



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108398979 B

(45)授权公告日 2020.05.26

(21)申请号 201810166126.4

审查员 杨爽

(22)申请日 2018.02.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108398979 A

(43)申请公布日 2018.08.14

(73)专利权人 河南师范大学

地址 453000 河南省新乡市牧野区建设路
46号

(72)发明人 李冲 徐世周 王立

(74)专利代理机构 北京挺立专利事务所(普通
合伙) 11265

代理人 赵振

(51)Int.Cl.

G05F 1/567(2006.01)

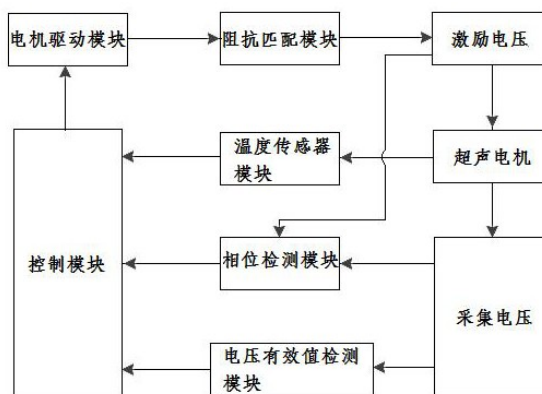
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及
方法

(57)摘要

一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及
方法,其中,微型装置包括控制模块、电机驱动模
块、阻抗匹配模块、温度传感器模块、相位检测模
块和电压有效值检测模块,控制模块包括微型单
片机或DSP芯片;电机驱动模块用以产生两频率、
相位差和电压值均可调的方波电压信号;阻抗匹
配模块采用可变电感器;温度传感模块用以实时
测量电机运行过程中的温度;相位检测模块用以
检测电机激励电压和采集电压之间的相位差;电
压有效值检测模块用于反映电机的振动状态。本
发明不仅提高了超声电机转速的稳定性,而且有
益于促进超声电机的微型化进程,使得集成有该
微型驱动控制装置的超声电机,有望应用于微机
器人以及体内医疗等对系统尺寸有较大限制的
领域。



1. 一种实现超声电机频率跟踪的方法,所述超声电机为微型电机,且所述超声电机的驱动电压范围为24-40V,其特征在于,包括以下步骤:

步骤1:对超声电机进行开环试运行,以找出所述超声电机的最优工作频率;

步骤2:不断改变所述超声电机的激励频率,从而得到不同激励频率下激励电压和采集电压之间的相位差;其中,所述激励电压从粘贴设置在超声电机定子本体上的第一压电陶瓷片上获得,所述采集电压由设置在超声电机定子本体上粘贴的第二压电陶瓷片获得;

步骤3:当所述超声电机转速最快时,将此时的激励频率记为最优激励频率,并得出激励电压和采集电压之间的相位差,记为预设值 ϕ ;

步骤4:当所述超声电机的温度开始增加时,对所述超声电机进行闭环试运行,并不断降低激励电压的频率,直至激励电压和采集电压之间的相位差接近所述预设值 ϕ ;

步骤5:重复所述步骤4,直至所述超声电机的温度不再增加;

步骤6:根据采集到的所述超声电机的温度值、该温度值下的最优激励频率、以及不同温度值下激励电压和采集电压之间的相位差与激励频率的对应关系,建立修正表;

步骤7:超声电机稳定工作时,依据所述修正表,并根据所述超声电机的温度值及时调节所述激励频率,使所述激励电压和采集电压之间的相位差趋近所述预设值 ϕ ,定子本体上的第一压电陶瓷和第二压电陶瓷用以施加激励电压。

2. 根据权利要求1所述的一种实现超声电机频率跟踪的方法,其特征在于:所述步骤1中所述超声电机的最优工作频率,即为所述最优激励频率。

3. 根据权利要求1所述的一种实现超声电机频率跟踪的方法,其特征在于:所述步骤7中,通过模糊控制算法与PID控制器相结合的方式调节所述激励频率。

一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及的超声电机领域,尤其涉及一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及方法。

