



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105789812 B

(45)授权公告日 2018.09.28

(21)申请号 201511032140.8

H01P 1/208(2006.01)

(22)申请日 2015.12.31

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 104659460 A, 2015.05.27,

申请公布号 CN 105789812 A

EP 2326493 A2, 2011.06.01,

(43)申请公布日 2016.07.20

审查员 马丽

(73)专利权人 中国科学院深圳先进技术研究院

地址 518055 广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道1068号

(72)发明人 王志扬 金少堃 欧勇盛 杨镜锋
冯伟

(74)专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事务所(普通合伙) 44316

代理人 郝明琴

(51)Int.Cl.

H01P 11/00(2006.01)

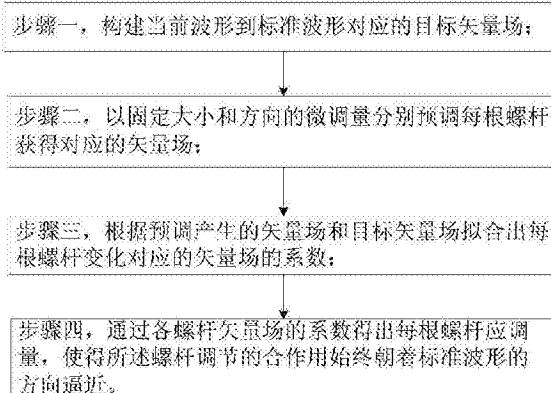
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种腔体滤波器自动调节方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种腔体滤波器自动调节方法及系统,涉及工业机器人技术领域;解决了现有腔体滤波器自动调节方法及系统不能实现波形精调,泛化性和稳定性差的技术问题;该技术方案包括:步骤一,构建当前波形到标准波形对应的目标矢量场;步骤二,以固定大小和方向的微调量分别预调每根螺杆获得对应的矢量场;步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数;步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量,使得所述螺杆调节的合作用始终朝着标准波形的方向逼近。



1. 一种腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,包括:步骤一,构建当前波形到标准波形对应的目标矢量场;步骤二,以固定大小和方向的微调量分别预调每根螺杆获得对应的矢量场;步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数;步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量,使得所述螺杆调节的合作用始终朝着标准波形的方向逼近。

2. 如权利要求1所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,所述矢量场,用于描述螺杆的调整引起的波形变化的趋势,即在变化前后的两个波形上均匀采样离散点,并做点点对应,将对应点连线,以此连线来表明变化趋势的方法。

3. 如权利要求1所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,所述步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数,具体为拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数,使其线性组合等于当前波形到标准波形的变化矢量场,每根螺杆变化对应的矢量场的系数通过函数f或回归算法计算得出。

4. 如权利要求1所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,所述步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量具体为,求出各螺杆矢量场的系数后,对每根螺杆做出一步正式调节,应调量的大小按照系数比例确定;假设每根螺杆对应矢量场时使用的预先微调量为r,微调量r决定了每次调节的步长大小,各矢量场系数为 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(i)} \dots \theta^{(m)}$,每根螺杆的应调量 $\delta^{(i)}$ 计算公式为:

$$\delta^{(i)} = \frac{\theta^{(i)}}{\max\{\theta^{(1)}, \dots, \theta^{(m)}\}} \times r$$

5. 如权利要求1所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,所述所有波形均为中间关键波形,具体获得方法为:构造方差滑动窗函数,计算窗内采样点的方差值;从左至右以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小;当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M1;同理从右至左以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小;当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M2;则M1和M2两点之间的波形即为提取的中间关键波形。

6. 如权利要求5所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,提取中间关键波形后,在提取的每根波形上均匀采样离散点,构建矢量场。

7. 如权利要求1所述的腔体滤波器自动调节方法,其特征在于,还包括,每步调节动作后,验证获得的波形是否达到标准波形或标准波形指标范围要求;如果满足要求,即可结束调节;如果不满足要求,则将新获得的波形作为当前波形,重复所述步骤一至步骤四,以此循环,直到波形满足调节要求。

