

# CR を用いた回路に就いて (其の一)

井 上 浩

Some Considerations on RC Network (Part 1).

Hiroshi INOUE

The Synthesis of the RC network has been made by Guillemin in 1949, but this does not represent the attenuation function explicitly, and the design of RC Network wants some considerations in the function. The author have given some notes on this function in the Lecture-Meeting in May 1951 at Kyoto: the present paper is the same thing, including the Class I (parallel T circuit) and the class II of the RC filter, in the sense of Tschebyscheff approximation. On the phase splitting-network with the RC-elements it will be reported in the next paper.

## 1. 緒 言

LC を用いた回路の理論が、其の儘 RC を用いた回路の成に利用出来るかとの命題は既に解決され、RC を用いると別個の合成法が必要であることが述べられた。<sup>(1)</sup> 然して此の論文は合成法に詳しいが減衰函数の与え方について明らかでないので筆者等は此の点を明にすべく考察を試みた。<sup>(2)</sup> 最も簡單なる RC 濾波器の減衰函数について述べ、次に Tschebyscheff の近似する減衰函数に就いて述べ設計に資せんとする。其の一は 低域濾波器としての研究を述べ、其の二は位相差分波器としての研究に就いて述べる。

## 2. 簡單なる濾波器の減衰函数

$Z_1$  と  $Z_2$  で格子型回路を形成し、 $Z_1$  と  $Z_2$  とを夫々の図の様に与えるものとする。

$$Z_1 = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + j\omega C_1}$$

$$Z_2 = \frac{1}{j\omega C_2} + R_2$$

$Z_1$  と  $Z_2$  が、 $\omega\infty$  なる角周波数で相等しい値を示す時には

$$R_2 = \frac{R_1}{1 + \omega^2\infty C_1^2 R_1^2}$$

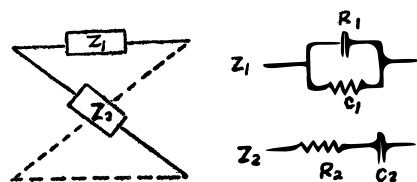
$$C_2 = \frac{1 + \omega^2\infty C_1^2 R_1^2}{\omega^2\infty C_1 R_1^2}$$

となるから  $C_1 R_1 = \frac{1}{\omega_0}$      $\frac{\omega}{\omega_0} = \Omega$      $\frac{\omega\infty}{\omega_0} = \Omega\infty$  とおくと

$$R_2 = \frac{R_1}{1 + \Omega_0^2}$$

$$C_2 = \frac{1 + \Omega_0^2\infty}{\Omega\infty^2} C_1$$

として求められる。此の回路を開放で使用すると、電圧減衰量は



第 1 図 基本回路

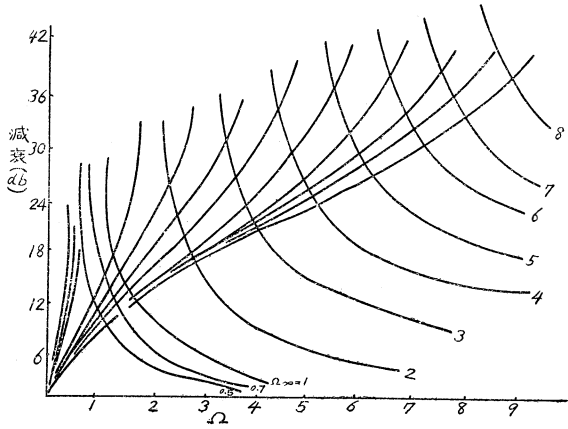
$$\left| \frac{E_1}{E_2} \right| = \frac{Z_1 + Z_2}{Z_1 - Z_2}$$

