



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104349254 B

(45)授权公告日 2018.01.19

(21)申请号 201410351109.X

(22)申请日 2014.07.23

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104349254 A

(43)申请公布日 2015.02.11

(30)优先权数据
13/948,663 2013.07.23 US
14/059,153 2013.10.21 US

(73)专利权人 亚德诺半导体股份有限公司
地址 丹麦阿勒鲁德

(72)发明人 潘扬 F·张 M·W·迪特曼
K·S·贝尔塞森

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038
代理人 申发振

(51)Int.Cl.

H04R 9/06(2006.01)

H04R 9/02(2006.01)

H04R 3/00(2006.01)

(56)对比文件

WO 2011079875 A1, 2011.07.07, 说明书第3
页第31行至第4页第3行、第7页第29-第8页第2
行、第10页第28行至第15页第17行、第16页第23
行至第18页第30行、第21页第1-5行,第23页第4行
至第26页第30行,图1-3,8.

CN 102742300 A, 2012.10.17, 说明书第
0002-0008、0027-0047、0072-0074段.

CN 1682441 A, 2005.10.12, 全文.

US 7570769 B2, 2009.08.04, 全文.

WO 2004080116 A2, 2004.09.16, 全文.

审查员 李莎莎

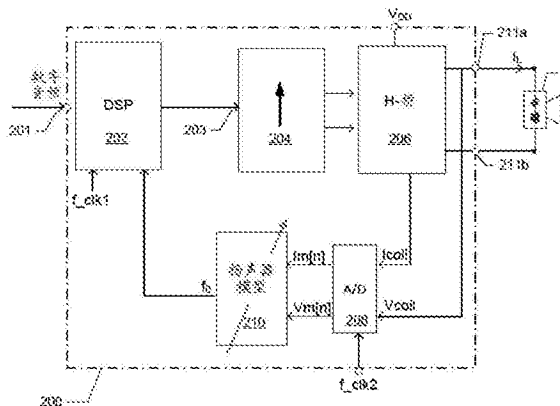
权利要求书3页 说明书13页 附图4页

(54)发明名称

控制外壳安装扬声器的声音重放

(57)摘要

本发明涉及一种控制外壳安装电动式扬声器的声音重放的方法和一种相应的声音重放总成。控制声音重放的所述方法包括下列步骤:通过输出放大器施加音频信号至所述电动式扬声器的音圈以产生声音;基于检测到的音圈电流和音圈电压检测所述扬声器跨预定音频频率范围的阻抗和导纳中的一个;以及基于所述检测到的阻抗或导纳确定所述扬声器的基频谐振频率。将所述扬声器的所述确定的基频谐振频率与表示所述电动式扬声器的标称声运行条件的所述扬声器的标称基频谐振频率比较,且基于所述电动式扬声器的所述确定的基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测所述电动式扬声器的声运行条件的变化。所述音频信号的电平可响应于所述频率偏差满足预定频率误差准则而衰减。



1. 一种控制外壳安装电动式扬声器的声音重放的方法,其包括下列步骤:
通过输出放大器施加音频信号至所述电动式扬声器的音圈以产生声音,
检测流动至所述音圈中的音圈电流,
检测跨所述音圈的音圈电压,
基于所检测到的音圈电流和音圈电压检测所述扬声器跨预定音频频率范围的阻抗和导纳中的一个,
施加关于所检测到的音圈电流和所检测到的音圈电压的信息至所述扬声器的自适应数字模型以确定所述扬声器的基频谐振频率,所述扬声器的所确定的基频谐振频率基于所述扬声器的所述自适应数字模型的一个或多个可调适参数,
将所述扬声器的所确定的基频谐振频率与表示所述电动式扬声器的标称声运行条件的所述扬声器的标称基频谐振频率比较,
基于所述电动式扬声器的所确定的基频谐振频率与所述标称基频谐振频率之间的频率偏差检测所述电动式扬声器的声运行条件的变化,
响应于所述频率偏差满足预定频率误差准则而衰减施加至所述音圈的所述音频信号的电平。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述预定频率误差准则表示所述电动式扬声器的前侧的声阻塞。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中所述预定频率误差准则表示所述电动式扬声器的所述外壳的声泄漏。
4. 根据权利要求2所述的方法,其包括下列步骤:
在衰减至所述音圈的所述音频信号的所述电平的步骤之后:
随时间监测和确定所述扬声器的所述基频谐振频率,
检测所述电动式扬声器的所述前侧的所述声阻塞的移除,
响应于所述声阻塞的所述移除恢复所述音频信号的所述电平。
5. 根据权利要求1所述的方法,其包括下列步骤:
监测所述扬声器在所确定的基频谐振频率处的阻抗或导纳中的一个,
基于所确定的基频谐振频率处的所述阻抗或导纳与所述电动式扬声器的所述标称声运行条件下所述基频谐振频率处的标称阻抗或导纳之间的偏差检测所述电动式扬声器的声运行条件的变化。
6. 根据权利要求2所述的方法,其中所述预定频率误差准则包括所述基频谐振频率的随时间变化速率;
所述方法包括下列额外步骤:
监测和确定所述基频谐振频率的随时间变化速率。
7. 根据权利要求1所述的方法,其包括下列步骤:
通过跨所述预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤所述音圈电流以产生多个经带通滤波的音圈电流组分,
通过跨所述预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤所述音圈电压以产生多个经带通滤波的音圈电压组分,
基于所述音圈电流组分和所述音圈电压组分确定每个带通滤波器的通带内的所述音

圈阻抗和导纳中的一个。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述多个邻近配置的带通滤波器包括时域滤波器组和频域滤波器组中的一个。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述频域滤波器组包括基于傅里叶变换的滤波器组。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中所述时域滤波器组包括多个1/3倍频程带通滤波器。

11. 根据权利要求1所述的方法,其包括下列步骤

施加所检测到的音圈电流和所检测到的音圈电压至所述扬声器的自适应数字模型,所述自适应数字模型包括多个可调适模型参数,

根据所述扬声器的所述自适应数字模型的一个或多个所述可调适参数计算所述扬声器在所确定的基频谐振频率下的所述阻抗或所述导纳,并且基于所述扬声器的所计算的阻抗或导纳确定所述扬声器的谐振频率。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中所述扬声器的所述自适应数字模型包括二阶或更高阶的自适应IIR滤波器。

13. 根据权利要求1所述的方法,其中所述扬声器的所述自适应数字模型包括至少一个固定参数。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中所述固定参数包括所述扬声器的总移动质量。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中所述音频信号的所述电平的所述衰减包括选择性地衰减所述音频信号的子频带和衰减所述音频信号的宽频带中的一个。

16. 根据权利要求1所述的方法,其中所述音频信号的所述电平的所述衰减包括将所述音频信号的最大声压级限制在所述音频信号的至少一个子频带中。

17. 一种用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件,其包括:

音频信号输入,其用于接收由音频信号源供应的音频输入信号,

输出放大器,其被配置来接收所述音频输入信号且在可连接至电动式扬声器的音圈的一对输出端子上产生相应的音圈音频电压,

电流检测器,其被配置来响应所述音圈电压的施加而检测流动至所述电动式扬声器中的音圈电流;和

信号处理器,其被配置来:

基于所检测到的音圈电流和所确定的音圈电压检测所述扬声器跨预定音频频率范围的阻抗和导纳中的一个,

施加关于所检测到的音圈电流和所检测到的音圈电压的信息至所述扬声器的自适应数字模型以确定所述扬声器的基频谐振频率,所述扬声器的所确定的基频谐振频率基于所述扬声器的所述自适应数字模型的一个或多个可调适参数,

将所述扬声器的所确定的基频谐振频率与表示所述电动式扬声器的标称声运行条件的所述扬声器的标称基频谐振频率比较,

基于所述电动式扬声器的所确定的基频谐振频率与所述标称基频谐振频率之间的频率偏差检测所述电动式扬声器的声运行条件的变化,

响应于所述频率偏差满足预定频率误差准则而衰减所述音圈音频电压的电平。

18. 根据权利要求17所述的用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件, 其中所述电流检测器包括: 第一A/D转换器, 其被配置来对所述音圈电流取样并且数字化以供应数字音圈电流信号; 和第二A/D转换器, 其被配置来对所述音圈电压取样并且数字化以供应数字音圈电压信号。

19. 根据权利要求17所述的用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件, 其中所述信号处理器包括可编程微处理器, 其可由存储在程序存储器中的可执行程序指令的应用程序控制。

20. 根据权利要求19所述的用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件, 其中所述应用程序包括:

第一组可执行程序指令, 其在被执行时提供所述扬声器的所述自适应数字模型, 所述自适应数字模型包括所述一个或多个可调适模型参数;

第二组可执行程序指令, 其在被执行时提供下列步骤:

读取所述数字音圈电流信号,

读取数字音圈电压信号,

施加所述数字音圈电流信号和所述数字音圈电压信号至所述扬声器的所述自适应数字模型,

计算所述多个可调适模型参数的更新值,

根据一个或多个所述可调适模型参数计算所述扬声器的所述基频谐振频率。

21. 根据权利要求19所述的用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件, 其中所述应用程序包括:

第一组可执行指令, 其被配置为在被执行时提供下列步骤:

通过跨所述预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤数字音圈电压信号以产生多个经带通滤波的音圈电压组分,

通过跨所述预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤所述数字音圈电流信号以产生多个经带通滤波的音圈电流组分,