8. 一种腔体滤波器自动调节系统,其特征在于,包括:执行机构、控制机构、待调滤波器、矢量网络分析仪四个部分构成,四个部分闭环连接;

所述执行机构由控制机构控制,对待调滤波器上的螺杆或螺母旋转或松紧;

所述控制机构读取矢量网络分析仪输出的待测滤波器散射参数波形,并通过权利要求1-7任一项的腔体滤波器自动调节方法计算获取待调滤波器上的各螺杆应调量,将应调量信号传递到所述执行机构;

所述执行机构根据获取到的各螺杆应调量对每根螺杆进行一次调节;

所述矢量网络分析仪检测因待调滤波器上的各螺杆位置的变化而引起的散射参数的变化。

9. 如权利要求8所述的腔体滤波器自动调节系统，其特征在于，所述控制机构，包括：人机交互界面、运动控制卡、数据采集卡，所述人机交互界面具有运行矢量场方法或其他自动调节算法的功能；所述运动控制卡具有对执行机构进行运动控制的功能；所述数据采集卡具有与矢量网络分析仪通讯并获取、存储波形数据的功能。

一种腔体滤波器自动调节方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及工业机器人技术领域,特别涉及一种腔体滤波器自动调节方法及系统。

背景技术

[0002] 在腔体滤波器生产过程中,需要调节腔体滤波器上的多个调谐螺杆的高度,从而调整谐振腔内状态和谐振腔之间的耦合关系,使得腔体滤波器实现符合生产要求的滤波输出,这一生产工序简称为“腔体滤波器调节工序”。这是一种非常典型的复杂工序。一个腔体滤波器通常由多路谐振腔构成,因此需要通过几个至十几个调谐杆的高度来调节。

[0003] 目前,大部分通信用的腔体滤波器在中国生产,而由于腔体滤波器调节工艺的复杂性和不确定性,国内几乎所有的腔体滤波器生产都是依赖人工调节。即工人使用螺丝刀,在观察网络分析仪上显示的散射参数(S参数)波形的同时,逐个手动调节滤波器上的每个螺杆高度,直到波形符合要求。据了解,即使一名经验丰富的工人,调好一个腔体滤波器产品也需要20~40分钟。而培养一名合格的调试工人,至少需要半年时间。这种人工调节的作业方式,生产效率完全依赖于人工经验,且工作枯燥乏味、费时费力,新一代年轻人也不再愿意从事枯燥机械的工厂工作,导致近年来国内劳动力成本在不断攀升,用工荒问题凸显。企业为此付出了巨大的劳动力成本,也影响到生产效率的提高。“智能制造”是十三五规划的重要关键词之一,实现“制造大国”向“制造强国”的转移需要一代人的努力。

[0004] 在调节机器人系统的开发方面,国内外已有不少研究成果。目前国内均有公司开发出类似的智能调试系统产品,也公开了部分使用的调节算法。但大部分算法都依赖于具体的滤波器个体,其泛化性能不高,很难适用于一类产品,即使对同一类或同一种产品,也会因不同个体的差异而造成调节精度不高的问题。这也使得目前国内大部分通信行业滤波器生产线上仍然没有广泛推广自动调节生产线。

[0005] 国外很早就已经出现了腔体滤波器自动调节技术的研究。一种常用的方法是应用数据驱动建模和机器学习技术,对待调滤波器模型进行建模,通过收集数据训练模型,拟合出螺杆位置和对应波形的复杂关系。但这些方法仍然存在以上提出的泛化性能不高、依赖具体模型等缺点,影响算法的普遍适用性。

[0006] 目前,大部分腔体滤波器自动调试方法面临的困难和存在的缺点包括:

[0007] (1)螺杆位置对S参数波形的变化具有极大的敏感性。螺杆位置与S参数波形没有可计算出的固定关系,并且在某些状态,螺杆位置的轻微变动都将引起S参数波形的剧烈扭曲变化。因此,任何试图通过建立一种固定的数据驱动模型来表征螺杆位置与波形关系的方法,其效果都具有一定的局限性,且来源于采样的数据会引入一定的误差,最终实现粗调比较容易,实现精调并且使波形完全符合指标要求则会显得较为吃力。

