

多段側結合ストリップ線フィルタ回路のフォスタ型等価回路の導出 —固有モード展開による—

Derivation of Foster-Type Equivalent Network for Multi-Stage Side-Coupled Stripline Filter by Normal Mode Expansion

平岡 隆晴
Takaharu Hiraoka

許 瑞邦
Hsu, Jui-Pang

神奈川大学工学部電気工学科
Department of Electrical Engineering, Kanagawa University

1. はじめに 側結合ストリップ線フィルタ回路をフォスタ型等価回路に基づいて解析するには、共振時における動作周波数と回路の伝達特性つまり入出力線路間との結合度を知る必要がある。この結合度を求めるため、多段側結合回路についての固有値、固有関数から固有モードの電磁界分布を求め、そのフォスタ型等価回路の回路定数を解析的に導き出したので報告する。

2. 4段3共振器の固有モード 図1に結合区間が多段にわたって接続された構成の側結合ストリップ線フィルタ回路の概略図を示す。側結合回路では同相励振の偶モード、逆相励振の奇モードに分けて取り扱うので、各区間の導体端で境界条件を考慮することにより、 $A_e^{(i)}, A_o^{(i)}$ などで表す進行・反射波の任意振幅係数の関係がわかり、固有値、固有関数が得られる。特に長さ 2ℓ の共振器に1波長分布する場合はすべての導体と同じ周波数で共振するため縮退したモードとなり、各々のモードは直交性を用いることにより求めることができる。このように固有モード展開法では共振動作時の電磁界分布がわかることから、極展開法で不十分だった縮退モードの解析が行える。例として4段3共振器の場合の1波長モード12GHz)では5つの導体すべてが共振するため、5重縮退となり5つのモードが存在する。その時の固有関数を表1に、電圧分布を図2に示す。

3. フォスタ型等価回路の導出 固有関数に正規化を施して求めた結合度 N は、伝送線路理論のインピーダンス行列を極展開して求めた結合度と一致した。したがって、この結合度 N と共振周波数 f から各共振モード1つ1つに対応した無限個の共振器からなるフォスタ型等価回路を導出することができ、共振時の動作が容易に確認できる。図3に4段3共振器の直流モード、半波長モード(6GHz)と1波長モード(12GHz)まで考慮したフォスタ型等価回路ならびにその回路定数を示す。

4. むすび 側結合ストリップ線フィルタ回路をフォスタ型等価回路で表記するため、共振動作時の固有モードの電磁界分布を明らかにした上で、固有値、結合度などの等価回路定数を多段回路の場合について導出した。このことは回路の解析のみならず、今後フィルタ回路の合成へも有効であると考えられる。

参考文献 (1) 平岡, 穴田, 許 "側結合ストリップ線フィルタ回路の固有モードの実験による確認" 1995年信学春季全大C-119 (2) 平岡, 許 "側結合ストリップ線フィルタ回路のフォスタ型等価回路の導出—固有モード展開による—" 1995年信学秋季全大C-97

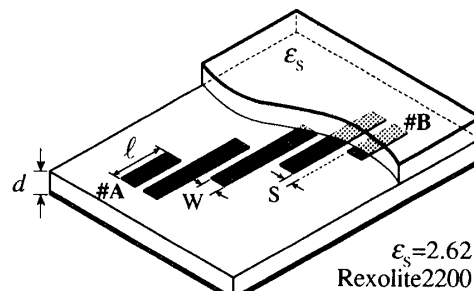


図1 多段側結合回路

表1 1波長モード固有関数

偶モード ($A_e^{(i)}, A_o^{(i)}, A_e^{(2)}$)	奇モード ($A_e^{(i)}, A_o^{(i)}$)
$V_e^{(1)} = 2A_e^{(1)} \cos \beta x^{(1)}$	$V_o^{(1)} = 2A_o^{(1)} \cos \beta x^{(1)}$
$V_o^{(1)} = 2A_o^{(1)} \cos \beta x^{(1)}$	$V_e^{(1)} = 2A_e^{(1)} \cos \beta x^{(1)}$
$V_e^{(2)} = 2A_e^{(2)} \cos \beta x^{(2)}$	$V_o^{(2)} = -(A_e^{(2)} - A_o^{(2)}) \cos \beta x^{(2)}$
$V_o^{(2)} = -2(A_e^{(2)} - A_o^{(2)} + A_e^{(2)}) \cos \beta x^{(2)}$	$V_e^{(2)} = -(A_e^{(2)} - A_o^{(2)}) \cos \beta x^{(2)}$
$V_e^{(3)} = -2A_e^{(2)} \cos \beta x^{(3)}$	$V_o^{(3)} = -(A_e^{(3)} - A_o^{(3)}) \cos \beta x^{(3)}$
$V_o^{(3)} = -2(A_e^{(3)} - A_o^{(3)} + A_e^{(3)}) \cos \beta x^{(3)}$	$V_e^{(3)} = (A_e^{(3)} - A_o^{(3)}) \cos \beta x^{(3)}$
$V_e^{(4)} = -2A_e^{(1)} \cos \beta x^{(4)}$	$V_o^{(4)} = 2A_e^{(1)} \cos \beta x^{(4)}$
$V_o^{(4)} = 2A_o^{(1)} \cos \beta x^{(4)}$	$V_e^{(4)} = -2A_o^{(1)} \cos \beta x^{(4)}$
(a) モード1 ($0, A_o^{(1)}, 0$)	(d) モード4 ($A_e^{(1)}, (3+\sqrt{2})A_e^{(1)}$)
(b) " 2 ($A_e^{(1)}, A_o^{(1)}, A_o^{(1)}$)	(c) モード5 ($A_e^{(1)}, (3-\sqrt{2})A_e^{(1)}$)
(c) " 3 ($A_e^{(1)}, 0, -A_e^{(1)}$)	