基于所述音圈电流组分和所述音圈电压组分确定每个带通滤波器的通带内的所述音圈阻抗和导纳中的一个。

22. 根据权利要求17所述的用于外壳安装电动式扬声器的声音重放组件, 其中所述输出放大器包括D类功率级, 其被配置来供应经脉冲调制的音圈电压至所述电动式扬声器。

23. 一种半导体衬底, 其具有集成于其上的根据权利要求17所述的声音重放组件。

24. 一种用于外壳安装电动式扬声器的声音重放系统, 其包括:

电动式扬声器, 其包括用于响应于振膜组件的致动而产生可听声音的可移动振膜组件,

根据权利要求17所述的声音重放组件, 其电耦合至所述可移动振膜组件,

音频信号源, 其可操作地耦合至所述声音重放组件的所述音频信号输入。

25. 一种便携式通信装置, 其包括根据权利要求24所述的声音重放系统。

控制外壳安装扬声器的声音重放

[0001] 本发明涉及一种用于控制外壳安装电动式扬声器的声音重放的方法和一种相应的声音重放总成。控制声音重放的方法包括下列步骤：通过输出放大器施加音频信号至电动式扬声器的音圈以产生声音；基于检测到的音圈电流和音圈电压检测跨预定音频频率范围的所述扬声器的阻抗和导纳中的一个；以及基于检测到的阻抗或导纳确定扬声器的基频谐振频率。将扬声器的所确定基频谐振频率与表示电动式扬声器的标称声运行条件的扬声器的标称基频谐振频率比较，且基于电动式扬声器的所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测电动式扬声器的声运行条件的变化。音频信号的电平可响应于频率偏差满足预定频率误差准则而衰减。

[0002] 发明背景

[0003] 控制外壳安装电动式扬声器的声音重放的本方法优选地包括比较扬声器的动态确定基频谐振频率与表示电动式扬声器的标称声运行条件的扬声器的标称基频谐振频率。基于电动式扬声器的所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测电动式扬声器的声运行条件的变化。对电动式扬声器的声运行条件变化的检测在如便携式通信装置的声音重放设备中非常有用，其用于各种目的，诸如对其中安装有电动式扬声器的密封外壳的声泄漏的检测。电动式扬声器可在便携式通信装置中用于声音重放目的，例如，作为用于通过声耦合至用户的耳朵而产生声音的接收器或作为用于播放所录制的音乐或用于在电话会议应用程序中的声音重放的扬声器。电动式扬声器的声运行条件的变化还可用于检测便携式通信装置的扬声器的声阻塞运行条件且响应于此而以如下文更详细描述的各种方法调适扬声器的声音重放。

[0004] 此外，有极大兴趣和价值提供用于检测电动式扬声器的声运行条件的变化和根本原因（例如，外壳泄漏）以避免便携式通信装置和/或其它计算硬件资源的应用程序处理器的计算资源的超支的相对简单方法。

发明概要

[0005] 本发明的第一方面涉及一种用于控制外壳安装电动式扬声器的声音重放的方法，其包括下列步骤：通过输出放大器施加音频信号至电动式扬声器的音圈以产生声音；检测流动至音圈中的音圈电流；检测跨音圈的音圈电压；基于检测到的音圈电流和音圈电压检测扬声器跨预定音频频率范围的阻抗和导纳中的一个；基于检测到的阻抗和/或导纳确定扬声器的基频谐振频率；将扬声器的所确定的基频谐振频率与表示电动式扬声器的标称声运行条件的扬声器的标称基频谐振频率比较；基于电动式扬声器的所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测电动式扬声器的声运行条件的变化。施加至音圈的音频信号的电平优选地响应于频率偏差满足预定频率误差准则而衰减。

[0006] 外壳安装电动式扬声器可被配置在各种类型的声音重放设备中，诸如机动车辆的声音娱乐系统或便携式通信装置，诸如智能电话、移动电话、音频启用膝上型计算机或平板电脑计算机。

[0007] 音圈电压的检测可通过直接测量（例如通过耦合至音圈电压的A/D转换器）或通过

间接确定(其中音圈电压从已知音频信号的电平(例如,数字表示)和输出放大器的已知DC供应电压确定或估计)完成。

[0008] 在正常运行期间施加至扬声器的音频信号可包括供应自适当音频源(诸如电台、CD播放器、网络播放器、MP3播放器)的语音和/或音乐。音频源还可包括响应于输入声音产生实时麦克风信号的麦克风。技术人员应了解音频信号、音圈电压和音圈电流的每一个可通过模拟信号表示为例如电压、电流、电荷等或替代地通过数字信号表示,例如按适当的取样速率和分辨率以二进制格式取样和编码。

[0009] 输出放大器优选地包括开关或D类放大器,例如脉冲密度调制(PDM)或脉宽调制(PWM)输出放大器,其两者具有高功率转换效率。这是用于电池供电的便携式通信装置的特别有利的特征。在替代例中,输出放大器可包括传统的非开关式功率放大器拓扑,如A类或AB类。

[0010] 技术人员将了解预定频率误差准则可包括不同类型的频域准则,诸如预设频率范围、频率极限、标称基准谐振频率与检测到的基准谐振频率之间的预设百分比或绝对偏差等,其指示特定声运行条件的存在。预设频率范围、频率极限或百分比偏差可通过进行特定声运行条件对外壳安装扬声器的基频谐振频率和/或外壳安装扬声器的基频谐振频率下的音圈的阻抗或导纳具有的影响的适当实验或模拟而先验地确定。

[0011] 根据本发明的一个实施方案,预定频率误差准则表示电动式扬声器的外壳的声泄漏。在本发明的另一个实施方案,预定频率误差准则表示电动式扬声器前侧的声阻塞。

[0012] 在两个这些实施方案中,本方法利用外壳安装扬声器的基频谐振频率的泄漏引致或阻塞引致的移位或变化以检测扬声器的声运行条件的变化。电动式扬声器的基频谐振频率的这种变化优选地在电动式扬声器正常运行期间实时检测以允许适当的音频信号电平衰减或偏移限制措施响应于声运行条件的变化而实质立即应用。因此,由于外壳泄漏迫使可移动振膜总成过度偏移(即,高于最大允许偏移极限)的风险被最小化且因此是赋予扬声器的机械损伤的伴随风险。机械损伤可由可移动扬声器组件(诸如音圈、振膜或音圈骨架)与固定组件(诸如磁路)之间的碰撞导致。

[0013] 在本背景中,电动式扬声器的基频谐振频率是通过作用在可移动振膜总成上的总柔量和电动式扬声器的总移动质量确定或设定的谐振频率。作用在可移动振膜总成上的总柔量通常将包括扬声器的边缘悬浮体的柔量与由密封外壳内的滞留空气导致的柔量的平行连接。外壳安装电动式扬声器的基频谐振频率通常可易于通过检查其低频峰值电阻抗而识别。

[0014] 扬声器的标称基频谐振频率优选地表示当外壳被适当地声密封且扬声器的前侧未阻塞(例如辐射至实质自由场)时,安装在便携式通信装置的相关外壳中的电动式扬声器的所估计的或测量的基频谐振频率。标称基频谐振频率可相应地通过各种方式确定或设定。根据本发明的一个实施方案,标称基频谐振频率基于扬声器制造商针对密封外壳体积和相关电动式扬声器模型的实际组合的数据表。在这种情况下,标称基频谐振频率可表示针对特定类型的相关电动式扬声器的谐振频率值的平均值或任意其它适当统计度量。本实施方案可用于在制造期间测试或验证扬声器在外壳或腔室中的正确密封安装。这种测试或验证可通过在外壳安装后测量扬声器的基频谐振频率且将所测量的基频谐振频率与标称基频谐振频率比较而完成。如果基频谐振频率的测量值降至低于预设频率阈值频率或落在

围绕标称基频谐振频率的特定预定频带或范围外,那么外壳可被标记为泄漏。这个标记可用于在制造过程期间检查并且可能修理外壳和/或其中扬声器的安装并,且因此避免例如容纳外壳安装扬声器的便携式通信装置昂贵和麻烦的市场返修。

[0015] 扬声器的标称基频谐振频率的上述基于期望的确定可能因所涉及的相关类型的电动式扬声器的基频谐振频率上的样本间制造差异而不如在特定情况中需要的情況准确。因此,在其它实施方案中,标称基频谐振频率可由相关电动式扬声器的所测量基频谐振频率表示,其在电动式扬声器以密封和未阻塞状态安装在外壳中时从有关其的运行测量确定。在这种运行测量下,外壳相应地处于已知的适当密封状态中。对基频谐振频率的测量可在其中集成电动式扬声器和相关外壳的便携式通信装置制造期间完成。如上所述,可将所测量的基频谐振频率与标称基频谐振频率比较以验证扬声器本身的正确运行和扬声器在外壳中的正确安装。在两个这些实施方案中,标称基频谐振频率的设定值可以数字格式存储在便携式通信装置的电子存储器(诸如非易失性存储器区域)中。