[0008] (2)腔体滤波器类产品通常具有“小批量、多品种”特点。这使得现有大部分方法无法具有普适性和泛化性,即需要根据不同的待调滤波器模型的具体参数(如带宽、中心频率、调试指标等)人为修改调节算法。

[0009] 因此,开发一套全自动、柔性化、智能化的腔体滤波器调节机器人系统,同时配合一种使用简单、泛化能力较强的调节算法,具有十分重要的战略意义和经济价值。

发明内容

[0010] 本发明要解决的是现有腔体滤波器自动调节方法及系统不能实现波形精调、泛化性和稳定性差的技术问题。

[0011] 为了解决上述问题,本发明提供了一种腔体滤波器自动调节方法,包括:步骤一,构建当前波形到标准波形对应的目标矢量场;步骤二,以固定大小和方向的微调量分别预调每根螺杆获得对应的矢量场;步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数;步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量,使得所述螺杆调节的合作用始终朝着标准波形的方向逼近。

[0012] 本发明还包括一种腔体滤波器自动调节系统,包括:执行机构、控制机构、待调滤波器、矢量网络分析仪四个部分,四个部分闭环连接。

[0013] 通过以上技术方案可知,本发明提供一种腔体滤波器自动调节方法及系统,本发明的技术方案对波形微小变化方向的量化和改变主要关注波形的变化,只要提供目标波形和当前波形,即可通过预调和计算决定每根螺杆的调节量,不依赖螺杆位置,也不因具体的产品模型而影响效果,可适用于任何一种滤波器类产品的自动调节,比现有方法具有更强的泛化性和稳定性。

附图说明

- [0014] 图1一种腔体滤波器自动调节方法流程图;
- [0015] 图2用矢量场描述波形的变化示意图;
- [0016] 图3滑动窗提取波形的中间关键区域波形示意图;
- [0017] 图4基于矢量场的腔体滤波器自动调节方法流程图;
- [0018] 图5一种腔体滤波器自动调节系统示意图。

具体实施方式

[0019] 下面将结合附图及实施例对本发明的技术方案进行更详细的说明。

[0020] 需要说明的是,如果不冲突,本发明实施例以及实施例中的各个特征可以相互结合,均在本发明的保护范围之内。

[0021] 实施例一,如图1所示,一种腔体滤波器自动调节方法,该技术方案包括:

[0022] 步骤一,构建当前波形到标准波形对应的目标矢量场;

[0023] 以矢量场的数学观点建模,用矢量场描述任意波形形状的变化方向;本技术方案矢量场的表达包括且不限于以直线、曲线描述该变化的方式,或者以其它数学名称描述的类似方法。

[0024] 步骤二,以固定大小和方向的微调量分别预调每根螺杆获得对应的矢量场;

[0025] 对每个螺杆先预调再复位,收集每个螺杆微调时所产生的矢量场。这一步骤的主要目的是对当前状态下,每个螺杆所代表的矢量场进行采集。本技术方案包括且不限于以单个螺杆为单位进行数据采集,也可以以两个或三个螺杆同时调动为方式进行采集。

[0026] 步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数;

[0027] 首先获得每根螺杆预调产生的矢量场,并对当前波形和标准波形上的对应采样点进行连线以获得目标矢量场。然后对采集到的每个螺杆预调对应的矢量场集合进行线性组合,直至其拟合出的矢量场与目标矢量场方向完全一致,则完成。求取矢量场集合的线性组合系数,即各矢量场的系数 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$,此系数相关的求取方式包括且不限于该系数集合及其的某一个倍数等。

[0028] 步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量,使得所述螺杆调节的合作用始终朝着标准波形的方向逼近。根据各矢量场的系数 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$ 计算出每根螺杆应调量。

[0029] 通过以上技术方案可知,本发明提供一种腔体滤波器自动调节方法及系统,本发明的技术方案对波形微小变化方向的量化和改变主要关注波形的变化,只要提供目标波形和当前波形,即可通过预调和计算决定每根螺杆的调节量,不依赖螺杆位置,也不因具体的产品模型而影响效果,可适用于任何一种滤波器类产品的自动调节,比现有方法具有更强的泛化性和稳定性。

