

W1 3通過帯域を有する能動RC分波器の構成

横田 修^{*} 渡辺 弘道 菊池 久和 佐々木 重信
新潟大学工学

1. はじめに

入力信号をいくつかの周波数帯に分離して出力する回路を分波器という。分波器に必要な条件は、分離された電力の和が、周波数に依存しないことである。

今回の報告では低域通過、中域通過、高域通過の3出力からなる振幅平坦特性の分波器を相補特性と反射電力の関係を用いて構成する方法、及び、実験結果を報告する。

2. 相補特性フィルタの構成

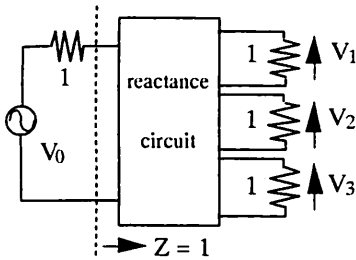


図1 相補特性フィルタのイメージ図

相補特性の関係を求める際に、図1のような回路を考える。この回路においてインピーダンスマッチングがとれているとすると、リアクタンス回路部分では、無損失であるから、電源の固有電力は全て終端の3つの抵抗で消費される。つまり、電力について次式の関係が成立する。

$$\frac{|V_0|^2}{4} = \frac{|V_1|^2}{1} + \frac{|V_2|^2}{1} + \frac{|V_3|^2}{1} \quad (1)$$

式(1)を変形して式(2)を得る。

$$\frac{|V_1|^2}{|V_0|^2} + \frac{|V_2|^2}{|V_0|^2} + \frac{|V_3|^2}{|V_0|^2} = 1 \quad (2)$$

式(2)から3つの振幅自乗関数の和は周波数によらず一定になることがわかる。ここで重要なことは、この関係が成立するとき、2つの伝達関数を定めると残りのもう1つの伝達関数が自動的に定まることである。このとき3つの伝達関数 $V_1/V_0, V_2/V_0, V_3/V_0$ は互いに相補特性の関係であるといい、式(2)を相補特性の関係式と呼ぶ。本報告ではこの相補特性の関係を用いて3出力の分波器を構成する方法を述べる。

3. 振幅自乗関数について

低域通過、中域通過、高域通過の特性を持つ振幅自乗関数をそれぞれ次式のように定義する。

$$\frac{|V_1|^2}{|V_0|^2} = \frac{1}{4} \frac{1}{(1 + (\beta x)^{2n})(1 + (\frac{x}{\beta})^{2n})} \quad \dots\dots(\text{低域通過}) \quad (3)$$

$$\frac{|V_2|^2}{|V_0|^2} = \frac{1}{4} \frac{(\beta^{2n} + \frac{1}{\beta^{2n}}) x^{2n}}{(1 + (\beta x)^{2n})(1 + (\frac{x}{\beta})^{2n})} \quad \dots\dots(\text{中域通過}) \quad (4)$$

$$\frac{|V_3|^2}{|V_0|^2} = \frac{1}{4} \frac{x^{4n}}{(1 + (\beta x)^{2n})(1 + (\frac{x}{\beta})^{2n})} \quad \dots\dots(\text{高域通過}) \quad (5)$$

ここで、式(3),(4),(5)は分波器の条件、即ち式(2)を満足している。

4. 3出力分波器の構成

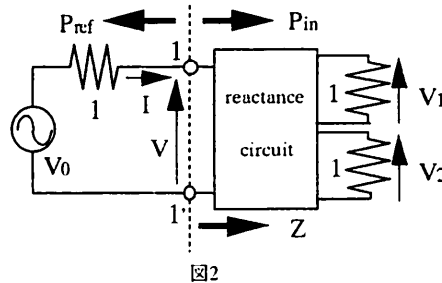


図2

図2の回路を考える。端子1-1' から見込んだインピーダンスをZとする。入射電力、反射電力⁽³⁾はそれぞれ次式で与えられる。

$$P_{in} = \frac{1}{2} \frac{Z + \bar{Z}}{|Z + 1|^2} |V_0|^2 \quad (6)$$

$$P_{ref} = \frac{1}{4} \frac{|Z - 1|^2}{|Z + 1|^2} |V_0|^2 \quad (7)$$

式(7)で与えられる反射電力が、希望の特性の1つになるようなインピーダンス関数を求める。そのインピーダンス関数を宮田の理論⁽¹⁾を用いて、終端に2つの抵抗を有する受動回路を求める。ここで求められた受動回路は残りの2つの特性を満足する回路である。