[0016] 对扬声器外壳的声泄漏的快速和可靠检测在许多类型的声音重放应用和设备中非常有用。重要的是快速且可靠地检测因扬声器振膜后方密封外壳内滞留空气质量的机械刚度或柔量的相关损失造成的外壳泄漏。刚度的损失导致针对给定音圈电压显著增大的振膜偏移,即,针对音频信号的给定电平。振膜偏移的增大能够迫使扬声器的振膜和音圈总成超过其最大允许峰值偏移,这导致对扬声器的各种类型的不可逆转的机械损伤。用户通常将因为扬声器极度变调的声质或可听音的完全缺失而注意到扬声器这种类型的不可逆转的机械损伤。虽然这种问题在扩音器技术的许多领域极为重要,但是在用于便携式通信装置(诸如移动电话、智能电话、音频启用平板电脑等)的微型扬声器中特别重要。在后一种类型的装置中,微型电动式扬声器通常被安装在具有约 1cm^3 体积的小型密封外壳或腔室中。用户操作移动电话和智能电话的方式使得这些电话偶尔掉落无法避免。取决于冲击表面和掉落高度,这些意外掉落可能导致对电话机壳或壳的严重冲击。经验表明这些冲击通常足够大以在微型扬声器的小型密封外壳中裂开小洞裂纹,导致不需要的声泄漏。虽然替换微型电动式扬声器本身的成本非常适度,但是操作整个维修服务程序的成本高。这由多个操作活动导致,其通常包括各种运输和订单追踪活动、通信装置的拆卸、缺陷微型扬声器的移除、新微型扬声器的安装、测试、重新装配和返还等。此外,用户在维修程序持续期间无法使用通常非常重要的通信工具。因此,非常有价值的是在便携式通信装置中快速且可靠地检测外壳泄漏及应用适当的预防措施以通过将振膜偏移限制至低于其最大允许峰值偏移的值而防止对微型电动式扬声器的损伤。

[0017] 外壳检漏方法可应用于密封外壳安装电动式扬声器的宽范围应用,诸如高保真、汽车或公共广播应用的大直径低音扬声器或宽频带扬声器以及便携式通信装置和/或音乐播放器的微型电动式扬声器。在后一种情况中,电动式扬声器可集成在移动电话或智能电话中且安装在具有介于 0.5 与 2.0cm^3 (诸如约 1cm^3)的体积的密封外壳中。外壳安装电动式扬声器可产生从约 100Hz 至高达 15kHz 或甚至高达 20kHz 的音频频率范围内的可用声压。

[0018] 如果外壳突然泄漏,那么电动式扬声器的基频谐振频率因如下文参考附图所示的外壳中的滞留空气的增大柔量(或减小的刚度)而在电动式扬声器的自由空气基频谐振频率的方向减小。响应于对外壳泄漏或声阻塞的检测的音频信号电平的衰减优选地将音频信号的最大声压级限制在音频信号的音频频率范围的至少一个子频带或子范围中。响应于对

外壳泄漏的检测的音频信号电平的衰减优选被调适使得电动式扬声器的振膜位移或偏移被限制以防止如上所述的对扬声器的各种类型的机械损伤。这可通过至少将音频信号的最大声压级限制在音频信号的子频带(诸如音频信号的低频范围,诸如处于电动式扬声器的标称基频谐振频率和低于其的范围)中而完成,因为这些频率更可能驱动扬声器超过其最大偏移极限。替代地,可通过低频范围内相对较窄频带(诸如1/3倍频带)的衰减,或通过音频信号的整个频率范围的宽频带衰减而执行电平衰减。可通过限幅器在不影响音频信号的正常电平的情况下限制扬声器的最大声压级。

[0019] 音频信号电平的衰减可通过使音圈电压或音圈电流的电平衰减而完成。预定频率误差准则可包括扬声器的所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的最大频率偏差。最大频率偏差针对便携式通信终端的典型密封外壳安装微型扬声器可具有例如200Hz或更大的预定值。因此,如果所测量到的或检测到的基频谐振频率降至低于标称基频谐振频率超过预定值(例如,200Hz、300Hz或400Hz),那么可触发扬声器的振膜偏移的限制。预定频率误差准则的另一个实施方案基于简单阈值准则,其中阈值频率的设定可源自扬声器的已知标称基频谐振频率。阈值频率被设定为绝对值,诸如500Hz、600Hz等,其优选地低于标称基频谐振频率的变化或差异的正常范围。因此,如果所确定基频谐振频率降至低于阈值频率,那么可安全地假设外壳泄漏已发生且偏移限制措施将被触发。

[0020] 检测外壳泄漏的本方法的另一个有利实施方案包括针对其中为声音重放目的而集成扬声器的便携式通信装置的临时异常运行条件增大的稳健性。本实施方案包括下列步骤:检测所确定的基频谐振频率满足或匹配预定频率误差准则的故障时间;将检测到的故障时间与预定故障时间段比较;响应于检测到的故障时间超过预定故障时间段而限制振膜偏移。根据后一个实施方案,方法可忽略与预定频率误差的临时相符或匹配,前提是柔量的持续时间比预定故障时间段短。替代地,振膜偏移限制可响应于与预定频率误差准则的相符而立即启动且随后一旦基频谐振频率再次未满足预定频率误差准则,即取消。本实施方案特别有助于允许检漏技术忽略其中集成扬声器的装置的特定可接受和临时操作事件。

[0021] 将先前讨论的外壳安装扬声器的基频谐振频率的声阻塞引致的移位或变化用于检测电动式扬声器的前侧的声阻塞在便携式通信装置中具有许多有用的应用。在一个这种实施方案中,电动式扬声器的前侧的声阻塞可形成通信装置的用户界面的部分,取代传统的控制旋钮(knob)、按钮和触屏的功能。在该实施方案中,处理器(例如通信装置的微处理器或DSP)可被配置来响应于电动式扬声器的前侧的声阻塞的检测使装置的声音重放衰减,例如完全中断声音。因此,通信装置的用户可通过抵着扬声器上方的通信装置的外壳的声音开口按压他/她的手指或任意适当物体而有意关闭或衰减声音重放。声音的关闭或衰减可持续达预定时间段或持续直至另一个预定义用户界面事件发生以恢复正常声音重放,即音频信号的电平的先前施加衰减的移除。用户还可便利地通过抵着适当阻塞表面(即,桌子表面或书封面等)按压通信装置的外壳的声音开口而关闭或衰减声音。关闭或衰减声音重放减小功率放大器的功率消耗,其是电池供电便携式装置中高度需要的特征。

[0022] 控制声音重放的本方法的另一个有利实施方案可通过额外监测扬声器在所确定的基频谐振频率下的阻抗或导纳得到上文讨论的三个不同类型的声运行条件(例如,暂时性异常声运行条件、外壳泄漏和前侧声阻塞)之间增大的区别。在特定声运行条件或环境下,所测量的基频谐振频率的变化可能非常小且看似由声泄漏导致,除非如下文中参考附

图进一步详细描述通过信号处理器评估或检验的进一步误差准则。进一步阻抗准则的添加可有利地包括下列步骤:监测扬声器在所确定的基频谐振频率下的阻抗或导纳中的一个;基于所确定基频谐振频率下的阻抗或导纳与电动式扬声器的标称声运行条件下的基频谐振频率下的标称阻抗或导纳之间的偏差检测电动式扬声器的声运行条件的变化。可将所确定基频谐振频率和标称基频谐振频率下的所确定阻抗或导纳与标称阻抗或导纳之间的偏差与预定阻抗误差准则比较。后者可包括特定频率(诸如所测量基频谐振频率)下的上和/或下阻抗/导纳阈值,或围绕所测量基频谐振频率的阻抗范围。

[0023] 控制声音重放的本方法的进一步实施方案应用变化速率措施至所确定基频谐振频率以进一步改进上述三种不同类型的声运行条件之间的区别。在本实施方案中,预定频率误差准则包括基频谐振频率的随时间变化速率且方法包括下列额外步骤:监测和确定基频谐振频率的随时间变化速率。这可用于区分例如由特定扬声器材料的老化导致的扬声器的基频谐振频率的缓慢发展的变化与通常以明显更急剧方式(例如在秒的时间标度下)发生的声泄漏或声阻塞。

[0024] 技术人员将了解,对扬声器跨预定音频频率范围的阻抗或导纳的检测可由若干不同方案执行。根据一个实施方案,在预定音频频率范围中的一个或多个频带测量音圈电流和音圈电压的相应值,使得这些数量之间的比率直接反映每个频带的阻抗或导纳。根据一个这种实施方案,方法包括下列步骤:通过跨预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤音圈电流以产生多个经带通滤波的音圈电流分量;通过跨预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤音圈电压以产生多个经带通滤波的音圈电压分量;基于音圈电流分量和音圈电压分量确定每个带通滤波器的通带内的音圈阻抗和导纳中的一个。多个邻近配置的带通滤波器可包括时域滤波器组和/或频域滤波器组。频域滤波器组可例如包括基于傅里叶变换的滤波器组(诸如FFT滤波器组),其具有处于标称基频谐振频率且低于其的适当频率分辨率,诸如25Hz与100Hz之间某处的bin间距。在若干替代实施方案中,时域滤波器组包括额外倍频程分隔滤波器,例如多个1/6或1/3倍频程分隔带通滤波器。多个带通滤波器优选地实施为数字滤波器(例如IIR数字滤波器)。

[0025] 本发明的另一个有利实施方案利用基于模型的方法或手段以计算扬声器的基频谐振频率及任选地计算得到的基频谐振频率下的阻抗值。这种方法包括下列步骤:施加检测到的音圈电流和检测到的音圈电压至扬声器的自适应数字模型,所述自适应数字模型包括多个可调适模型参数,基于扬声器的自适应数字模型的一个或多个可调适参数计算扬声器的基频谐振频率。