[0030] 实施例二,如图2至4所示,在实施例一的基础上,更优地,所述矢量场,用于描述螺杆的调整引起的波形变化的趋势,即在变化前后的两个波形上均匀采样离散点,并做点点对应,将对应点连线,以此连线来表明变化趋势的方法。

[0031] 如图2所示,波形A和波形B为两个不同的调节状态。如果在波形A和B上均匀、离散地采样相同个数的点,那么波形A变为波形B的过程可以用两条波形之间,每两个点之间的向量组成的矢量场(或称向量场,英文:vector field)来表征。

[0032] 建立一个二维直角坐标系,横轴为x轴,纵轴为y。那么按照上述中的描述,波形A上的某点 $A_j(x_{aj}, y_{aj})$ 到波形B上的某点 $B_j(x_{bj}, y_{bj})$ 的转移过程可以用向量 v_j 描述。

[0033] $v_j = [x_{bj} - x_{aj} \ y_{bj} - y_{aj}]$

[0034] 假设图2中的波形A和B上均匀采样了n个点,则表征波形A到波形B变化的矢量场就由n个向量组成。将这些向量并排放在一起,就组成了用矩阵V表示的矢量场。

[0035] $V = [v_1 \ v_2 \ \dots \ v_n]$

[0036] 这样,就能用如上矢量场V来表征任意两个波形之间的变化。这种方法简称为“矢量场法”。

[0037] 更优地,所述步骤三,根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数,具体为拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数,使其线性组合等于当前波形到标准波形的变化矢量场,每根螺杆变化对应的矢量场的系数通过函数f或回归算法计算得出。

[0038] 为了调节螺杆使波形逐渐趋向指标范围,需要保证每一次调节都使波形朝着目标的方向变化。由于对每一根螺杆进行一个微小的旋转,波形都会随之产生变化,并可以求出对应的矢量场。因此在每一步调节,都可以预先微调每根螺杆一个小角度,计算出预调每根螺杆波形变化产生的矢量场,然后拟合出每根螺杆变化对应的矢量场的系数,使其线性组合等于当前波形到标准波形的变化矢量场(以下简称“目标矢量场”)。最后根据各螺杆矢量场的系数确定下一步各螺杆的调节量。如此循环直到调整至标准波形或指标范围。下面详

细解释所述方法。假设待调滤波器有m根调节螺杆(不局限于谐振杆或耦合杆)。假设每个矢量场由n个向量组成(即每个波形均匀采样n个点)。单独预调每一根螺杆,产生一个矢量场,然后使这些矢量场的线性组合等于“目标矢量场”,这一关系可用下式描述:

$$[0039] \quad \left\{ \begin{array}{l} v_1^{(1)} \theta_1^{(1)} + v_1^{(2)} \theta_1^{(2)} + \cdots + v_1^{(m)} \theta_1^{(m)} = v_1^{(\text{target})} \\ \vdots \\ v_n^{(1)} \theta_n^{(1)} + v_n^{(2)} \theta_n^{(2)} + \cdots + v_n^{(m)} \theta_n^{(m)} = v_n^{(\text{target})} \end{array} , \quad (1) \right.$$

[0040] 其中, $v_j^{(i)}$ 表示预调第i根螺杆产生的矢量场 $V^{(i)}$ 中的第j个向量, $\theta_j^{(i)}$ 表示 $v_j^{(i)}$ 对应的系数。 $v_j^{(\text{target})}$ 表示目标矢量场 V_{target} 中的第j个向量。