となつて、標準化せる周波数を使用して

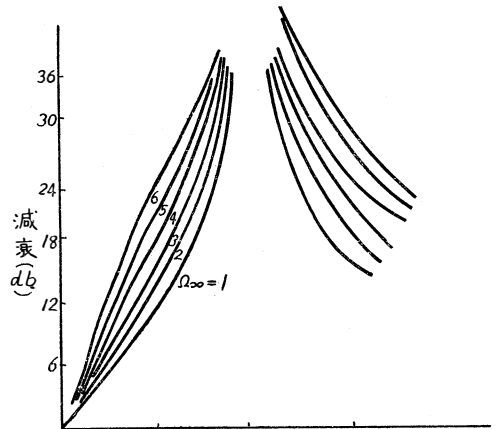
$$A = 20 \log \left| \frac{E_1}{E_2} \right| = 10 \log \frac{(2 + \Omega^2 \infty + \Omega^2) + (\Omega^2 \infty - \frac{1}{\Omega} + \Omega + 2\Omega^2 \infty \Omega^2)}{(\Omega^2 \infty - \Omega^2)^2 + (\Omega_1 - \Omega^2 \infty / \Omega)^2}$$

で与えられる。図に示すと第二図の様になる。

これは LC 濾波器の誘導 M 型に対応するものである。これを帯域比で表すと第三図の様になつ



第 2 図

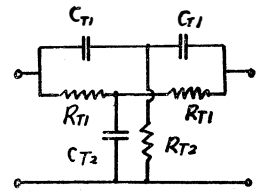


第 3 図

て、必要に応じ帯域比を適当に選ぶ必要がある。此の回路は周知の様に並列 T 型に変換され、其の素子の間には次の関係があり

$$\begin{aligned} R_{T1} &= R_1 & R_{T2} &= \frac{R_1}{2\Omega^2 \infty} \\ C_{T1} &= C_1 & C_{T2} &= \frac{2C_1}{\Omega^2 \infty} \end{aligned}$$

なる式で求めることが出来る。



第4図 基本回路よりの変形

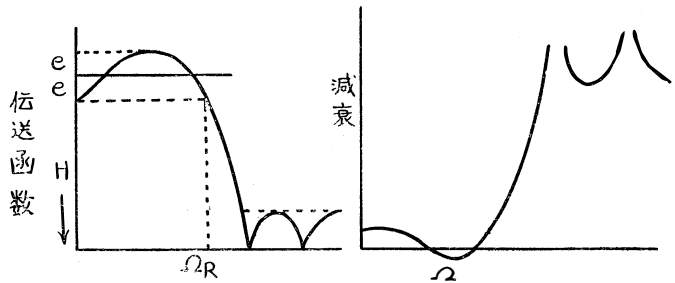
### 3. 減衰函数の近似法

角周波数  $\omega$  に対して  $\tan \frac{\phi}{2} = \omega$  なる変換をほどこすと、減衰函数は偶函数であり cosine の級数に展開されることは周知のことで<sup>(3)(4)</sup> (位相函数は附随位相量のみ、係数の付号を変つた sine 函数で近似される。) 函数を  $\phi$  とし

$$\phi_1 = a_0 + a_1 \cos \phi + a_2 \cos 2\phi + \dots + a_n \cos n\phi + \dots$$

として表すものとする。

今 Tscheysleff の意味で近似を行うものとする  $\phi_1^2$  が伝送函数  $Y_{12}$  に比例する故低域濾波器に於ては通過域では 1 に近似し減衰域では 0 に近似する様にする。