[0026] 扬声器的自适应数字模型优选地包括自适应数字滤波器,例如,二阶或更高阶的自适应IIR滤波器,其对扬声器跨预定音频频率范围(例如介于10Hz与10kHz之间)的时间变化和频率相依阻抗建模。如下文参考附图进一步详细说明,检测到的音圈电流和检测到的音圈电压优选地分别由数字音圈电流和数字音圈电压表示。

[0027] 为了协助扬声器的自适应数字模型的适当调适,后者除一个或多个可调适或自由模型参数外,还优选地包括至少一个固定参数,诸如扬声器的总移动质量。

[0028] 本发明的第二方面涉及外壳安装电动式扬声器的声音重放总成。声音重放总成包括:音频信号输入,其用于接收由音频信号源供应的音频输入信号;输出放大器,其被配置来接收音频输入信号并且在可连接至电动式扬声器的音圈的一对输出端子上产生相应音

圈音频电压;电流检测器,其被配置来响应于音圈电压的施加检测流动至电动式扬声器中的音圈电流;和信号处理器,其被配置来:基于检测到的音圈电流和音圈电压检测扬声器跨预定音频频率范围的阻抗和导纳中的一个;基于检测到的阻抗或导纳确定扬声器的基频谐振频率;将扬声器的所确定基频谐振频率与表示电动式扬声器的标称声运行条件的扬声器的标称基频谐振频率比较;基于电动式扬声器的所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测电动式扬声器声运行条件的变化。信号处理器优选地被配置来响应于频率偏差满足预定频率误差准则而衰减音圈音频电压的电平。

[0029] 已在上文结合相应偏移检测方法详细公开输出放大器的性质。D类输出放大器可包括:半桥驱动级,其具有耦合至电动式扬声器的单个输出;或全桥/H桥驱动级,其具有耦合至电动式扬声器的各自侧或端子的输出端子对。

[0030] 音频输入信号可包括供应自外部数字音频源(诸如数字麦克风)的实时数字音频信号。实时数字音频信号可根据标准化串行数据通信协议(诸如IIC或SPI)格式化或根据数字音频协议(诸如I²S、SPDIF等)格式化。

[0031] 标称基频谐振频率可以数字格式存储在实施本检漏方法的检漏器总成的数字存储装置的适当数字存储位置中。数据存储装置可集成在信号处理器上。技术人员将了解信号处理器优选地包括软件可编程处理器,诸如集成在检漏器总成或可操作地耦合至其上的微处理器或DSP。软件可编程微处理器或DSP由存储在程序存储器中的可执行程序指令的应用程序控制,使得信号处理器的上述步骤或操作在应用程序如下文更详细描述被执行时执行。在本发明的一些实施方案中,信号处理器可为便携式通信装置的应用程序处理器的集成部分,而信号处理器在本发明的其它实施方案中可为单独的微处理器或DSP。

[0032] 技术人员将了解,电流检测器可包括各种类型的电流传感器,例如连接至输出放大器的输出晶体管的电流反射镜或与扬声器音圈串联耦合的小型传感电阻器。音圈电流可相应地由比例/缩放传感电压表示。后一种传感电压可通过A/D转换器取样以允许数字域中音圈电流的处理。优选地,音圈电流和音圈电压在数字域中处理,使得检漏总成的优选实施方案包括:第一A/D转换器,其被配置来对音圈电流取样并且数字化以供应数字音圈电流信号;和第二A/D转换器,其被配置来对音圈电压取样并且数字化以供应数字音圈电压信号。

[0033] 检漏总成的一个实施方案利用先前描述的基于模型的方法或手段以计算扬声器的基频谐振频率。根据本实施方案,应用程序包括第一组可执行指令,其在被执行时提供包括多个可调适模型参数的扬声器的自适应数字模型。第二组可执行指令在被执行时提供下列步骤:读取数字音圈电流信号;读取数字音圈电压信号;将数字音圈电流信号和数字音圈电压信号施加至扬声器的自适应数字模型;计算多个可调适模型参数的更新值;从一个或多个可调适模型参数计算扬声器的基频谐振频率。先前已在上文中详细讨论扬声器的自适应数字模型的特征和优点。检漏总成的替代实施方案利用所测量的音圈电流与音圈电压之间的先前描述比例以计算运行期间的基频谐振频率。根据后一个实施方案,应用程序包括下列项目:第一组可执行指令,其被配置来在被执行时提供下列步骤:通过跨预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤数字音圈电压信号以产生多个经带通滤波的音圈电压分量;通过跨预定音频频率范围的多个邻近配置的带通滤波器过滤数字音圈电流信号以产生多个经带通滤波的音圈电流分量;基于音圈电流分量和音圈电压分量确定每个带通滤波器的通带内的音圈阻抗和导纳中的一个。

[0034] 本发明的第三方面涉及半导体衬底或晶粒,根据任意上述实施方案的检漏总成集成在其上。半导体衬底可在适当的CMOS或DMOS半导体工艺中制造。

[0035] 本发明的第四方面涉及外壳安装电动式扬声器的声音重放系统,其包括:电动式扬声器,其包括用于响应于振膜总成的致动而产生可听声音的可移动振膜总成;根据其任意上述实施方案的声音重放总成,其电耦合至可移动振膜总成;音频信号源,其可操作地耦合至声音重放总成的音频信号输入。

[0036] 本声音重放控制系统的一个优点在于其可被配置为包括上述功能(诸如扬声器外壳检漏和偏移限制和用户界面特征)的独立声音传递系统。声音重放控制系统可独立于便携式通信装置的应用程序处理器或端子操作,其中其被集成以提供针对电动式扬声器的偏移引致机械损伤的可靠和方便保护。

附图说明

[0037] 将结合附图更详细描述本发明的优选实施方案,其中:

[0038] 图1A)是用于本发明的各种便携式声音重放应用的微型电动式扬声器的示意横截面图,

[0039] 图1B)是安装在声泄漏的外壳中的微型电动式扬声器的示意横截面图,

[0040] 图2示出根据本发明的第一实施方案的密封外壳安装电动式扬声器的声音控制总成的示意框图,

[0041] 图3是针对一组微型电动式扬声器的实验测量平均扬声器阻抗对频率曲线的曲线图,

[0042] 图4是针对微型电动式扬声器组的实验测量平均振膜偏移对频率曲线的曲线图,

[0043] 图5是四种不同声运行条件下针对单个外壳安装微型电动式扬声器的四个实验测量扬声器音圈阻抗对频率曲线的曲线图;和

[0044] 图6示出用于基频扬声器谐振监测和检测的微型电动式扬声器的基于自适应IIR滤波器的模型。

具体实施方式

[0045] 图1A)是针对密封箱安装和用于便携式音频应用(诸如移动电话和智能电话)的典型微型电动式扬声器1的示意横截面图,其中扬声器1为各种类型的应用(诸如扬声器电话和音乐重放)提供声音重放。技术人员将了解,电动式扬声器取决于所要应用而以多种形状和大小存在。用于检测外壳泄漏的下述方法中的电动式扬声器1和用于检测外壳泄漏的相应总成具有矩形形状,其具有最大外尺寸D约15mm和横向方向上约11mm的外尺寸。但是,技术人员将了解用于检漏的本方法和用于外壳安装电动式扬声器的相应检测总成实际上适用于所有类型的外壳或箱安装电动式扬声器。

[0046] 微型电动式扬声器1包括紧固至音圈的上边缘表面的振膜10。振膜10还通过弹性边缘或外悬浮体12机械耦合至扬声器框架22。环形永久磁铁结构18产生磁通量,其传导穿过具有配置其中的圆形气隙24的导磁结构16。圆形通风管道14被配置在框架结构22中且可用于将热导离形成在振膜10下方d的另外密封的腔室结构。弹性边缘悬浮体12提供可移动振膜总成的相对精确界定的柔量(音圈20和振膜10)。弹性边缘悬浮体12的柔量和振膜10的

移动质量确定微型扬声器的自由空气基频谐振频率。弹性边缘悬浮体12可被构造来限制可移动振膜总成的最大偏移或最大位移。

[0047] 在微型扬声器1运行期间,音圈电压或驱动电压通过电连接至适当输出放大器或功率放大器的一对扬声器端子(未示出)被施加至扬声器100的音圈20。相应音圈电流响应流动穿过音圈20,导致振膜总成在速度箭头V所示的方向上在扬声器的活塞范围内的实质均匀振动运动。由此,相应的声压由扬声器1产生。音圈20和振膜10响应于音圈电流的流动的振动运动由气隙24中径向定向磁场的存在导致。所施加的音圈电流和电压导致音圈20的功率耗散,其在运行期间加热音圈20。因此,长时间施加过高驱动电压和电流可能导致音圈20过热,其是电动式扬声器故障的另一个常见原因。

[0048] 过大音圈电流的施加(其迫使可移动振膜总成超过其最大允许偏移极限)是电动式扬声器中的另一个常见故障机制,其导致各种类型的不可逆转的机械损伤。一种类型的机械损伤可能由音圈20的最下边缘与导磁结构16的环形面部分17之间的碰撞导致。