[0041] 对公式(1)中所列的n个等式,解出每个等式中的m个系数 $\theta_j^{(i)}$ 。 θ 的解并不唯一,使用者可自行选择。

[0042] 把每个矢量场 $V^{(i)}$ 的n个系数 $\theta_1^{(i)}, \theta_2^{(i)}, \dots, \theta_n^{(i)}$ 作为分量构成新的向量,并指定该新向量的范数,该范数将作为与螺杆旋转角度线性相关的重要决定参数。即:定义函数 $f: \square^n \rightarrow \square$ 将每个矢量场的n个系数映射为一个实数。例如,函数f可使用求模运算实现(也是本专利中使用的方法),即:

$$[0043] \quad \theta^{(i)} = f(\theta_1^{(i)}, \theta_2^{(i)}, \dots, \theta_n^{(i)}) = \sqrt{\sum_{j=1}^n (\theta_j^{(i)})^2} , \quad (2)$$

[0044] 这样,每个矢量场 $V^{(i)}$ 都得到一个对应的系数 $\theta^{(i)}$ 。其他诸如此类的,用于解决本案例问题的范数指定方式均受本专利范围保护。

[0045] 求解每个矢量场系数 $\theta^{(i)}$ 的方法,也可直接使用线性回归方法拟合。定义 $V^{(1)} \dots V^{(m)}$ 为预调m根螺杆产生的矢量场, $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$ 为m根螺杆预调产生矢量场的系数, V_{target} 表示目标矢量场, $h_{\theta}(V)$ 为假设函数,则有

$$[0046] \quad h_{\theta}(V) = \theta^{(1)} V^{(1)} + \theta^{(2)} V^{(2)} + \cdots + \theta^{(m)} V^{(m)}$$

[0047] 或用向量形式表达为

$$[0048] \quad h_{\theta}(V) = \theta^T V$$

[0049] 其中 $\theta = [\theta^{(1)} \ \theta^{(2)} \ \dots \ \theta^{(m)}]^T$, $V = [V^{(1)} \ V^{(2)} \ \dots \ V^{(m)}]^T$ 。可定义代价函数 $J(\theta)$ 为

$$[0050] \quad J(\theta) = \frac{1}{2m} \sum_{i=1}^m (h_{\theta}(V^{(i)}) - V_{\text{target}}^{(i)})^2 , \quad (3)$$

[0051] 这样可通过以 θ 为参数最小化代价函数 $J(\theta)$ 得到参数 θ 。可使用包括梯度下降法在内的各种优化算法求出 θ 。也可通过最小二乘正规方程解出 θ 。

$$[0052] \quad \theta = (V^T V)^{-1} V^T V_{\text{target}} , \quad (4)$$

[0053] 计算各矢量场系数 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$ 的方法包括且不限于技术方案中定义的函数f以及技术方案中使用的回归算法(包括最优化方法),任意对矢量场的n个系数组成的向量指定范数,并作为与螺杆旋转角度线性相关的重要决定参数的方法(函数 $f: \square^n \rightarrow \square$),或者通过其他算法(如线性回归)根据预调产生的矢量场和目标矢量场拟合出各矢量场系数 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$

的技术方案均可。

[0054] 更优地,所述步骤四,通过各螺杆矢量场的系数得出每根螺杆应调量具体为,求出各螺杆矢量场的系数后,对每根螺杆做出一步正式调节,应调量的大小按照系数比例确定;假设每根螺杆对应矢量场时使用的预先微调量为r,微调量r决定了每次调节的步长大小,各矢量场系数为 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(i)} \dots \theta^{(m)}$,每根螺杆的应调量 $\delta^{(i)}$ 计算公式为:

$$[0055] \quad \delta^{(i)} = \frac{\theta^{(i)}}{\max\{\theta^{(1)}, \dots, \theta^{(m)}\}} \times r, \quad (5)$$

[0056] r决定了每次调节的步长大小,应通过多次实验选取最合适的数值。过大或过小都将影响算法效果。如果r值过小,则需要较多次调节才能到达目标;如果r值过大,则容易错过目标点从而难以收敛。

[0057] 预调量r和每根螺杆实际调整量 δ 包括但不局限于“螺杆旋转角度”、“螺杆高度”或“编码器反馈值”等各种形式,这些形式可根据螺杆螺距和编码器线数自由转换。

[0058] 更优地,所述所有波形均为中间关键波形,具体获得方法为:构造方差滑动窗函数,计算窗内采样点的方差值;从左至右以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小;当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M1;同理从右至左以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小;当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M2;则M1和M2两点之间的波形即为提取的中间关键波形。