背景技术

[0002] 超声波电机是近年发展起来的一种新型电机,它利用压电陶瓷的逆压电效应和超声振动,将压电陶瓷的微观形变通过共振放大和摩擦耦合转换成转子或滑块的宏观运动。由于独特的运行机理,超声电机具有传统电磁式电机所不具备的优点,如体积小、质量轻、低速大转矩、无电磁干扰、噪声小、控制精度高、响应速度快等,在非连续运动领域及精密控制领域有广阔的应用前景。然而,为获得较大的输出力矩,超声波电机必须工作在某个最佳频率上。但由于超声波电机中压电陶瓷的介电系数、等效电容及漏电阻都会随电机运行中电机本体温度的升高发生变化,这将使得电机所需的最佳激励频率约有1~2kHz的变化。如果驱动频率不变,电机转速将明显下降。为了稳定地驱动超声波电机,有必要根据温度的变化自动调节驱动频率,以跟踪超声波电机谐振频率的变化。

[0003] 但,目前实现超声电机频率自动跟踪控制的主要途径有两大类:一是利用附着在定子上的压电陶瓷孤极,通过其反馈电压来反映定子的振动状态,亦称为基于传感器的频率跟踪方法,它不适用于无法安装或构造传感器的超声电机,并且该压电陶瓷孤极只能用于反映定子的振动状态,造成了材料的浪费。同时,这种方法只适用于行波型超声电机的频率跟踪,适用范围较窄。另一类是利用电机的驱动电压、电流相位等驱动状态,亦称为无传感器的频率跟踪方法,但这种方法所要求的条件较苛刻,实现电路较复杂且参数的选择也较困难。另外,为促进超声电机微型化的应用需求,开发出微型化的电机驱动控制系统也是目前亟待解决的问题。

发明内容

[0004] 针对现有技术中的问题,本发明提供一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及方法,该装置实现方式简单、易于微型化,且结构简单、适用性广,并能精确实现超声电机频率跟踪的微型装置及方法。

[0005] 一种实现超声电机频率跟踪的微型装置,其特征在于:包括控制模块,所述控制模块的第一信息采集端与温度传感器模块相连,所述温度传感器模块用于实时检测超声电机运行过程中的温度;

[0006] 所述控制模块的第二信息采集端与相位检测模块的输出端相连,所述相位检测模块的第一信息采集端用于采集激励电压;所述相位检测模块的第二信息采集端通过压电陶瓷采集所述超声电机因振动引起的电压,记为采集电压,所述相位检测模块用于实时检测所述激励电压和采集电压的相位差;

[0007] 所述控制模块的第三信息采集端与电压有效值检测模块的输出端相连,所述电压有效值模块通过所述采集电压反映电机的振动状态;

[0008] 所述控制模块的输出端依次通过电机驱动模块和阻抗匹配模块为所述超声电机提供激励电压。

[0009] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:所述温度传感器模块包括DS18B20Z温度传感器,或者LM74温度传感器,所述温度传感器贴附在所述超声电机的壳体上。

[0010] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:所述相位检测模块包括双稳态触发器和TLV1702电压比较器,所述TLV1702电压比较器的两个输入端分别连接所述激励电压和采集电压,所述双稳态触发器用于判断所述激励电压的相位超前还是滞后所述采集电压的相位,并测量两者相位的时间差。

[0011] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:电压有效值检测模块包含半波整流电路、电容滤波电路和AD转换电路,其中,半波整流电路利用二极管的单向导通特性,除去采集电压的负半周;电容滤波电路用以将经过二极管整流的电压信号平滑;AD转换电路用以将整流和滤波后的模拟电压值转换为数字信号,进而连接到控制模块。

[0012] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:所述阻抗匹配模块采用串联电感匹配,用以抵消超声电机的电容特性。

[0013] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:所述电机驱动模块采用集成化的可编程驱动芯片NSD1202。

[0014] 为更好实现本发明中的装置,可进一步:所述电机驱动模块用以产生两频率、相位差和电压值均可调的方波电压信号;所述阻抗匹配模块采用串联电感匹配技术,用以抵消所述超声电机的电容特性,使得施加在所述超声电机上的激励电压为正弦交变电压。

[0015] 一种实现超声电机频率跟踪的方法,所述超声电机为微型电机,且所述超声电机的驱动电压范围为24-40V,其特征在于,包括以下步骤:

[0016] 步骤1:对超声电机进行开环试运行,以找出所述超声电机的最优工作频率;