[0049] 图1B)是安装在具有预定内部体积30的外壳、箱或腔室31中的微型电动式扬声器1的示意横截面图。外壳或腔室31被配置在扬声器1的振膜10下方。扬声器1的框架结构22的外周壁被牢固附接至密封箱31的匹配壁表面以形成实质气密的耦合件,其将体积30内的滞留空气与周围环境声隔离。针对典型便携式通信装置或端子应用(如移动电话和智能电话),围封体积30可介于0.5与2.0cm³之间,诸如约1cm³。扬声器1在密封外壳30中的安装因腔30内的滞留空气的柔量而导致微型扬声器比其上述自由空气基频谐振频率更高的基频谐振频率。腔室30内滞留空气的柔量与弹性边缘悬浮体12的柔量并行运作以减小作用在扬声器的移动质量上的总柔量(即,增大刚度)。因此,外壳安装扬声器1的基频谐振频率高于自由空气谐振。基频谐振频率的增量取决于外壳30的体积。围绕密封外壳31的壁结构可由具有有限冲击强度的成型弹性体化合物形成。外壳30的壁结构31中的非所要小孔或裂纹35已被示意图示且至周围环境的声压的相关声泄漏由箭头37指示。通过小孔或裂纹35的声泄漏导致外壳30的非所要泄漏状态且导致如上所述的扬声器1的基频谐振频率的减小。如下文中进一步详细描述,由小孔或裂纹35导致的基频谐振频率的这种变化通过监测扬声器1的电阻抗的相关变化而检测。

[0050] 图2是用于便携式通信装置的外壳安装电动式扬声器的声音重放总成200的简化示意框图。声音重放总成例如可用于控制上文图1B)上所示的微型扬声器1的声音重放。声音重放总成200通过一对可外部接达扬声器端子211a、211b耦合至微型电动式扬声器1。经脉冲调制的D类输出放大器包括耦合H桥输出级206的复合上取样器和调制器204,所述H桥输出级206进一步连接至扬声器端子211a、211b。D类输出放大器接收输入203上的经处理数字音频信号,其源自在可编程数字信号处理器(DSP)202的数字音频信号输入201上供应的数字音频信号。D类输出放大器产生相应经PWM或PDM调制的音圈电压,其通过适当扬声器端子被供应至微型电动式扬声器1的音圈。在本实施方案中,声音重放总成200主要在数字域中运行,但是其其它实施方案可取而代之使用模拟信号或模拟信号和数字信号的混合物。声音重放总成200的数字音频信号输入201接收由外部数字音频源供应的先前讨论的数字音频信号,诸如其中集成本声音重放总成200的便携式通信装置的应用程序处理器。外部产生的数字音频信号可根据标准化串行数据通信协议(诸如IIC或SPI)格式化或根据数字音频协议(诸如IIS、SPDIF等)格式化。

[0051] 声音重放总成200由来自正供电电压 V_{DD} 的运行功率供电。接地(未示出)或负DC电压可形成扬声器偏移检测器200的负供应电压。 V_{DD} 的DC电压依据声音重放总成200的特定应用而显著变化,且通常可被设定为1.5伏与100伏之间的电压。主时钟输入 f_{clk_1} 设定DSP202的主时钟频率。

[0052] 声音重放总成200包括至少一个A/D转换器208,其被配置来对跨扬声器端子211a、211b的瞬时音圈电压取样和数字化。A/D转换器208还包括第二输入,其被配置来对在转换器208的第二输入 I_{coil} 上传递的模拟音圈电流信号取样和数字化。技术人员将了解至少一个A/D转换器208可包括对音圈电压和模拟音圈电流信号交替取样的多工类型的转换器。替代地,至少一个A/D转换器208可包括两个单独的A/D转换器,其分别固定地耦合至音圈电压和音圈电流信号。技术人员将了解音圈电流信号可由各种类型的电流传感器产生,其产生与在音圈中流动的瞬时音圈电流成比例的电压、电流或电荷信号。示例性电流传感器包括电流反射镜,其连接至H桥206的输出晶体管和与扬声器1的音圈串联耦合的小型传感电阻器。至少一个A/D转换器208通过外部取样时钟 f_{clk2} 计时,其针对非过取样类型A/D转换器可具有介于8kHz与96kHz之间的频率且针对过取样类型的A/D转换器(诸如 $\Sigma-\Delta$ (sigma-delta)转换器)可具有介于1MHz与10MHz之间的频率。

[0053] 至少一个A/D转换器208具有供应数字音圈电流信号 $I_m[n]$ 至扬声器1的自适应数字模型210的第一输入的第一输出,其中模型210如下文中进一步详细讨论包括多个可调适模型参数。至少一个A/D转换器208还包括供应数字音圈电压 $V_m[n]$ 至自适应数字模型210的第二输入的第二输出。扬声器的自适应数字模型210优选地包括自适应滤波器,其基于如由数字音圈电流信号 $I_m[n]$ 和数字音圈电压 $V_m[n]$ 表示的检测到的或测量到的音圈电流和音圈电压对扬声器跨预定音频频率范围(例如,介于10Hz与10kHz之间)的频率相依阻抗建模。自适应数字模型210的运行在下文中进一步详细讨论。自适应数字模型210被配置来计算或确定外壳安装微型扬声器1的基频谐振频率。自适应数字模型210的输出包括所确定的基频谐振频率 f_0 ,其例如经由DSP202的数据总线 and 数据通信端口以数字格式被供应至DSP202。

[0054] DSP202被配置来连续或间断地读取 f_0 的当前值并且将后者与表示密封状态的外壳中的基频谐振频率的微型扬声器1的标称基频谐振频率比较。因此,标称基频谐振频率表示电动式扬声器1的标称或所要声运行条件。微型扬声器1的标称基频谐振频率值优选地存储在可由DSP202访问的数据存储器的预定数据存储地址中。微型扬声器1的标称基频谐振频率可能已通过许多方式获得。在一个实施方案中,标称基频谐振频率从扬声器制造商针对密封外壳31的实际体积的数据表直接确定。在这种情况下,标称基频谐振频率可表示针对特定类型的微型扬声器1的平均外壳安装谐振频率。本实施方案可用于验证制造期间外壳或腔室31中微型扬声器1的正确密封安装。这种验证可通过在外壳安装后测量微型扬声器1的基频谐振频率 f_0 且将所测量的 f_0 与标称基频谐振频率比较而完成。如果基频谐振频率 f_0 的测量值落在围绕标称基频谐振频率的特定预定频带或范围之外,那么外壳被标记为泄漏。这可用于在制造过程期间修理外壳和/或其中微型扬声器1的安装并且因此避免容纳外壳安装微型扬声器1的便携式通信装置昂贵和麻烦的市场返修。

[0055] 在其它实施方案中,上述平均谐振频率值确定可能不如所要的准确,因为微型扬声器1的移动质量和振膜悬浮体柔量由于制造和材料公差而易于变化。因此,微型扬声器1的标称基频谐振频率在安装于密封外壳31之后从有关微型扬声器1的实际测量确定。这可

能在移动终端制造期间完成,前提是已知外壳31被适当密封且微型扬声器1处于适当工作状态中。

[0056] 在声音重放总成200运行期间,DSP202定时确定微型扬声器1的电流 f_0 且将 f_0 的确定值与标称基频谐振频率比较。DSP202基于电动式扬声器的所确定电流 f_0 与标称基频谐振频率之间的频率偏差检测电动式扬声器的声运行条件的变化,尤其外壳的声泄漏。偏差较佳地由预定频率误差准则表达,其指示或表示外壳的声泄漏的发生。技术人员将了解一个或多个额外预定频率误差准则可由DSP202应用,其代表所关注的一个或多个额外声运行条件,诸如如下文参考图5更详细讨论的电动式扬声器的前侧的声阻塞。预定频率误差准则在各条件中可能包括所确定基频谐振频率的特定频率极限或范围。频率误差准则可包括所确定基频谐振频率与标称基频谐振频率之间的特定频率差。如果DSP202确定电流 f_0 满足或符合预定频率误差准则,那么DSP202优选地基于外壳由于孔或裂纹已变得声泄漏的假设进行衰减,其衰减施加至微型扬声器1的音圈的音频信号电平。在这种情况下,通过D类输出放大器持续未限制或未修改地施加驱动电压至扬声器可能导致先前讨论的过度振膜偏移或位移,其可能不可逆转地损伤扬声器。DSP202被优选地配置或编程来衰减音频信号的电平,使得微型扬声器1的振膜的偏移受限。这可例如通过衰减至D类输出放大器的经处理数字输入信号的电平而以各种方式完成。这可通过选择性地衰减经处理数字输入信号的低频范围或分量而完成(其更可能驱动扬声器高于其最大允许偏移极限)。低频范围可包括低于特定阈值频率的所有频率(诸如800Hz或500Hz)或仅单个低频带(诸如围绕中心频率(诸如低频范围中的400Hz或300Hz)的三分之一倍频带。替代地,DSP202可被配置来施加经处理数字输入信号的整个频谱的宽频带衰减以限制振膜偏移。

[0057] 通常,DSP202可被配置来响应预定频率误差准则已通过至少两种不同方式被满足的事件。根据一组实施方案,DSP202被配置来即刻响应与预定频率误差准则的不符且施加振膜偏移或位移的先前讨论的限制。这些实施方案具有音圈电压的潜在危险电平被施加至微型扬声器的时间段被最小化的优点。但是,根据另一个实施方案,DSP202被配置来有意延迟振膜偏移的限制。根据后一个实施方案,DSP202被配置来检测所确定基频谐振频率满足预定频率误差准则的故障时间。仅当及如果检测到的故障时间超过预定故障时间段,那么DSP202以上文说明的方式进行限制振膜偏移。故障时间可例如由DSP202中的计数器检测,其响应于与预定频率误差准则相符而立即初始化或开始。后一个实施方案的显著优点在于其针对短期异常声运行条件或信号毛刺的稳健性。