[0059] 当使用反射系数波形作为参考时,并非波形的所有区域都有参考价值:通常经验调节工人在调节过程中只关注中间部分的变化,而忽略两边基本水平、变化不明显的波形区域。在进行自动调节时,为提高运算速度,减少运算时间,建议对波形进行截取以获取中间的关键位置。为此,本技术方案提供一种基于滑动窗的波形中间区域提取方法。

[0060] 如图3所示,描绘了某个波形状态及希望提取出的中间核心区域。由于最左和最右两边的曲线近乎平直,即方差几乎为0,这两部分是需要截断的部分。因此构造方差滑动窗函数,计算窗内采样点的方差值。从左至右以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小。当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M1。同理从右至左以某个步长滑动,连续计算和评估滑动窗内采样点的方差值的大小。当方差值超过某个阈值时,记录此时窗内中间点的位置,记为标记点M2。则M1和M2两点之间的波形即为提取的中间关键波形。两边的波形区域可以被截断而不考虑。

[0061] 假设对每根波形都应均匀地采样相同个数的离散点,以便于计算矢量场。由于矢量网络分析仪输出的波形都具有相同个数的采样点(点数可设置),因此无需重新对波形采样。但原始波形经过滑动窗截取后,不能保证具有相同的采样点数。因此需要进行一次离散采样,在截取的波形上均匀、离散地采样相同个数的点计算出矢量场。

[0062] 如图4所示,下面给出完整的基于矢量场逼近的腔体滤波器自动调节算法。

[0063] (1)首先请一名经验调节人员将待调滤波器调至符合指标要求。记录下此时的波形作为标准波形。应用滑动窗方法提取中间的核心区域。

[0064] (2)重新拔出螺杆并随机插入腔体滤波器(或取同型号的另一个体)。记录当前的波形曲线。同样应用滑动窗方法提取中间的核心区域。

[0065] (3)对步骤(1)和(2)中提取出的波形重新采样,均匀地采样相同数量的离散点。

- [0066] (4)计算当前波形变化到标准波形对应的目标矢量场 V_{target} 。
- [0067] (5)以固定大小和方向的微调量 r 分别对每根螺杆进行一次微调, 分别计算出微调每根螺杆产生的矢量场 $V^{(i)}$, $i=1, 2, \dots, m$ 。其中 m 为可调螺杆的总数。
- [0068] (6)算出各矢量场的系数 $\theta^{(1)} \dots \theta^{(m)}$ 。
- [0069] (7)根据得到的矢量场系数, 计算每根螺杆的正式调节量 $\delta^{(i)}$, $i=1, 2, \dots, m$ 。
- [0070] (8)根据每根螺杆调节量 $\delta^{(i)}$ 对滤波器进行一次调节, 判断波形是否调节到指标要求。如果是, 结束调节。如果否, 回到步骤(4), 继续循环执行。
- [0071] 更优地, 提取中间关键波形后, 在提取的每根波形上均匀采样离散点, 构建矢量场。
- [0072] 更优地, 还包括, 每步调节动作后, 验证获得的波形是否达到标准波形或标准波形指标范围要求; 如果满足要求, 即可结束调节; 如果不满足要求, 则将新获得的波形作为当前波形, 重复所述步骤一至步骤四, 以此循环, 直到波形满足调节要求。
- [0073] 实施例三, 如图5所示, 一种腔体滤波器自动调节系统, 该技术方案包括: 执行机构、控制机构、待调滤波器、矢量网络分析仪四个部分, 四个部分闭环连接。
- [0074] 更优地, 所述执行机构由控制机构控制, 对待调滤波器上的螺杆或螺母旋转或松紧。
- [0075] 更优地, 所述控制机构, 包括: 人机交互界面、运动控制卡、数据采集卡, 所述人机交互界面具有运行矢量场方法或其他自动调节算法的功能; 所述运动控制卡具有对执行机构进行运动控制的功能; 所述数据采集卡具有与矢量网络分析仪通讯并获取、存储波形数据的功能。
- [0076] 所述待调滤波器泛指各种适用本专利技术方案的滤波器类产品, 包括滤波器、双工器、合路器等。
- [0077] 矢量网络分析仪用于测量待测滤波器的散射参数波形, 并传送到计算机与控制系统以计算矢量场。在实验中使用过安捷伦E5062A、安捷伦E5071C和罗德与施瓦茨ZVL6等品牌型号的矢量网络分析仪, 具体品牌和型号的选择应根据待调器件的指标参数而定。
- [0078] 采样是将波形离散化表达的一种方式。其具体含义是: 在连续变化的波形上取离散的点。本技术方案对采样的两个要求, 第一是均匀采样, 即相隔相同距离取点; 第二是采样相同点数, 即无论波形形状如何, 经过采样都获得相同个数的离散点。实际上, 矢量网络分析仪输出的波形, 也是经过离散采样后输出的。其采样频率可在矢量网络分析仪中进行设置, 因此从矢量网络分析仪中输出的波形应该具有相同的离散采样点数。但由于技术方案中对矢量网络分析仪输出的原始波形进行了特征提取, 即截取了中间的关键部分。这导致截取部分的点数无法保证一致。因此需要重新采样至相同点数。由于矢量网络分析仪输出的数据并非连续波形, 而是经过采样的离散数据, 因此需要使用插值方法进行采样, 如线性插值或双线性插值等。
- [0079] 所述腔体滤波器自动调节系统, 其主要工作流程是: 计算机与控制系统读取矢量网络分析仪输出的待测滤波器散射参数波形, 并通过算法计算获取各螺杆应调量(包括但不限于本技术方案提供的矢量场法), 将应调量信号传递到执行机构, 执行机构根据获取到的各螺杆应调量对每根螺杆进行一次调节。螺杆位置的变化引起网络分析仪中散射参数的变化, 计算机与控制系统读取到新的散射参数再通过算法决定下一步各螺杆的应调量。