[0017] 步骤2:不断改变所述超声电机的激励频率,从而得到不同激励频率下激励电压和采集电压之间的相位差;其中,所述激励电压从粘贴设置在超声电机定子本体上的第一压电陶瓷片上获得,所述采集电压由粘贴设置在超声电机定子本体上的第二压电陶瓷片获得;

[0018] 步骤3:当所述超声电机转速最快时,将此时的激励频率记为最优激励频率,并得出激励电压和采集电压之间的相位差,记为预设值 ϕ ;

[0019] 步骤4:当所述超声电机的温度开始增加时,对所述超声电机进行闭环试运行,并不断降低激励电压的频率,直至激励电压和采集电压之间的相位差接近所述预设值 ϕ ;

[0020] 步骤5:重复所述步骤4,直至所述超声电机的温度不再增加;

[0021] 步骤6:根据采集到的所述超声电机的温度值、该温度值下的最优激励频率、以及不同温度值下激励电压和采集电压之间的相位差与激励频率的对应关系,建立修正表;

[0022] 步骤7:超声电机稳定工作时,依据所述修正表,并根据所述超声电机的温度值及时调节所述激励频率,使所述激励电压和采集电压之间的相位差趋近所述预设值 ϕ ,定子本体上的第一压电陶瓷和第二压电陶瓷用以施加激励电压。

[0023] 为更好实现本发明中的方法,可进一步:所述步骤1中所述超声电机的最优工作频率,即为所述最优激励频率。

[0024] 为更好实现本发明中的方法,可进一步:所述激励电压和采集电压均为正弦交变

电压。

[0025] 本发明的有益效果：本发明提出了一种实现超声电机频率跟踪的微型装置及方法，不仅大大提高了超声电机转速的稳定性，而且有益于促进超声电机的微型化进程，从而使得集成有该微型驱动控制装置的超声电机有望应用于微机械、微机器人以及体内医疗等对系统尺寸有很大限制的领域。

[0026] 具体地，与以往的超声电机驱动控制器相比，本发明所提出的微型装置主要有以下区别：首先，本发明中的电机驱动模块采用集成化的可编程驱动芯片，能够解决常规超声电机的驱动电路因采用分立元件MOS管、变压器以及稳压电源等使得驱动器难以微型化的问题。同时，控制模块选用了微型化的单片机，并且是一种CMOS微控制器，因此，当控制模块与电机驱动模块连接时，无需电平转换，益于简化系统电路。其次，为实现超声电机的频率跟踪功能，本发明通过稳定激励电压和采集电压之间的相位差来调节激励电压的频率。因此，相比以往的频率跟踪电路，本发明简化了相位检测模块所需的器件，并且当超声电机稳定运行的时候，用于检测电机运行状态的压电陶瓷片还可以用于施加激励电压，使得元件的利用率最大化。

附图说明

[0027] 图1出示了本发明的结构框图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本发明做详细说明。

[0029] 本发明中一种能精确实现超声电机频率跟踪的微型装置，具体如图1所示，包括控制模块、电机驱动模块、阻抗匹配模块、温度传感器模块、相位检测模块以及电压有效值检测模块。在超声电机定子本体外表面上粘贴有第一压电陶瓷片和第二压电陶瓷片，其中，第一压电陶瓷片用于施加激励电压，第二压电陶瓷片用于采集电机因振动引起的电压，以便检测电机的振动状态，所述控制模块的第二信息采集端与相位检测模块的输出端相连，所述相位检测模块的第一信息采集端用于采集激励电压；所述相位检测模块的第二信息采集端通过第二压电陶瓷采集所述超声电机因振动引起的电压，记为采集电压，所述相位检测模块用于实时检测所述激励电压和采集电压的相位差；

[0030] 同时，当电机温度不再增加，电机所需的激励频率不再偏移时，用于采集电压的第二压电陶瓷片也可用于施加激励电压，以增大电机的输出位移。

[0031] 所述控制模块的第三信息采集端与电压有效值检测模块的输出端相连，所述电压有效值模块通过所述采集电压反映电机的振动状态；

[0032] 所述控制模块的输出端依次通过电机驱动模块和阻抗匹配模块为所述超声电机提供激励电压，即控制模块输出频率控制字给电机驱动模块的可编程驱动芯片，然后由电机驱动模块输出方波电压信号到阻抗匹配模块，再由阻抗匹配模块输出正弦激励电压给超声电机。