[0058] 技术人员将了解扬声器1的自适应数字模型210可通过由可执行程序指令控制的软件可编程微处理器或DSP核心实施,使得每个信号处理功能可由特定一组可执行程序指令实施。在某些实施方案中,自适应数字模型210可完全或部分与可编程DSP202集成。在后一个实施方案中,自适应数字模型210可由一组专用可执行程序指令或容纳扬声器模型210的多个可调适模型参数的多个存储位置实施。因此,微型扬声器的自适应建模、微型扬声器1的 f_0 的上述监测和相关信号衰减(结合优选的伴随的振膜偏移限制)可都由可编程DSP202通过应用程序的一个或多个适当程序例程执行。技术人员将了解可编程DSP202可与便携式通信终端的先前讨论应用程序处理器一起集成或可实施为单独的可编程或硬接线DSP,其专用于执行上述声音重放控制方法。在后一个实施方案中,自适应数字模型210可被实施为单独的硬接线数字逻辑电路,其包括经适当配置连续或组合数字逻辑而非与有关可编程

实施方案的软件实施相关的一组可编程程序指令。硬接线数字逻辑电路可集成在专用集成电路(ASIC)上或可通过可编程逻辑或其任意组合配置。

[0059] 为了图示微型扬声器1的基频谐振频率 f_0 在正常密封的外壳(图1B的30)破损且变得声泄漏时如何变化,图3的曲线图300示出针对与上述微型扬声器1相同类型的一组微型电动式扬声器的实验测量平均扬声器阻抗对频率曲线。曲线图300的x轴描绘跨从5Hz至约5kHz的频率范围的对数标度的测量频率且y轴示出从约 $6\ \Omega$ 至 $15\ \Omega$ 的线性标度的所测量电阻抗量值。第一阻抗曲线301示出微型扬声器在被安装在未破损或密封外壳中时的阻抗的平均测量量值,即扬声器和其外壳的预期密封操作。所测量扬声器的平均基频谐振频率为约900Hz且平均峰值阻抗为约 $14\ \Omega$ 。第二阻抗曲线303示出当微型扬声器被安装在破损或未密封外壳中(即,扬声器和其相关外壳的错误或故障条件)时的平均所测量阻抗。如图示,所测量扬声器的平均基频谐振频率已被显著降低至约550Hz且平均峰值阻抗被降低至约 $13\ \Omega$ 。外壳中的孔隙或孔的平均横截面积为约 0.75mm^2 ,发明者在许多现场研究后发现其对于典型破损扬声器外壳是有代表性的。

[0060] 密封和破损条件的外壳中的平均基频谐振频率的显著变化使本检漏方法对于基准扬声器谐振频率的不可避免的生产差异而言非常稳健。其可能例如可选择基频谐振频率的阈值频率准则,使得检漏在所测量基频谐振频率降至低于预定阈值频率(诸如针对所描绘实施方案的750Hz)的情况下标记泄漏误差。技术人员将了解作为绝对频率的替代的阈值频率准则可被表达为与标称基频谐振频率的特定频率偏差,例如250Hz或 $1/3$ 倍频程等。

[0061] 破损或泄漏扬声器外壳对扬声器偏移或位移的影响图示在图4的曲线图400上。所描绘的偏移曲线401和403分别对应于曲线图300上所描绘的平均阻抗曲线301和303。曲线图400的x轴描绘跨频率范围5Hz至约5kHz的对数标度的测量频率,而y轴示出从约 0.0mm 至 0.25mm 的线性标度的所测量偏移(mm/V(音圈电压))。所描绘的振膜偏移值通过激光干涉仪测量。平均扬声器振膜偏移的显著增大从针对所施加的固定音圈电压条件从第一偏移曲线401至第二偏移曲线403中明显可见。当存在外壳的声泄漏时,平均振膜偏移在从20Hz至500Hz的整个低频音频范围内显著增大。当微型扬声器被安装在密封扬声器外壳中时50Hz下的平均振膜偏移是约 $0.05\text{mm}/\text{V}$ 且这个值在微型扬声器取而代之被安装在泄漏或未密封扬声器中时增至约 $0.13\text{mm}/\text{V}$ 。由于正常语音和音乐信号的绝大多数信号能量或功率集中在音频频率范围的低频部分中,所以这个频率范围中的振膜偏移的显著增加可导致扬声器的不可逆转的机械损伤,除非采取适当预防措施来限制最大偏移。特定类型的电动式扬声器的最大偏移取决于其尺寸和构造细节。对于具有约 $11\text{mm}\times 15\text{mm}$ 的外尺寸的上述微型扬声器1,最大允许振膜偏移通常为约 $\pm 0.45\text{mm}$ 。

[0062] 图5包括针对配置在四个不同声负载条件(即,负载不同声负载)中的单个微型电动式扬声器样本的实验测量扬声器阻抗对频率曲线的曲线图500。微型电动式扬声器样本类似于上文参考先前阻抗和偏移测量讨论的微型扬声器。曲线图500的x轴描绘跨从300Hz至约3kHz的频率范围的对数标度的测量频率且y轴示出从约 $7\ \Omega$ 跨至 $16\ \Omega$ 的线性标度的微型扬声器的所测量电阻抗量值。第一阻抗曲线501示出当微型扬声器被安装在未破损或密封外壳中(即,扬声器和其外壳的预期或正常密封声运行条件)时的所测量阻抗值。此外,扬声器的前侧(即振膜背离外壳的一侧)未阻塞,对应于实质自由场条件下的声音发射。扬声器样本的所测量基频谐振频率是838Hz且伴随的峰值阻抗是约 $15\ \Omega$ 。

[0063] 第二阻抗曲线503示出当微型扬声器被安装在具有未阻塞前侧的典型声泄漏或未密封外壳中(即扬声器和其相关外壳的错误或故障运行条件)时的所测量阻抗量值或阻抗。如图示,微型扬声器样本的所测量基频谐振频率从838Hz显著下降至约382Hz。此外,基频谐振频率下的阻抗从密封运行条件中的约 $15\ \Omega$ 下降至约 $13\ \Omega$ 。第三阻抗曲线505示出微型扬声器在被安装在密封或非泄漏外壳中时的所测量阻抗量值,如频率曲线501所示但现具有电动式扬声器的前侧的紧密声阻塞。声阻塞通过阻塞扬声器振膜上方的小前腔而执行。紧密阻塞的声运行条件通过抵着纸堆牢固按压微型扬声器样本的前侧而实现。如阻抗曲线505所图示,微型扬声器样本的所测量基频谐振频率从正常非泄漏运行条件下的838Hz显著增大至紧密阻塞前腔情况下的1676Hz。所测量基频谐振频率下的阻抗量值从约 $15\ \Omega$ 减至约 $10\ \Omega$ 。基频谐振频率的增加由前腔内的微型扬声器的前侧上的滞留空气质量的机械刚度的增加导致。最后,第四阻抗曲线507示出微型扬声器在被安装在密封或非泄漏腔室中时的所测量阻抗量值,其如频率曲线501所示,但现具有扬声器上方的松散阻塞前腔。松散阻塞的声负载或运行条件通过静置而非如在上述紧密阻塞条件抵着纸堆主动按压微型扬声器样本的前侧。如曲线507所图示,微型扬声器样本的所测量基频谐振频率从正常非泄漏运行条件下的838Hz减至松散阻塞的前腔情况下的763Hz。所测量基频谐振频率下的阻抗量值从约 $15\ \Omega$ 减至约 $12\ \Omega$ 。

[0064] 密封外壳和未阻塞运行条件与紧密阻塞或松散阻塞前腔之间的基频谐振频率变化使得本声音控制方法能够额外地检测微型扬声器的所测量基频扬声器谐振频率的特定变化是否由扬声器外壳的声泄漏或由扬声器的前侧的声阻塞导致。技术人员将了解,可通过除检测微型扬声器的基频谐振频率的变化外还监测和测量扬声器在基频谐振频率下的阻抗或导纳而改进这些不同运行条件之间的检测或区分效率。所确定基频谐振频率下的所确定或测量阻抗或导纳可例如与标称基频谐振频率下的标称阻抗或导纳比较。这些阻抗之间的偏差可与特定阻抗误差准则比较。

[0065] 根据本发明的一个实施方案,微型扬声器的上述紧密阻塞或松散阻塞前腔运行条件的检测用于临时中断至扬声器的音频或驱动信号且由此中断声音重放。这减小功率放大器和扬声器的功率消耗。声音重放优选地在微型扬声器的正常声运行条件重新建立的情况下恢复,即,一旦扬声器的所测量基频谐振频率不再满足预定频率误差准则和/或阻抗误差准则。此外,如果检测到外壳泄漏,那么DSP202可被配置来永久(即,直至外壳已被修理)衰减施加至微型扬声器的音圈的音频信号的电平以防止如上所述的损伤。

[0066] 图6是扬声器1的先前讨论自适应数字模型210的内部组件的详图。自适应数字模型210包括自适应IIR滤波器510,其针对基频谐振频率追踪和检测对微型电动式扬声器1的音圈的阻抗自适应地追踪或建模。先前讨论的数字音圈电流信号 $I_m[n]$ 被施加至自适应数字模型210的第一输入且数字音圈电压 $V_m[n]$ 被施加至自适应数字模型210的第二输入。数字模型210的输出(未示出)是微型扬声器1的估计基频谐振频率 f_0 。这种输出未明确描绘于图5上,但可如下文中进一步详细讨论直接从自适应IIR滤波器510的模型参数计算得到。

[0067] 自适应数字模型210包括下列模型参数:

[0068] $V_e[n]$:音圈电压或驱动电压的估计值;

[0069] R_{DC} :音圈的DC电阻;

[0070] B_l :扬声器的力因数($B \cdot l$ 乘积);

[0071] M_{MS} :总机械移动质量(包括声负载);

[0072] K_{MS} :总机械刚度;

[0073] R_{MS} :总机械阻尼;

[0074] 自适应IIR滤波器510是二阶滤波器且为方便起见优选地由其在z域中的机械导纳转移函数 $Y_m(s)$ 表达,如下导纳函数所示。扬声器1的自适应数字模型210的总体运算在于参数追踪算法试图基于音圈电流 $I_m[n]$ 的测量和微型扬声器的阻抗模型预测音圈电压 $V_e[n]$ 。错误信号 $V_{ERR}[n]$ 获自所测量实际音圈电压 $V_m[n]$ 与由模型 $V_e[n]$ 产生的相同电压的估计值之间的差值。技术人员将了解各种自适应滤波方法可用于调适所选扬声器模型中的自由模型参数以使错误信号 $V_{ERR}[n]$ 最小化。自由模型参数优选地被连续传输至DSP202且当错误信号变得足够小(例如,符合预定误差准则)时,经调适模型参数被假设为正确的。DSP202被配置来从所接收的模型参数进行微型扬声器1的当前基谐振频率 f_0 的计算。在替代例中,自适应数字模型210可包括适当的计算能力以执行 f_0 的所计算并且将后者传输至DSP202。通过使图5中所描绘的四个参数 $B1$ 、 M_{MS} 、 K_{MS} 和 R_{MS} 中的一个保持固定,其余三个参数可通过识别 $I_m[n]$ 与 $u[n]$ 之间的关系而确定。数学上,这四个参数的哪一个是固定的并不重要,而是总移动质量 M_{MS} 通常是这些参数在随时间和温度的制造差异和变化方面最稳定的。因此,优选的是在本发明的本实施方案中使总移动质量 M_{MS} 保持为固定参数。

[0075] 技术人员将了解 f_0 可从自由参数 a_1 和 a_2 分析地计算得到,初步得到:

$$[0076] \quad \omega_z = \sqrt{\ln^2(\sqrt{a_2}) + \arctan^2\left(\frac{\sqrt{-a_1^2 + 4a_2}}{a_1}\right)}$$

$$= \omega_0 / F_s$$

[0077] 因此, ω_0 可通过将 ω_z 乘以数字模型信号的取样频率 F_s 而找到且 f_0 最终通过下列等式计算得到:

$$[0078] \quad f_0 = \omega_0 / 2\pi。$$

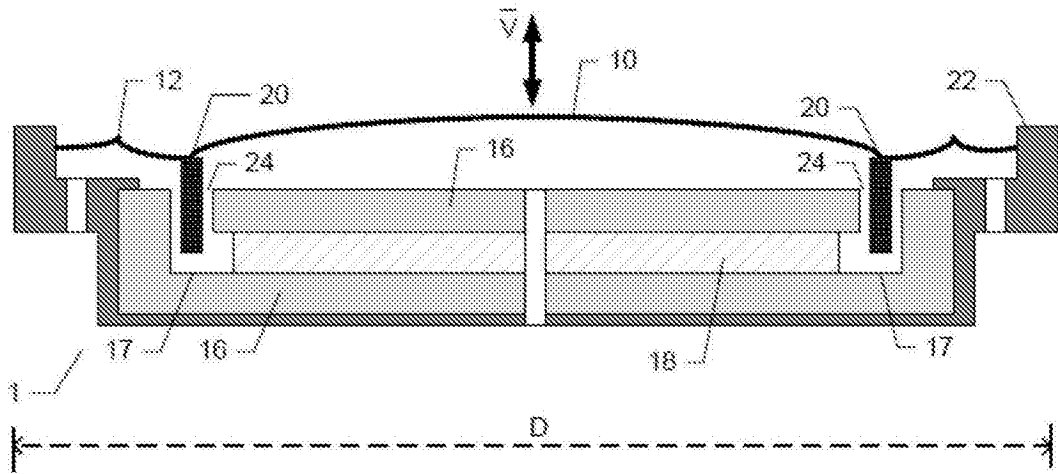


图1A)

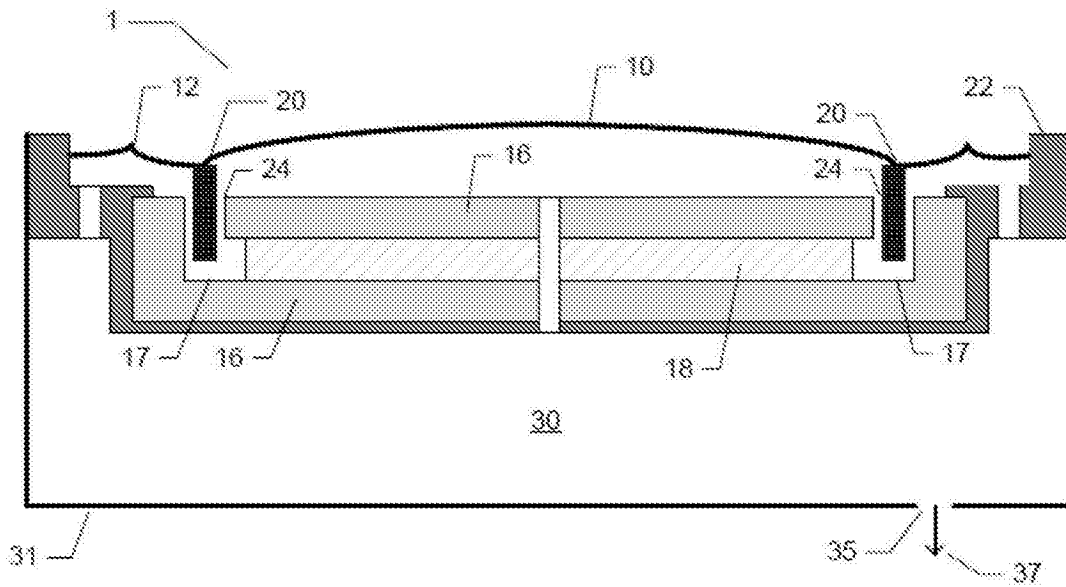


图1B)

