

微波带通滤波器的新结构

马延爽

(电子部第54研究所)

摘要 叙述了采用CAD技术设计的各个频段和不同用途的微波滤波器的最新结构设计,同时给出了结构图和典型电气特性曲线。采用这些设计,可使滤波器的电气性能和结构形式达到令人满意的结果。

关键词 腔体 谐振 耦合 通带

1 概述

微波滤波器,就其基本谐振单元和耦合结构来说,属于边界电磁场——即“场”问题。但一般的设计方法是用“路”理论,用“网络综合法”,从低通原型开始,经频率变换导出各种电路网络,然后再用微波结构实现之。但带通滤波器可根据工作频段选择已知电磁场解的谐振单元;再根据通带宽度选择耦合结构和级数;然后是设计输入输出的耦合形式;最后综合考虑频率调谐、带宽调谐、响应微调及驻波调整等。

在通信设备中,带通滤波器品种繁多,应用广泛,尤其在微波分支电路中,频道带通滤波器占据了重要位置。这类滤波器的相对带宽约0.35%~0.85%之间。

传统的滤波器的结构设计往往造成过高的精度要求和复杂的加工工艺。不仅调试困难、成本高、成品率低,且外形死板、空间利用率低,因此设计窄带带通滤波器便成了一个重要内容。本文给出的各种新结构设计,克服了以上种种弊端,使窄带带通滤波器的性能达到最佳。

2 同轴腔900MHz滤波器

在移动通信系统中,为了扩大覆盖区域或解决“暗区”问题,需建立直放站。其双工器滤波器的设计,由于谐振波长较长($\lambda_0/4$ 约78~84mm),谐振单元不宜采用 $\lambda_0/4$ 谐振器,而应采用终端“同轴电容”加载的谐振腔。实际长度约为 $\lambda_0/4$ 的60%~75%之间。这种加载形式提高了腔体空间的利用率,同时Q值几乎没有下降。而且合理选择各零件的材料,可使温度补偿达到最佳。