[0033] 其中，控制模块包括单片机或DSP芯片；电机驱动模块采用集成化的可编程驱动芯片，以产生两频率、相位差和电压值均可调的方波电压信号；阻抗匹配模块采用可变电感器，以产生激励电机运动的两正弦电压，同时，由于选用的匹配电感可调，使得提出的微型

装置适用范围较广；温度传感器模块用以实时测量超声电机运行过程中的温度，并将采集到的电机温度值传送至控制模块；相位检测模块用以检测电机激励电压和采集电压之间的相位差，并输出与两电压相位差成正比的电压值。其中，采集电压可由超声电机定子本体上粘贴的第二压电陶瓷片获得，并且该采集电压经过电压有效值检测模块输出的数值反映了超声电机的振动状态；控制模块根据激励电压和采集电压之间的相位差以及预存的不同温度下相位差频率表修正激励电压的频率控制字，并通过I2C总线发送给电机驱动模块中的可编程驱动芯片。

[0034] 具体地，温度传感器模块可采用以下两种方案：其一，使用DS18B20Z芯片，该芯片为SOIC-8封装，只有一条数据传输线。同时，由于每个DS18B20Z芯片都包含一个惟一的硅序列号，因此，可以将多个DS18B20Z芯片连接到同一数据总线上；其二，采用LM74温度传感器，该款温度传感器采用SO-8封装，可直接将温度传感器贴在超声电机机壳上。同时，该LM74温度传感器的分辨率为0.0625摄氏度，而且由于是直接进行AD量化后通过SPI总线传输，因而不受一般外接导线电阻以及电路布线、干扰的影响。但是，使用LM74温度传感器需要从电路板上引出4~5根连接线，实际可选用2 mm细同轴电缆。

[0035] 阻抗匹配模块则采用串联电感匹配，用以抵消超声电机的电容特性，进而使得施加在超声电机上的电压信号为正弦交变电压，电压的频率为超声电机的共振频率。同时，由于随着超声电机本体温度的变化，压电陶瓷的介电系数、等效电容及漏电阻都会发生相应的变化，从而使得超声电机的阻抗特性，尤其是电容特性发生相应改变，因此，所需的匹配电感也需要改变。为此，本发明将常规超声电机的固定匹配电感替换为可变电感，从而实现超声电机的阻抗匹配。

[0036] 电机驱动模块主要包含一个集成化的可编程驱动芯片NSD1202，其输出电压的范围为24 V~40 V，能够满足微型超声电机的实际应用需求。同时，采用该集成化的可编程驱动芯片可以克服常规超声电机的驱动电路因采用分立元件MOS管、变压器以及稳压电源等使得驱动器难以微型化，从而使得其在小型化的应用中难以发挥超声电机的原有优势。

[0037] 相位检测模块主要包括电压比较器TLV1702和双稳态触发器，其中，电压比较器TLV1702为贴片式低功耗比较器，比较器允许输入电压的范围为2.2 V~36 V，因此，可以直接将施加在超声电机上的激励电压连接到电压比较器，而不需要额外的运算放大器，以便将激励电压缩小到比较器允许的输入范围。同时，该比较器芯片为双通道电压比较器，因此，也可将由电机本体上多余的压电陶瓷片采集的电压直接输入该电压比较器。因此，该方法可以进一步简化电机的驱动控制电路，有益于扩展超声电机的微型化应用。双稳态触发器在相位差测量电路中起到测量时间差 Δt 的作用，并且还可以判断出激励电压的相位是超前还是滞后于采集电压的相位。

[0038] 电压有效值检测模块包含半波整流电路、电容滤波电路和AD转换电路，其中，半波整流电路利用二极管的单向导通特性，除去采集电压的负半周；电容滤波电路用以将经过二极管整流的电压信号平滑；AD转换电路用以将整流和滤波后的模拟电压值转换为数字信号，进而连接到控制模块。

[0039] 控制模块根据温度传感器采集到的不同温度值、该温度值下的最优激励频率以及不同温度值下，激励频率与激励电压和采集电压之间的相位差的关系建立修正表，以便能够根据电机所处的温度及时调节驱动电压的频率。另外，当控制模块内部未建立起激励频