次に図3に示されているように、先の受動回路の

入力段に[Fc]なるマトリクスを持つ回路を接続し、相補特性フィルタが構成される。

このフィルタは、 V_0 を入力、 I_0 を1つの出力とし、図3の端子1-1'の右側の回路から2つの出力を取り出す。1入力3出力の相補特性フィルタである。

実際には、電流 I_0 は取り出すことができないので、この相補特性フィルタは演算増幅器を用いて模擬することにより、能動RCフィルタとして構成される。

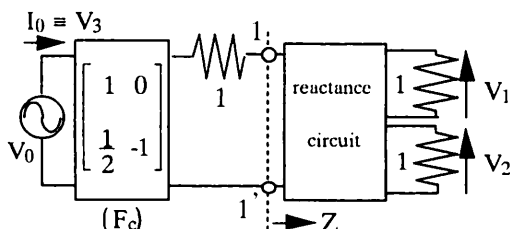


図3 相補特性フィルタ (電圧源駆動)

5. 実験結果

設計仕様は、式(3)、(4)、(5)において、 $n=2$ 、 $\beta=2$ 、中心周波数を1kHzとした。

式(7)の反射電力として、式(4)の特性を選ぶと、図3の端子1-1'の右側の受動回路は図4のようになる。

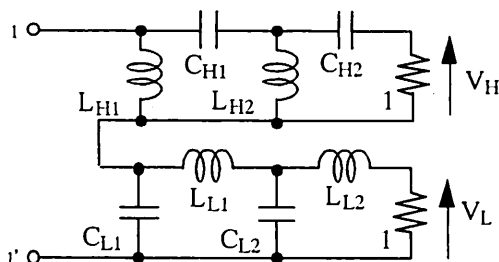


図4

表1 図4における素子値

$CL1 = 109711$ [nF]	$LH1 = 0.230881$ [mH]
$LL1 = 0.2868$ [mH]	$CH1 = 88320$ [nF]
$CL2 = 452986$ [nF]	$LH2 = 0.055918$ [mH]
$LL2 = 0.045015$ [mH]	$CH2 = 562697$ [nF]

図3の受動回路をシグナルフローグラフ化⁽²⁾し、演算増幅器を用いて模擬した実験結果を図5に示す。実線が理論値、点が実験値である。低域通過、高域通過特性は理論通りな結果が得られたが、中域通過特性は10kHz付近から利得が上昇する結果となった。

この利得の上昇は、演算増幅器の非理想性による位相回転の影響と考えられる。

$n=2$ 、 $\beta=2$ 、中心周波数 1kHz

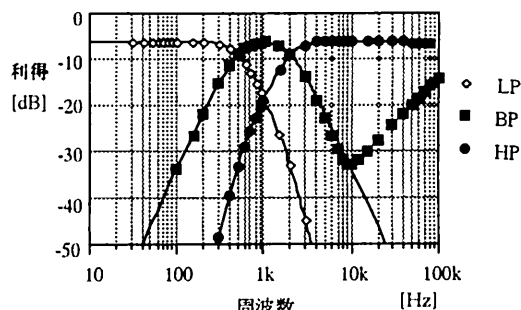


図5 実験結果

6. まとめ

今回の報告では相補特性の概念をアナログフィルタに応用し、3出力分波器の構成法について述べ、その例を示した。

本構成法は、3つの出力を取り出すのに3つのフィルタを構成するのではなく、相補特性と反射電力の関係から、2つの出力を持つ回路を構成し、その入力段に演算増幅器を1個加えるだけでもう1つの出力を取り出すことができるという特徴を有する。

今後の課題として、演算増幅器の位相回転の影響による特性劣化の軽減及び、より高次の分波器の構成等があげられる。

7. 参考文献

- (1)宮田 房近：
”回路網合成 1 (基礎編)”
共立出版株式会社
- (2)渡辺 弘道：
”マトリクスとシグナルフローグラフ
による受動LCR回路の能動化”
信学技法CST 76-81 (1976-10)
- (3)H.Baher：
”Synthesis of Electrical Network”
A Wiley Interscience Publication
- (4)横田 修：
”3通過帯域を有する能動RC分波器の構成”
電子回路研究会 ECT-95-1 (1995-1)