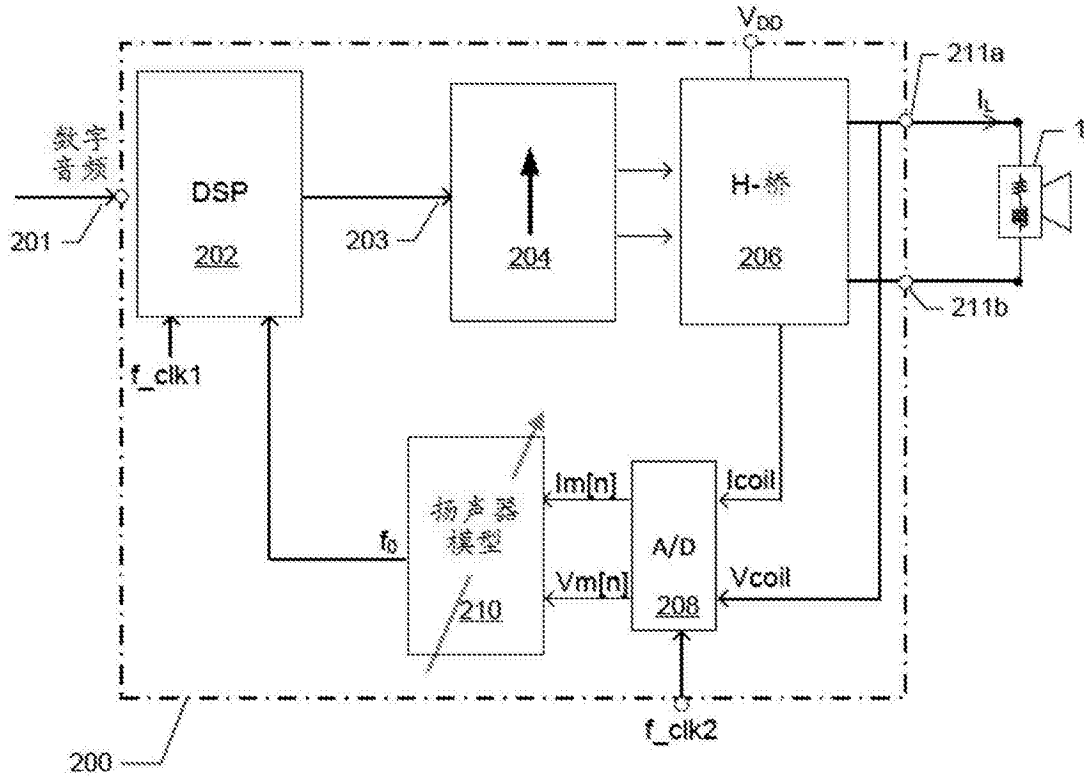


图2

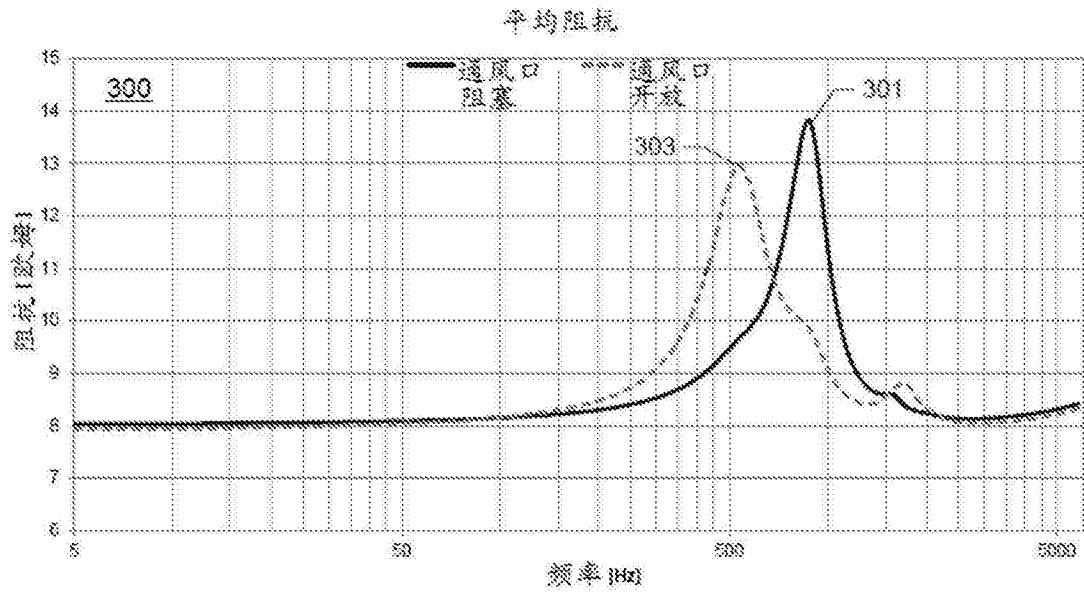


图3

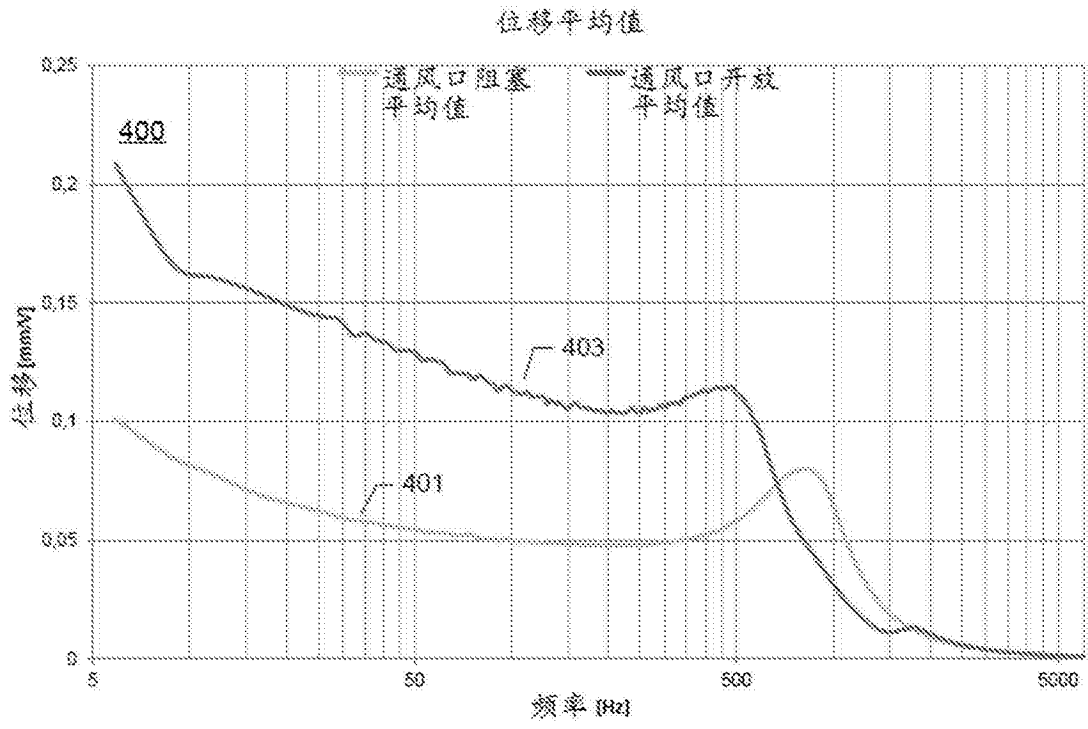


图4

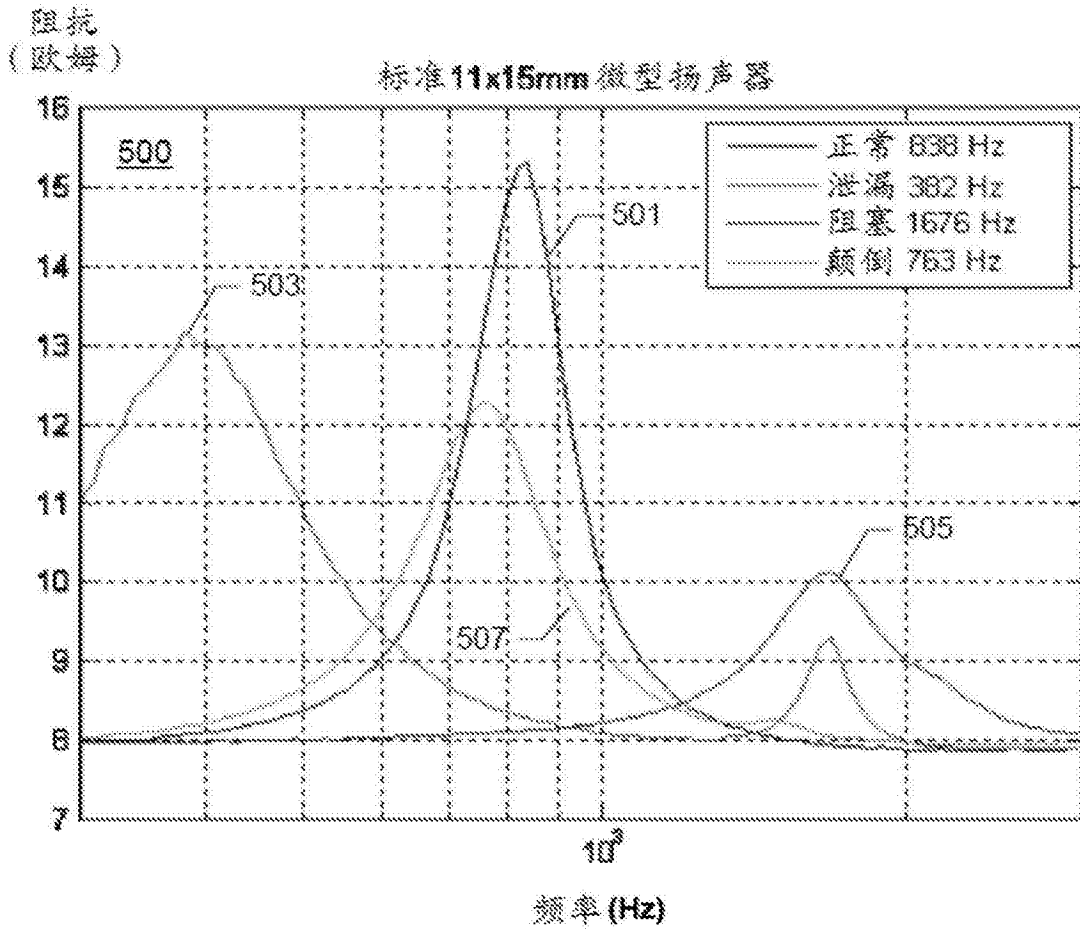


图5

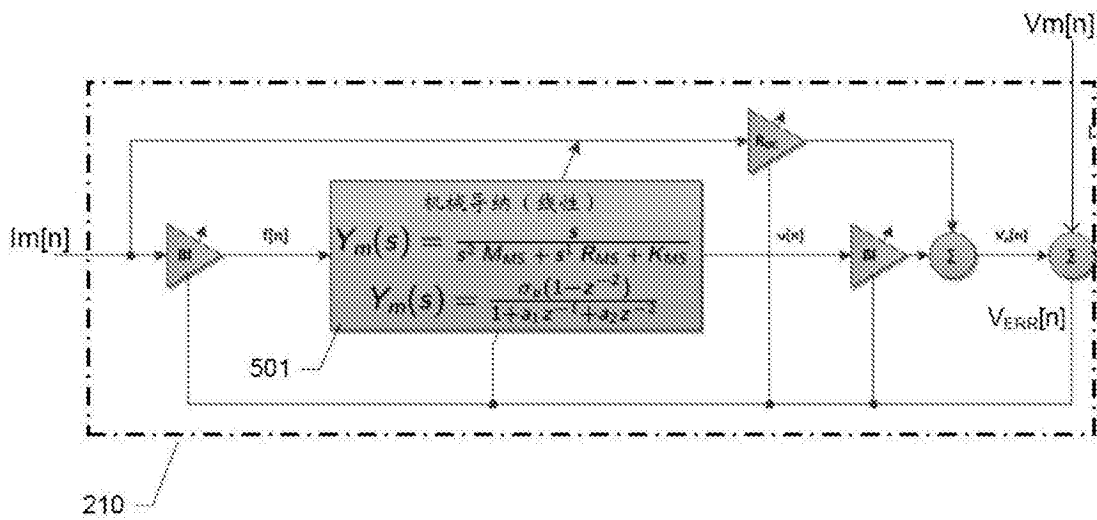


图6