率与激励电压和采集电压之间的相位差的关系表时,还可通过将模糊控制算法与PID控制器相结合的方式调节激励电压的频率。

[0040] 具体地,本实施例中采用的超声电机为单相激励的面内振动型电机,其中,定子体为正八边形金属体,第一压电陶瓷片和第二压电陶瓷片分别粘贴在定子体相邻的两面。同时,为降低超声电机所需的驱动电压值,第一压电陶瓷片和第二压电陶瓷片均可选用叠层陶瓷。

[0041] 控制模块所采用的单片机可以为ATTiny85,是基于增强的AVR的低功耗8位CMOS微控制器,NSD1202器件也采用CMOS电平,因此,当控制模块4与电机驱动模块5连接时,无需电平转换,有益于简化系统电路,从而使得集成有该频率跟踪功能驱动控制器的超声电机特别适合于微型化的特殊使用场合,如:生物、医疗、微机械、自动控制、光学镜头、和微机器人等领域。

[0042] 本发明中一种实现超声电机频率跟踪的方法,所述超声电机为微型电机,且所述超声电机的驱动电压范围为24-40V,包括以下步骤:

[0043] 步骤1:对超声电机进行开环试运行,以找出所述超声电机的最优工作频率;

[0044] 步骤2:不断改变所述超声电机的激励频率,从而得到不同激励频率下激励电压和采集电压之间的相位差;其中,所述激励电压从粘贴设置在超声电机定子本体上的第一压电陶瓷片上获得,所述采集电压由设置在超声电机定子本体上粘贴的第二压电陶瓷片获得;

[0045] 步骤3:当所述超声电机转速最快时,即电机工作最佳时,将此时的激励频率记为最优激励频率,并得出激励电压和采集电压之间的相位差,记为预设值 ϕ ;

[0046] 步骤4:当所述超声电机的温度开始增加时,对所述超声电机进行闭环试运行,并不断降低激励电压的频率,直至激励电压和采集电压之间的相位差接近所述预设值 ϕ ;

[0047] 步骤5:重复所述步骤4,直至所述超声电机的温度不再增加;

[0048] 步骤6:根据采集到的所述超声电机的温度值、该温度值下的最优激励频率、以及不同温度值下激励电压和采集电压之间的相位差与激励频率的对应关系,建立修正表;

[0049] 步骤7:超声电机稳定工作时,依据所述修正表,并根据所述超声电机的温度值及时调节所述激励频率,使所述激励电压和采集电压之间的相位差趋近所述预设值 ϕ ,定子本体上的第一压电陶瓷和第二压电陶瓷用以施加激励电压。

[0050] 所述步骤1中所述超声电机的最优工作频率,即为所述最优激励频率;所述激励电压和采集电压均为正弦交变电压。

[0051] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。

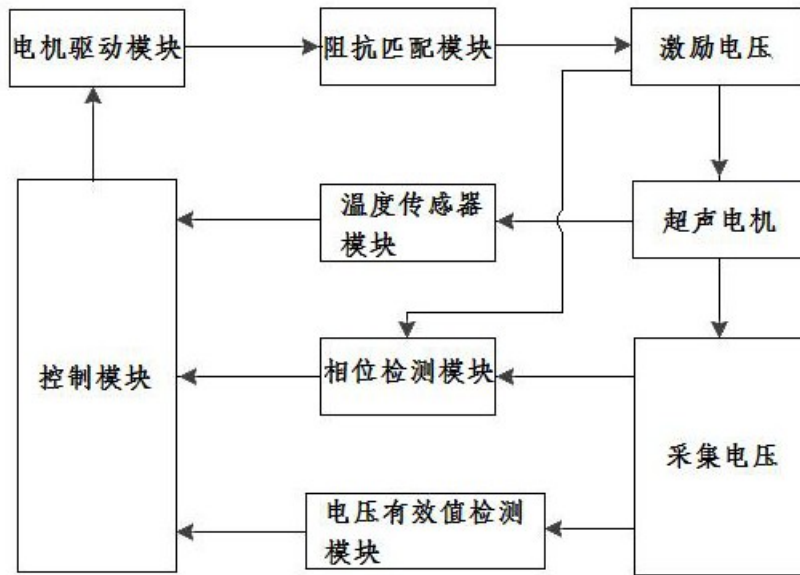


图1