根据带通滤波器设计的一般方法,我们分别设计了四腔、六腔和七腔滤波器。图1是七腔滤波器的典型结构,图2是它的典型电气曲线。

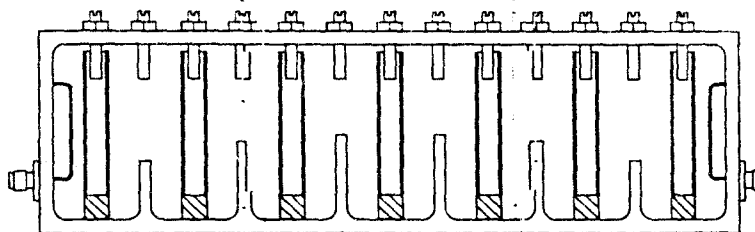


图1 900MHz七腔滤波器的典型结构图

1996年6月25日收稿

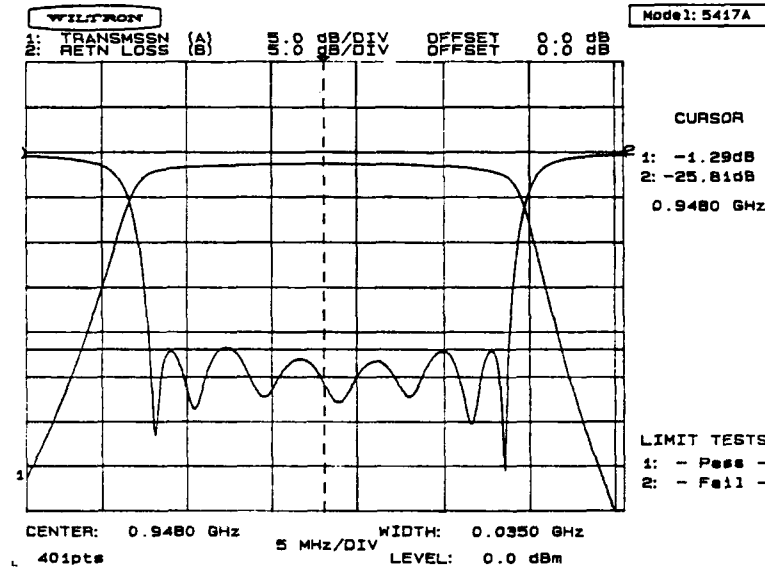


图2 900MHz七腔滤波器电气曲线图

滤波器箱体用铝材加工,内导体用黄铜,螺钉用殷钢;或者内导体和螺钉同时采用45#优质钢棒加工。各加工件表面均电镀银。调试时谐振螺钉调节通带中心,腔间电感窗处的螺钉调节切比雪夫等波动。它的通频带为890~915MHz和935~960MHz两种。滤波器箱体与盖板的接触良好是影响性能的重要因素,应在电流端多增加盖板固定螺钉,提高短路效果,防止电磁场外漏。

3 梳状滤波器

梳状滤波器是另一类应用广泛的传统带通型式。当通频带带宽在2%以上,且工作频率不高于3GHz时,这种结构形式是极理想的选择。它的传统设计是谐振杆采用截面方形,终端采用集中参数的“平板电容”调谐。这种设计加工复杂,往往需采用数控线切割机加工,造成成本高、周期长,且终端平板

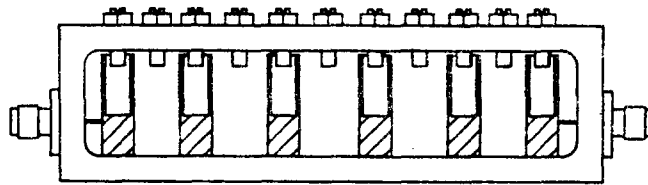


图3 六谐振器梳状滤波器结构图

电容在频率高时不如终端同轴电容合理。特别是输入、输出结构比较复杂,不易调试。针对上述问题,我们设计了新结构的滤波器。图3是六谐振器的梳状滤波器,图4是它的典型电气曲线。箱体用铝板加工,谐振杆和调节螺钉的材料选择准则同前所述。工作频率可在2.45~2.6GHz上调谐,通带宽度为8%。调谐端增加调耦螺钉,可降低加工精度和提高响应曲线的质量。谐振杆的外径与腔深的比值可近似按截面为内圆外方的同轴腔标准选择。入、出耦合采用“抽头”耦合,改变耦合点的位置可使回波损耗曲线最佳。实践表明,这种结构的滤波器性能优良、结构简单。

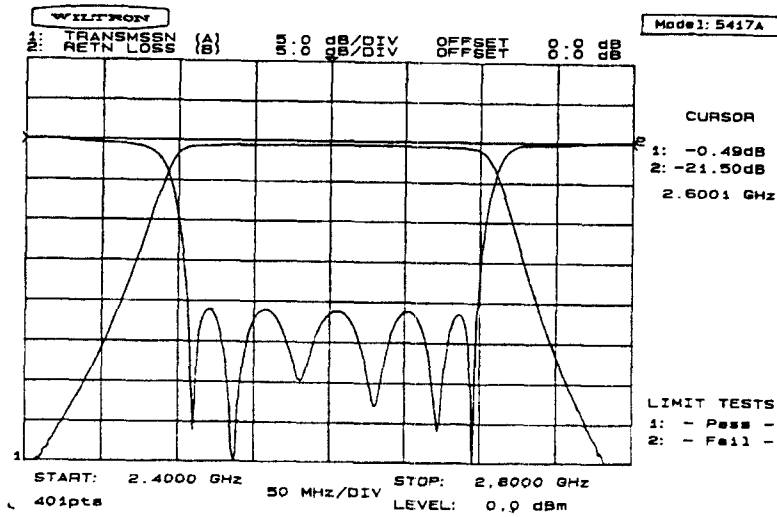


图4 六谐波梳状滤波器电气曲线

4 2GHz 频段滤波器

微波接力信道机的前端分支电路, 主要是由波道滤波器及分支线构成。由于信道带宽小于1%, 且波道配置是一系列离散的频率点, 因此, 需要可宽频率范围调谐的窄带带通滤波器, 不但中心频率可调, 级联耦合也可调。另外输入、输出耦合也必须可调以使各频点的回波损耗最佳。因此, 腔体滤波器是最理想的方案。传统的同轴腔滤波器的结构一般是用标准矩形波导型材为基础, 用银焊耦合片及内导体构成。这种结构往往造成内腔壁污染、腔体高温变形以及耦合窗不可微调等缺点。

