる。

┘-Type において

$$L_1 = \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{B_{G1}}{C_{G1}} \cdot \frac{D}{B} = \frac{B_{G1}C_1}{C_{G1}}$$

$$L_2 = \frac{1}{j\omega} \cdot \frac{B_{G2}}{C_{G2}} \cdot \frac{A}{B} = \frac{B_{G2}(C_1 + C_2)}{C_{G2}}$$

$$M = \frac{1}{j\omega C_{G1}C_{G2}} \cdot \frac{1}{B} = \frac{1}{C_{G1}C_{G2}} C_1$$

同様に ┘-type, ┘-type, π-type, ×-type について求めれば Table-2 のようになる。

Type	L_1	L_2	M
┘	$\frac{B_{G1}}{C_{G1}} C_1$	$\frac{B_{G2}}{C_{G2}} (C_1 + C_2)$	$\frac{1}{C_{G1}C_{G2}} C_1$
┘	$\frac{B_{G1}}{C_{G1}} (C_1 + C_2)$	$\frac{B_{G2}}{C_{G2}} C_1$	$\frac{1}{C_{G1}C_{G2}} C_1$
┘	$\frac{B_{G1}}{C_{G1}} \frac{C_1(C_1 + C_2)}{C_1 + C_2 + C_3}$	$\frac{B_{G2}}{C_{G2}} \frac{C_2(C_1 + C_2)}{C_1 + C_2 + C_3}$	$\frac{1}{C_{G1}C_{G2}} \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2 + C_3}$
┘	$\frac{B_{G1}}{C_{G1}} (C_1 + C_2)$	$\frac{B_{G2}}{C_{G2}} (C_1 + C_2)$	$\frac{1}{C_{G1}C_{G2}} C_1$
×	$\frac{B_{G1}}{C_{G1}} \frac{C_1 + C_2}{2}$	$\frac{B_{G2}}{C_{G2}} \frac{C_1 + C_2}{2}$	$\frac{1}{C_{G1}C_{G2}} \frac{C_1 - C_2}{2}$

Table-2

ただし、Table-2 に示す L_1, L_2, M なる値を持つためには(23)式、すなわち $B_{G1}B_{G2}C_{G1}C_{G2}=1$ を満足していなければならない。この式において、 $B_{G1}C_{G2}$ を横軸、 $C_{G1}B_{G2}$ を縦軸にとれば Fig. 12 のような曲線になる。したがってこの平面内の第1象限と第3象限に値をもつジャイレータ G_1, G_2 の構成方法は

イ) 第1象限に値を持つには

(1) G_1 ; positive gyrator, G_2 ; positive gyrator.

(2) G_1 ; negative gyrator, G_2 ; negative gyrator.

ロ) 第3象限に値を持つには

(3) G_1 ; positive gyrator, G_2 ; negative gyrator.

(4) G_1 ; negative gyrator, G_2 ; positive gyrator.

等があるが(2), (3), (4)の場合は L_1, L_2, M のいずれかが負になるので相互誘導回路と等価にはならない。そこで、(1)の G_1, G_2 が共に positive gyrator の場合について検討する。

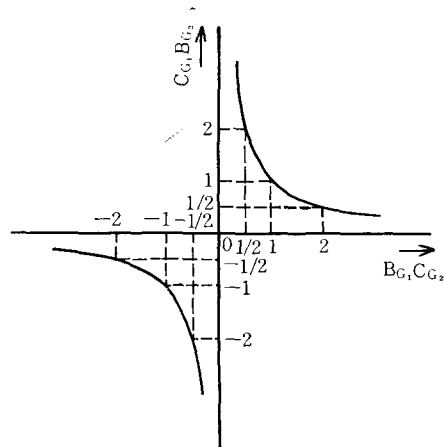


Fig. 12

Table-2 において, L_1, L_2, M を(25)式に示すような一般形におく。

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{1}{C_{G1}C_{G2}} x_M \\ L_1 &= \frac{B_{G1}}{C_{G1}} x_1 = \frac{x_1}{x_M} MB_{G1}C_{G2} \\ L_2 &= \frac{B_{G2}}{C_{G2}} x_2 = \frac{x_2}{x_M} M \cdot \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots(25)$$

