

同轴腔对称广义切比雪夫滤波器耦合系数的讨论

周建梅 贾宝富 李军

(电子科技大学物理电子学院, 成都 610054)

摘要 两谐振腔间的耦合系数是带通滤波器设计中的一个重要参数, 它直接影响着滤波器的带宽^[1]。根据 Tamio Kawaguchi 对耦合系数的定义, 谐振腔间的耦合系数有正值、负值和零。基于此, 文章讨论了一种梳状滤波器耦合系数随耦合窗及输入输出抽头位置的变化情况。

关键词 同轴谐振器 耦合系数 切比雪夫函数滤波器

0 引言

在微波频段用分布式的线性谐振腔设计的带通滤波器很难实现单纯的电耦合或磁耦合。多数情况下, 两种耦合形式是混合存在的。Hong Jiaosheng 和 Lancaster 将谐振腔间的耦合分为三类^[2]: 电耦合、磁耦合、混合耦合, 其中混合耦合的符号总是为正。

后来, Tamio Kawaguchi 用一种新的等效电路表示分布式的线性谐振腔中电磁场之间的耦合, 指出耦合系数可以是正的、负的和零。此新定义对于滤波器的设计非常有用。

1 谐振频率与耦合系数

图 1 所示为由一窗口耦合的两个腔体的配置图^[3], 两个腔体可能不相同。

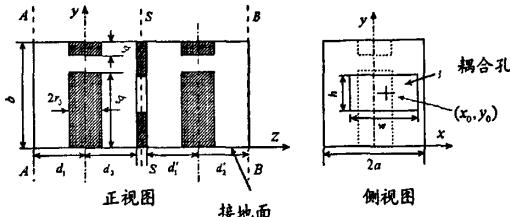


图 1 利用窗口耦合的两个同轴腔结构图

此结构在腔体谐振频率附近的等效电路如图 2 所示。

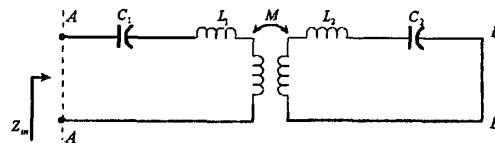


图 2 等效电路

对于两个相同的腔体, 其耦合系数的计算可表示为:

$$k = \frac{f_e^2 - f_m^2}{f_e^2 + f_m^2} \quad (1)$$

其中 f_e 和 f_m 分别为在对称面放置理想电壁和理想磁壁时腔体的谐振频率。

根据 Tamio Kawaguchi 的定义, 当 $k > 0$, 即 $f_m > f_e$ 时为磁耦合, 当 $k < 0$, 即 $f_m < f_e$ 时为电耦合。