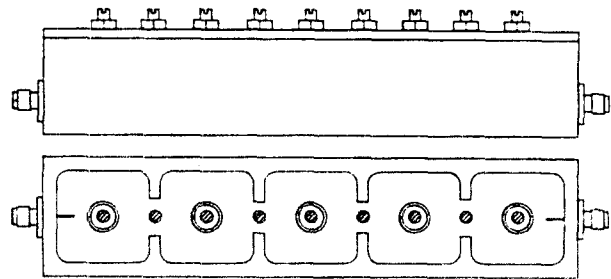


图5 2GHz 五腔滤波器结构图

近年来由于加工工艺的发展, 我们分别设计了新结构的双腔、四腔和五腔2GHz频段带通滤波器。图5是典型的五腔结构图, 其典型电气曲线见图6。腔体的盖板设计在谐振单元的开路端使电流损耗最小。内导体固定于腔体底面。内导体也可与腔体加工成一体, 其精度高、一致性好, 盖板应有定位孔使电容同心度好, 容易调试。腔体的排列和级数可以方便地改变和增减。

5 矩形波导滤波器

从矩形空腔 H_{10} 模谐振单元的体积和加工精度来说, 这种形式的滤波器从X波段直到Ku波段都可得到较满意的效果。但传统的设计中, 不论是由电感销钉还是电感膜片构成的滤波器中, 均有如下问题: 其一是必须选标准的矩形波导管, 这样就使滤波器的结构死板, 并且两端的联连必须用法兰, 若直接与同轴波导转换一体加工, 则不能分别调试; 其二是谐振单元本身, 由于边长和高度是固定的, 不能得到最佳Q值; 其三是加工工艺使腔壁变形和内壁污染造成不希望的损耗。在微波信道机中, 收、发信机的接口一般为同轴口, 采用传统设计时每个波道必须增加转接器, 这样就造成结构死板, 特别是在上、下

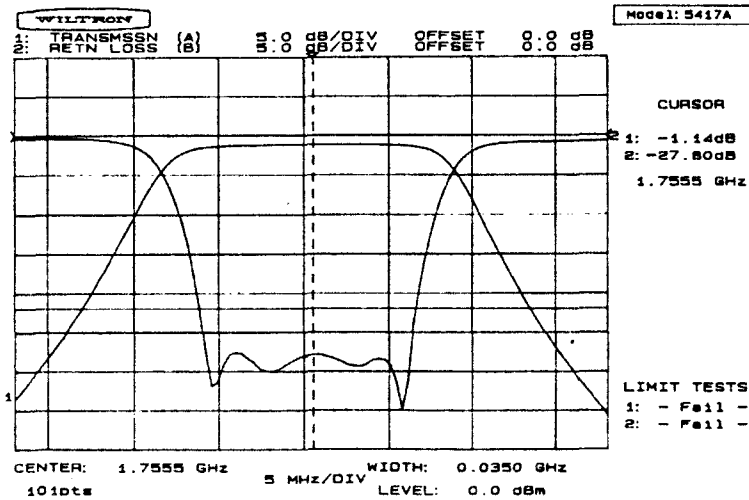


图6 2GHz五腔滤波器电气曲线

变频器中,这种滤波器是很不合理的。而采用新结构的滤波器,输入输出均用同轴头,腔体滤波器用板材加工,谐振腔单元做成方腔。这样,腔单元的Q值和滤波器的效率可达到最佳,各单元的排列也可自由,结构简化、灵活,特别是在部件中使用这种滤波器的优点是显而易见的。采用这种结构,