循环执行直到波形符合设计指标要求。

[0080] 本发明的技术方案以矢量场的数学观点建模,用矢量场描述任意波形形状的变化方向,并根据微分原理,将波形从不合格到合格的调节过程分解为多步。在每一步中首先预调每根螺杆获得对应的矢量场,然后计算每根螺杆预调产生的矢量场的系数,通过各矢量场的系数计算螺杆应调量,使得这些螺杆调节的合作用始终朝着标准波形的方向逼近。由于最左和最右两边的曲线近乎平直,即方差几乎为0,这两部分是需要截断的部分,本发明的技术方案运用滑动窗函数提取波形的关键特征,可保证精确获得有效波形。

[0081] 当然,本发明还可有其他多种实施例,在不背离本发明精神及其实质的情况下,熟悉本领域的技术人员当可根据本发明作出各种相应的改变和变形,但这些相应的改变和变形都应属于本发明的权利要求的保护范围。

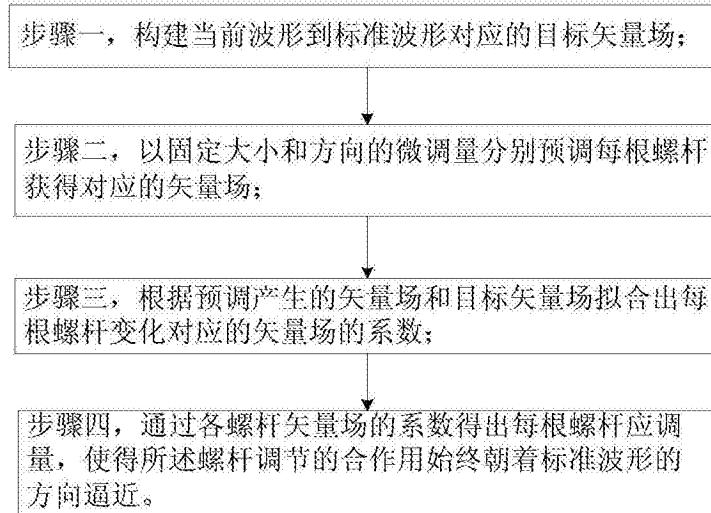


图1

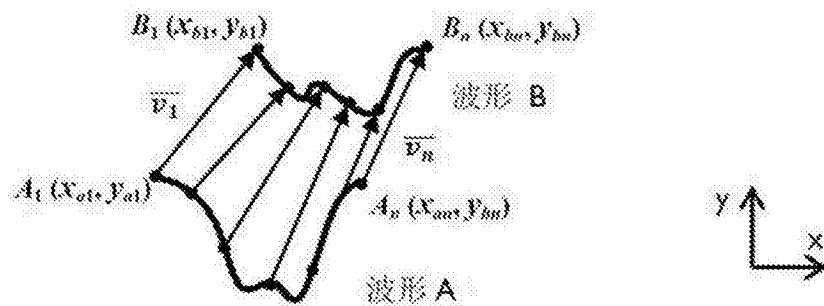


图2

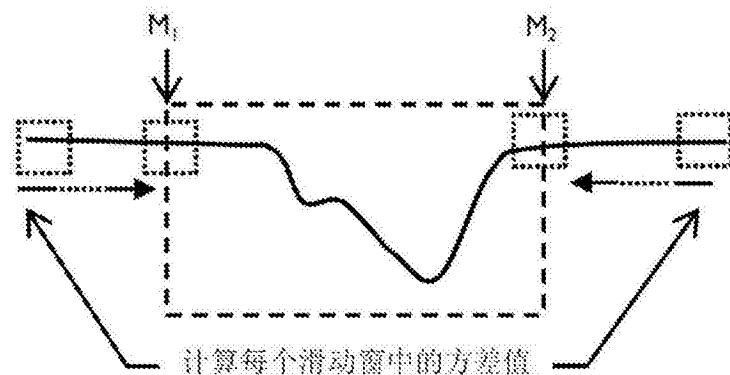


图3

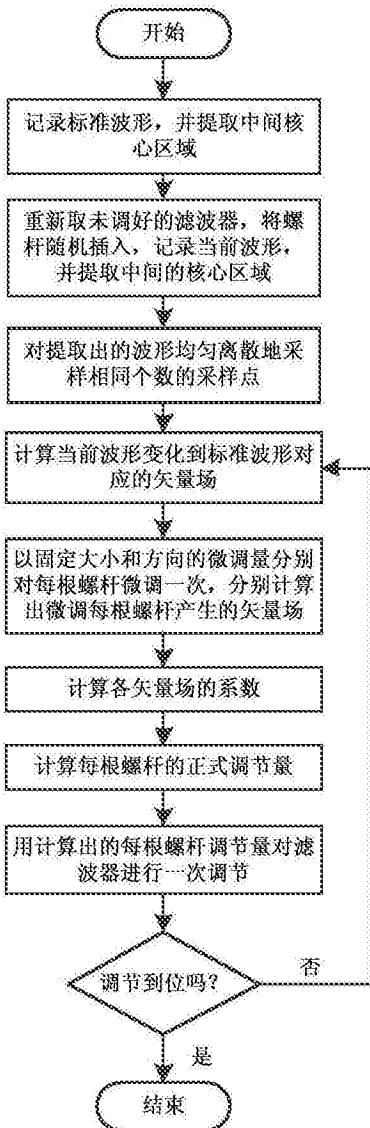


图4

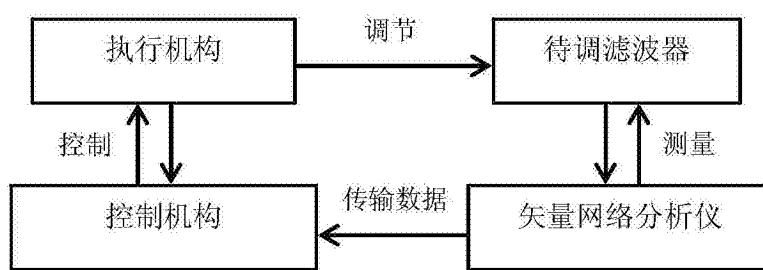


图5