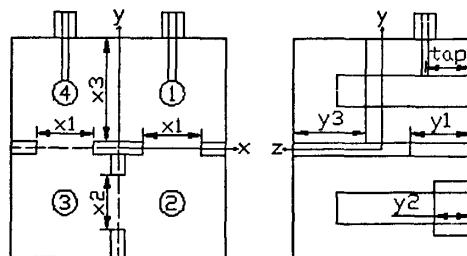


图 3 四腔对称同轴梳状滤波器的顶视图和侧视图

2 耦合系数的电磁仿真实现

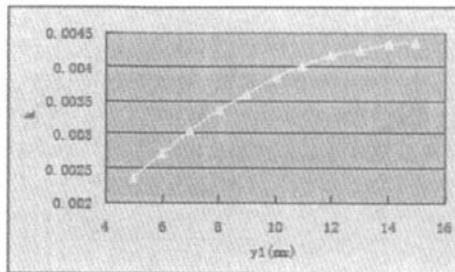
该滤波器的整体结构如图3所示。

无论是对称谐振器还是非对称谐振器,耦合系数都会与两个频率 f_e 和 f_m 有关,在实际结构中,只要能够正确地提取出这两个频率,就可以计算出需

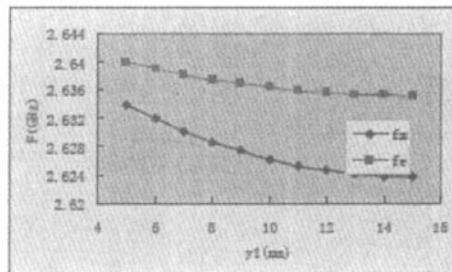
要的耦合系数。

3 耦合的仿真结果

(1) 1腔和2腔之间的耦合

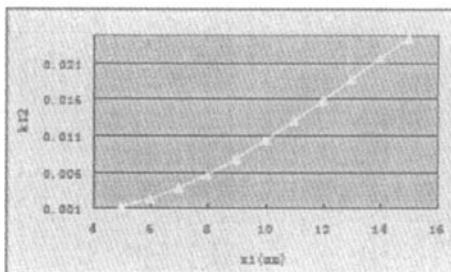


(a) 对耦合系数的影响

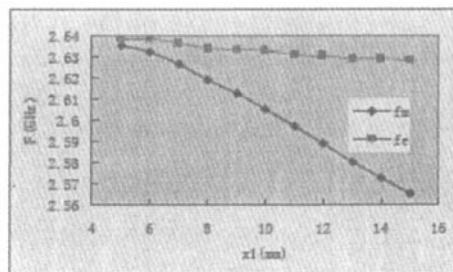


(b) 对谐振频率的影响

图4 1、2腔间耦合窗高度的影响



(a) 对耦合系数的影响



(b) 对谐振频率的影响

图5 1、2腔间耦合窗宽度的影响

图4(a)、(b)分别表示在耦合窗宽度一定时,耦合窗高度对耦合系数和谐振频率的影响。由图知,耦合系数在随耦合窗高度增加的过程中始终为正值,且约在 $y_1 = 15\text{ mm}$ 处达到最大值,随后又逐渐下降。图5(a)、(b)分别表示在耦合窗高度一定时,耦合窗宽度对耦合系数和谐振频率的影响。由图可知,耦合窗宽度随耦合窗宽度的变大而增强,近似成线性变化。

以上表明两个相同的腔体利用位于谐振杆短路端的耦合窗进行耦合时,只产生磁耦合。

(2) 1腔和4腔之间的耦合

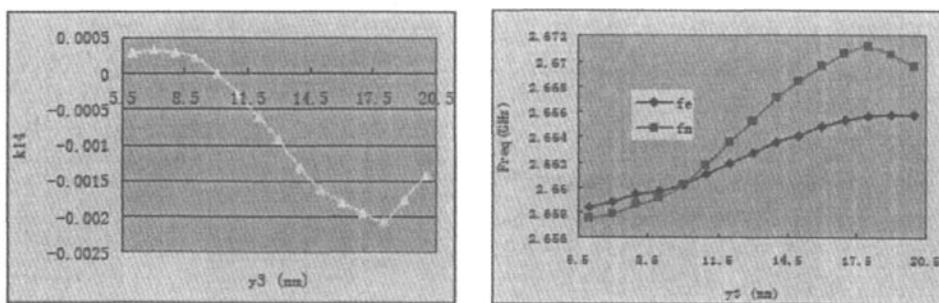
图6(a)、(b)分别表示在耦合窗宽度一定时,耦合窗高度对耦合系数和谐振频率的影响。图7

(a),(b)分别表示在耦合窗宽度一定时,耦合窗高度对耦合系数和谐振频率的影响。耦合系数在随耦合窗宽度变化的过程中始终为负值,表明为电耦合,且约在 $x_3 = 13.8\text{ mm}$ 处其绝对值达到最大值,随后又逐渐减小。

两个相同的腔体利用位于谐振杆开路端的耦合窗进行耦合时,耦合系数的符号随耦合窗高度发生了变化,大约在 $y_3 = 10\text{ mm}$ 处由正变负,即由磁耦合变为电耦合,在 $y_3 = 18\text{ mm}$ 时电耦合最强,后又逐渐变弱。

(3) 2腔和3腔之间的耦合

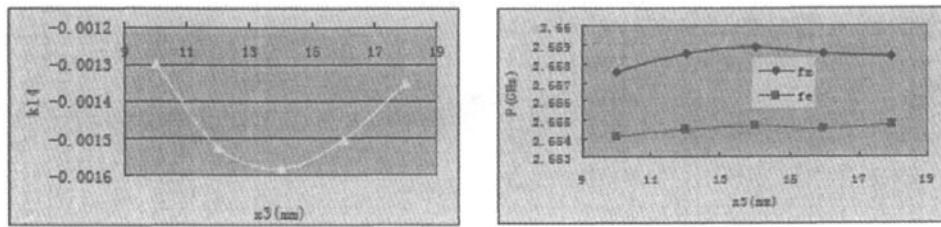
图8(a)、(b)分别表示在耦合窗宽度一定时,耦合窗高度对耦合系数和谐振频率的影响。