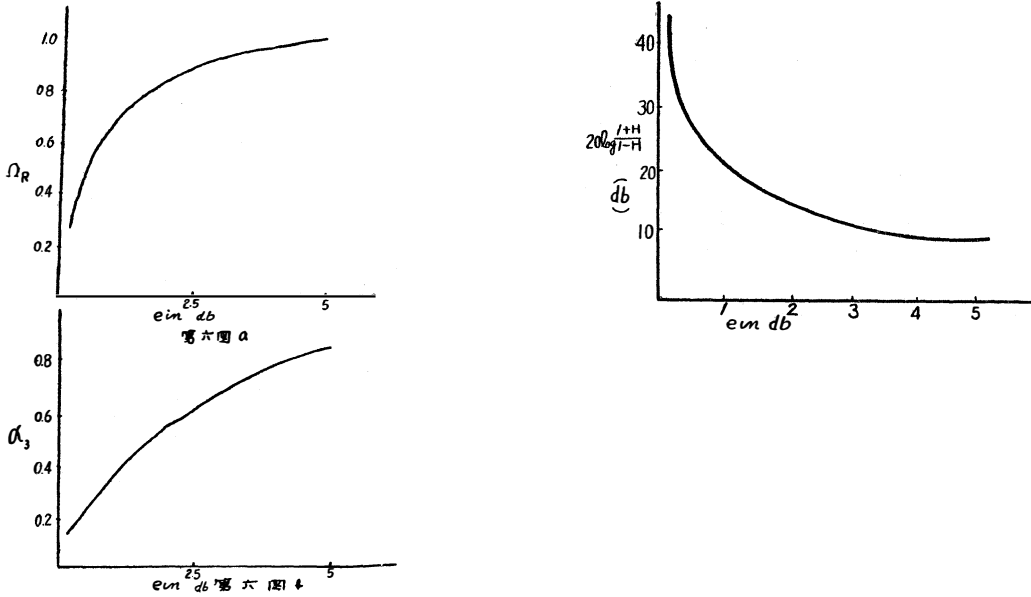


第 5 図

従つて通過域の利得偏差  $e$  を与えると減衰域の最小減衰量は決定出来るものである。次に CR で実現可能な様に  $Y_{12}$  の分母を決定するとよい。此の方法は例題で判明するであろう。今三次の項までに限つた時の

$$\Phi_1 = (a_0 + a_1 \cos \varphi + a_3 \cos 3\varphi)^2$$

の時の利得偏差  $e$ , 最小減衰量  $\log \frac{1+H}{1-H}$  通過域  $\Omega_K$  は図に示す様になる。LC 回路と比較して、減衰が余り増大出来ないことが分る。



#### 4. 設 計 例

通過域に於ける利得偏差  $e = \pm 0.36 \text{ dB}$  とした時減衰域に於て、 $22.47 \text{ dB}$  となり、 $\alpha_3 = 0.305$ ,  $\alpha_0 = 0.81$  となる (前節の図面参照)

$$\Phi_1 = \{ 0.81 + \cos \varphi - 0.305 \cos 3\varphi \}^2$$

故に  $\varphi$  を  $\lambda = j\omega$  に変換して  $F_1(\lambda^2)$  で表わすと

$$F_1(\lambda^2) = \left\{ \frac{1.505 - 8.005\lambda^2 - 3.144\lambda^4 - 0.115\lambda^6}{(1-\lambda^2)^3} \right\}^2$$

$\Phi_1$  の負根は  $\varphi_1 = 159^\circ 90'$ ,  $\varphi_2 = 120^\circ 20'$  であるから  $\Omega^2 = 24.47$        $\Omega_2^2 = 3.04$

正根は  $\varphi_3 = 45^\circ 10'$        $\Omega^2 = 0.1728$

となり  $F_1(\lambda^2) = \left\{ \frac{0.115(24.47 + \lambda^2)(3.04 + \lambda^2)(0.172 - \lambda^2)}{(1-\lambda^2)^3} \right\}^2$

$$Y_{12} = \frac{F_1(\lambda^2)}{F_2(\lambda^2)}$$

$E_2(\lambda^2)$  は CR で実現可能な様に与えるもので、 $F_2$  に対して

$$\Phi_2 = \left\{ \frac{1}{g} (1 + \beta_1 \cos \varphi) (1 + \beta_1 \cos \varphi) \cdots (1 + \beta_n \cos \varphi) \right\}$$

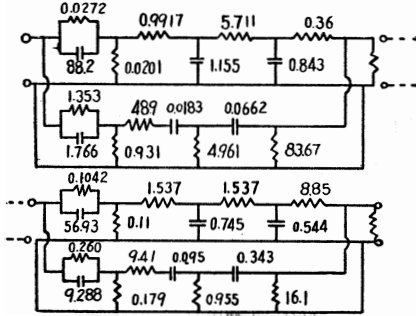
と与えるものとする。此の  $\Phi_2$  に対して、 $0.36 \text{ dB}$  を与えるものとして

$$\beta_0 = 1.62, \quad \beta_1 = 0.2, \quad \beta_2 = -0.2, \quad \beta_3 = -0.001$$