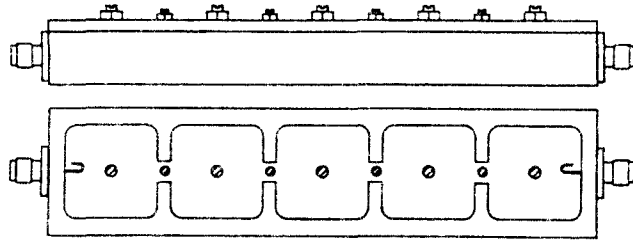


图7 8GHz五腔滤波器结构图

我们设计了7GHz、8GHz和11GHz频段的各种滤波器。图7和图8分别是8GHz频段滤波器的典型结构图和电气曲线图。腔体材料可用铝板材普通加工,优点是加工容易、成本低,内表面的光洁度好;其缺点是温度特性稍差。也可用45#优质钢板数控线切割机加工,其精度高,调试容易,温度特性好,但内表面的光洁度稍差。不管采用哪种材料,通带宽度的设计应留有充分的温度裕量。调试时应注意根据当时的环境温度,以及温漂系数折算出“调试中心频率”来,代替实际的中心频率。

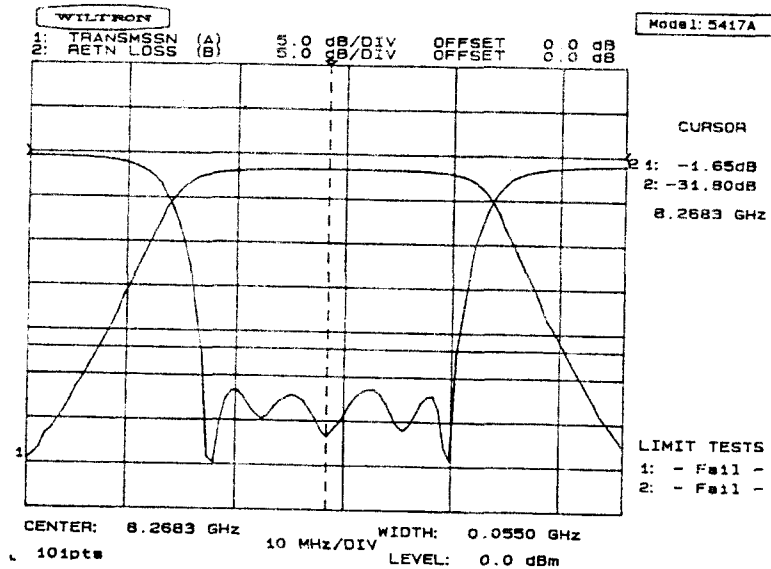


图8 8GHz五腔滤波器电气曲线

6 结束语

随着数控机床的发展与普及,利用板材直接生产新结构的各种微波滤波器愈来愈显出巨大的优越性与潜力。它使各种设计变得丰富多彩,且兼性能与指标优于传统结构,特别是对于批量生产的调谐滤波器来说,其前景是非常美好的,不但指标优良,一致性好,而且成本也低。除去前述方腔滤波器之外,在更高频段,利用这种工艺还可方便地得到圆柱体空腔滤波器甚至多模滤波器,因此这些新结构设计可在构成双工、多工器、多路器等分机中发挥出重要的作用。

(参考文献略)

(上接第20页)

另一CPU的功能转移过来,一般需要正常的那个CPU的软件也回归到初始态,再开始按单机方式执行程序。在切换过程中,必将影响到整个交换机的所有业务,造成比较大的呼损。

3 几种方法的对比

上面给出的提高处理能力的几种方法,各有优缺点,在表1中对按业务量分担法和按功能分担法以及CPU升级三种方法进行了对比。这些方法分别适应于不同的场合,应根据应用的实际特点和情况进行选择。

表1 几种方法对比

	业务量分担	功能分担	CPU升级
硬件修改	能实现,需增加一些双机通信电路和仲裁电路	容易实现,需增加一些双机通信电路	能实现,需修改处理器外围电路
软件修改	比较容易实现,需增加双机协调处理	能实现,需对功能重新划分,并需增加双机协调处理	容易实现,改动较小
双机通信开销	多	多	无
故障时降级服务	支持	支持	不支持
重新分担	容易,切换中影响小	能实现,切换中影响大	-----
系统可靠性	较高	较高	依赖于器件
开发工具	不变	不变	需要升级
寻址能力	无改进	有改进	增强

顺便指出,在双机方式中,应根据话务强度与分布,以及有关的其它业务情况,测算双机间信息流量,并采取与之相适应的通信手段,以减少双机间信息的拥塞。

(参考文献略)