(a) 对耦合系数的影响

(b) 对谐振频率的影响

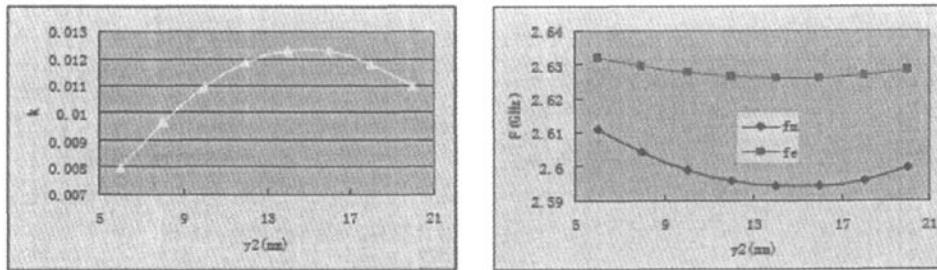
图 6 1、4 腔间耦合窗高度的影响



(a) 对耦合系数的影响

(b) 对谐振频率的影响

图 7 1、4 腔间耦合窗宽度的影响



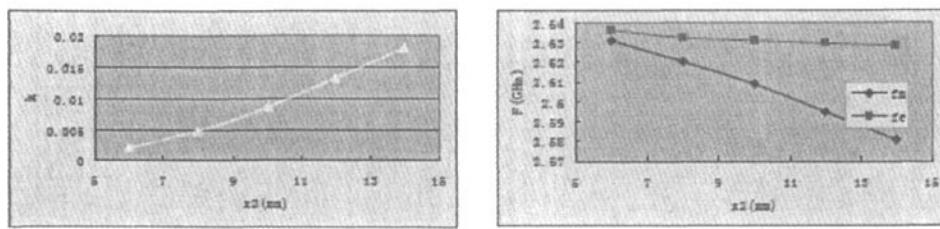
(a) 对耦合系数的影响

(b) 对谐振频率的影响

图 8 2、3 腔间耦合窗高度的影响

由图可知,耦合系数在随耦合窗高度增加的过程中始终为正值,且约在 $y_2 = 14$ mm 处达到最大值,

随后又逐渐下降。

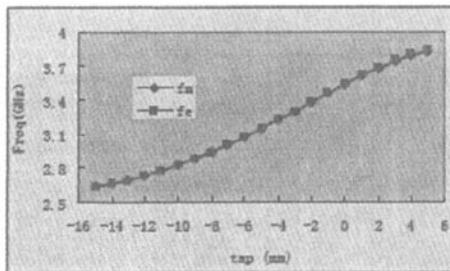


(a) 对耦合系数的影响

(b) 对谐振频率的影响

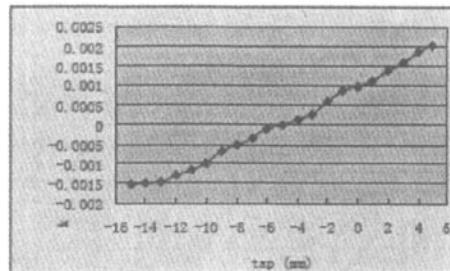
图 9 2、3 腔间耦合窗宽度的影响

图9(a)、(b)分别表示在耦合窗高度一定时,耦合窗宽度对耦合系数和谐振频率的影响。由图可知,耦合随耦合窗宽度的变大而增强,近似成线性变化。



(a) 对有载谐振频率的影响

通过电壁和磁壁的分析,可以形成一种感性的认识,电耦合可以实现负耦合,磁耦合可以实现正耦合,在调整耦合窗位置及尺寸的过程中会产生耦合系数符号的变化。



(b) 对耦合系数的影响

图10 输入输出抽头纵坐标的影响

利用 50Ω 的抽头同轴探针激励,输入输出谐振腔的有载谐振频率随抽头纵坐标近似表现为线性变化,如图10(a)所示,相应的耦合系数如图10(b)所示,发生了符号的变化,大约在 $tap = -5\text{ mm}$ 时由电耦合变为磁耦合。因此时电场强度减弱,磁场强度增强,磁壁所对应的频率占主导地位,决定着整个谐振腔的谐振频率。

这里必须说明,文中所有的数据只表明在文章所设计的例子中,耦合系数及谐振频率随所考查变量的变化情况,表示在滤波器耦合结构中存在这样的变化趋势,具体的数据并不绝对相同。

4 结论

文章通过改变耦合窗口控制谐振腔间的耦合强弱,磁耦合与电耦合皆可用,磁耦合与电耦合均可通过改变窗口的尺寸(宽度、高度)及其位置来实现。电耦合相较于磁耦合而言,对谐振频率更为敏感,其最大值是有限的。

参考文献

- [1] 甘本祺,吴万春.现代微波滤波器的结构与设计[M].北京:科学出版社,1974

- [2] Hong Jiasheng, Lancaster M J. Microstrip filters for RF/microwave application [M]. New York: A Wiley-Interscience Publication, 2001: 410~420
[3] Yao H W, Zaki K A, Atia A E, et al. Full-wave modeling of conducting posts in rectangular waveguides and its applications to slot coupled combine filters [J]. IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 43: 2824~2830, Dec. 1995