ただし $x_1, x_2 \geq x_M$

また丁形等価回路に置き換える場合には

$$\left. \begin{aligned} L_1 - M &= \left(\frac{x_1}{x_M} B_{G1}C_{G2} - 1 \right) M \\ L_2 - M &= \left(\frac{x_2}{x_M} \cdot \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} - 1 \right) M \end{aligned} \right\} \dots\dots(26)$$

が必要になる。ここで $x_1/x_M = k_1, x_2/x_M = k_2$ とすれば(25), (26)式は

$$\left. \begin{aligned} L_1 &= k_1 MB_{G1}C_{G2}, \quad L_2 = k_2 M \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} \\ M &= \frac{1}{C_{G1}C_{G2}} x_M, \quad L_1 - M = (k_1 B_{G1}C_{G2} - 1) M \\ L_2 - M &= \left(k_2 \frac{1}{B_{G1}C_{G2}} - 1 \right) M \quad \text{ただし } k_1, k_2 \geq 1 \end{aligned} \right\} \dots\dots(27)$$

となり $L_1, L_2, L_1 - M, L_2 - M - B_{G1}C_{G2}$ 特性, L_1, L_2 の取り得る範囲, $L_1 - M, L_2 - M$ の取り得る範囲をそれぞれ Fig. 13 (a), (b), (c) に示す。ただし $B_{G1}C_{G2}$ 軸より下の半平面内ではインダクタンスは負の値となり, これは誘導性ではなくて容量性なので意味がない。

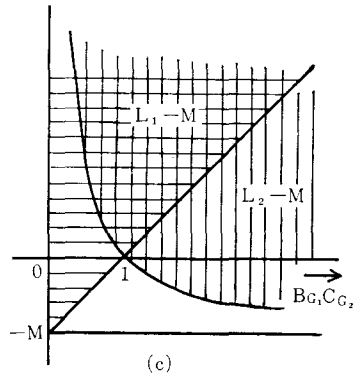
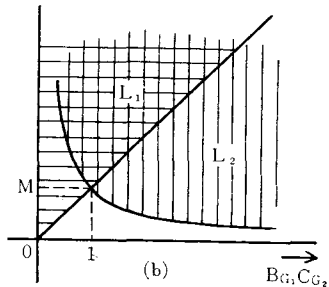
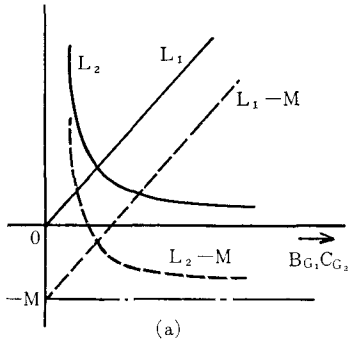


Fig. 13

む す び

ideal gyrator において, その不定アドミタンス行列は(19)式で与えられ, 入出力端子をどのように変更してもすべて ideal gyrator として働くことがわかった。またジャイレータと passive circuit の組み合わせ方により passive circuit の F-マトリックス component が Fig. 9 のように移動することを明らかにし, 特にジャイレータの間に passive circuit を置く場合は Fig. 10 に示すような 2-port の相互変換が実現でき, その双対性を利用した等価相互誘導回路を作成することができる。

なお F-マトリックス component $B_{G1}, B_{G2}, C_{G1}, C_{G2}$ を固定して相互インダクタンスを可変する場合, Table-1 により可変要素としてはいろいろ考えられるがこのような回路構成だと M を可変すると L_1 あるいは L_2 の値が変わるという独立可変性を持っていない。今後はこの M の独立可変と相互誘導回路の応用についての検討を行なう予定である。

文 献

- 1) 川上正光; “基礎電気回路 I”, コロナ社
- 2) 柳沢健; “能動回路の基礎と応用”, 共立出版
- 3) 斎藤正男; “回路網理論入門”, 東大出版会
- 4) 斎藤正男; “回路網理論演習”, 学献社
- 5) L.P.Huelsman; “Theory and Design of Active RC circuit”, McGraw-Hill.
- 6) L.P.Huelsman; “Active Filters; Lumped, Distributed, Integrated Digital, and Parametric”, McGraw-Hill.