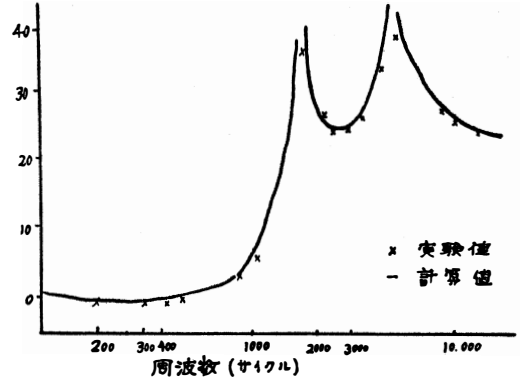
と決定される。従つて

$$Y_{12} = 0.007387 \frac{(0.415 - \lambda)(24.47 + \lambda^2)(0.415 + \lambda)(3.04 + \lambda^2)}{\{(1.224 + \lambda)(0.999 + \lambda)(0.816 + \lambda)\}^2} = Y_{12}^{(1)}(\lambda) \dot{Y}_{12}^{(2)}(\lambda)$$

$Y_{12}$  を二個の単位回路に分け中間に増巾器を入れるものとする。此の回路は Guillemin の一般合成法に依り実現可能であり、第七図の様になる。



第 7 図



第 8 図 実験例

此の回路の実験結果は第八図に示す。設計値と実験値はよく一致することが分る。

### 5. 結 言

CR を用いた濾波器の設計に於て、出力端を開放で使用する場合並列 T 型回路の設計式及、一般減衰曲線を与えた。又出力端を終端して使用する時、減衰函数を近似法及び、最小減衰量と利得偏差、通過周波数との関係を与えた。此の結果は CR 濾波器の設計に資すると考えられる。終に常に御指導を載く、工学部長石原先生及び 東北大永井教授に御礼申し上げると共に、援助を得た三石昭治君に感謝の意を表わす次第である。

### 文 献

- (1) Gullemin : J. Math Phy 1949 April
- (2) 井上, 三石 : 昭和36年5月 電気学会講演会(京都)
- (3) Bode : Network analysis and Feed back Amplifier design 1945, van Nostrand Co.
- (4) Cauer : ENT. 1940 Jan,

# 正 誤 表

頁	誤	正
15頁 終りから 8行目	$\Omega^2=24.27$	$\Omega_1^2=24.27$
15頁 終りから 7行目	$\Omega^2=0.1728$	$\Omega_5^2=0.1728$
18頁 13行目	摺動抵抗	摺動抵抗
24頁 12行目	ような	ような
25頁 5行目	の位置	の位置
26頁 12行目	テスター	テスター
33頁 題を含めて10行目	about	about
40頁 表を除き1行目	硝子光沢	硝子状光沢
41頁 表中13の10列目	普有	普通
42頁 表を除き1行目	190°C 5 min	190°C, 5 min.
42頁 表を除き9行目	200kg/dm <sup>2</sup>	200kg/cm <sup>2</sup>
43頁 第1図縦軸上部	kg/cm	kg/cm <sup>2</sup>
45頁 題を含めて5行目	Jigokudani	Zigokudani
49頁 下から4行目	3. From Figure 3,	3. From Figure 2,
53頁 Exp. No. 14	0.391	0.361
100頁 下から2行目	不確実さる	不確実さを
102頁 8行目	4 におて	4 において
102頁 下から11行目	有効経	有効径
最終頁CONTENTS 8行目	Elctric Conductivity	Electric Conductivity
〃 〃	Water	Water
〃 9行目	Instantaneus	Instantaneous
〃 24行目	Electro-depostiion	Electro-deposition
〃 28行目	(Part1)	(Part 1)