作者简介

周建梅 1983年生,现为成都电子科技大学应用物理研究所无线电物理专业研究生。研究方向为毫米波电路与系统。

贾宝富 1952年生,教授,1982年和1990年在电子科技大学分别获得微波电子学工学硕士和微波技术工学博士。1998年至2002年接受汉城国立大学邀请任访问教授。曾从事微波电子学、微波电路与系统、毫米波功率合成、微波隐身技术和微波CAD技术等方面的研究。在国内外共发表论文30余篇。

李军 1983年生,现为成都电子科技大学应用物理研究所无线电物理专业研究生。研究方向为毫米波电路与系统。

Discussion of Coupling Coefficient for the Coaxial-Cavity Symmetry Generalized Chebshev Filters

(下转第127页)

道误码率在线测试与实时统计分析技术。研究结果表明,文章提出的误码率测试方法正确高效,误码率统计算法准确可靠,对于整个星间链路分系统信道误码性能的评测起到了关键作用。同时,该算法模块具有很好的移植性,特别适用于通信网节点较多、拓扑复杂、动态条件下的交叉多址通信链路进行误码性能在线监测与统计分析。

参考文献

- [1] 于志坚,丁湖泉,罗伦.航天测控与数传接收综合信息构想[J].遥测遥控,2002,23(4):8~11
- [2] 丁湖泉,于志坚.S/X航天测控与数传接收统一信道体制研究[C].中国空间科学学会空间探测专业委员会第十五次学术会议论文集.P121~P127,2002
- [3] Ma Jing, Huang Bo, et al. Inter-satellite optical communications: The influence of shake of a satellite's platform on the bit error rate [C]. Aero Sense'98, Orlando, 1998: 13~17

- [4] 吴礼发.高级网络编程接口NPOR的设计与实现[J].计算机工程,2002,28(5):278~280

作者简介

刘磊 1984年生,硕士研究生,就读于北京航空航天大学。目前从事星间数据链路技术与卫星导航接收机等方面的研究工作。

常青 1962年生,工学博士,毕业于北京航空航天大学,副教授。研究方向涉及卫星定位接收机、新一代无线通信系统、通信抗干扰、音视频信息处理等多个领域。

李军 1980年生,硕士研究生,毕业于北京航空航天大学,工程师,现从事卫星有效载荷系统测试工作。

习清伶 1965年生,大学本科,毕业于西北工业大学,研究员。目前从事卫星测控与星间数据链路技术等方面的研究工作。

Bit Error Rate Testing Technology for the Inter-Satellite Link

Liu Lei¹ Chang Qing¹ Li Jun² Xi Qingling²

(1. Beijing University of Aeronautics & Astronautics, Beijing 100083;
2. China Academy of Space Technology (Xi'an), Xi'an 710000)

Abstract Bit error rate (BER) is a key parameter of the inter-satellite communication system. BER testing method is put forward for direct transfer mode and relaying transfer mode of inter-satellite bidirectional asynchronous communication link. Using RS232-Ethernet unit, BER testing for inter-satellite multi-node communication link is realized. In the paper, BER analysis algorithm for bidirectional asynchronous communication link is researched and developed. BER analysis software can support multiplicate code types, multiplicate transfer frame structures, propose BER parameters and deduce the reason of BER in inter-satellite bidirectional asynchronous communication link.

Key words Inter-satellite link Bidirectional asynchronous communication channel Bit error rate

(上接第122页)

Zhou Jianmei Jia Baofu Li Jun

(School of Physical Electronics, UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract The coupling coefficient between two resonators is a very important parameter to bandpass filter design. This parameter directly affects the bandwidth of a bandpass filter. According to Tamio Kawaguchi's definition of the coupling coefficient it may be positive, negative or may be zero. A method is presented in this paper for determining the combine filter's coupling coefficients that varies with the various size of the coupling area and the position of the input or output probes.

Key words Cavity resonator Coupled-coefficient Chebyshev function filter

微波滤波器设计培训——视频课程

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养，是国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地。客户遍布中兴通讯、研通高频、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们推出的微波滤波器设计培训专题，有资深工程师领衔主讲，课程既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，设计原理和设计仿真实践相结合，向大家呈现各种结构的微波滤波器的完整设计流程。旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。



微波滤波器设计培训专题视频课程

高清视频，专家授课，中文讲解，直观易学；既有微波滤波器设计原理的详细解释，也有像 ADS、CST、HFSS 各种仿真分析工具的实际设计应用讲解，旨在帮助大家透彻地理解并实际的掌握各种微波滤波器的设计。

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/filter/>

更多专业培训课程：

- **HFSS 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/>

- **CST 视频培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/>

- **天线设计专业培训课程**

网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/>