



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110537958 A

(43)申请公布日 2019.12.06

(21)申请号 201910689356.3

(22)申请日 2019.07.29

(71)申请人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路
381号

(72)发明人 刘富春 王松波

(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102

代理人 何淑珍 黄海波

(51)Int.Cl.

A61B 17/32(2006.01)

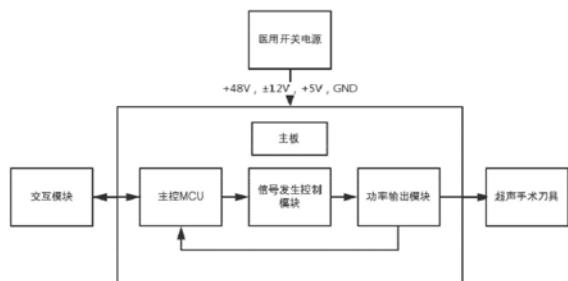
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法,该超声手术刀系统包括主控MCU、基于DDS的信号发生控制模块、功率输出隔离模块、交互模块、医用开关电源,所述信号发生控制模块使用DDS芯片生成两路高精度、特定频率的PWM信号,通过基于时钟电路的数据半桥功率调整电路对功率进行控制;所述功率隔模块通过串联功率电感使感抗匹配,为超声刀具提供接口,并分别使用PID算法和ADRC算法实时控制功率输出和超声手术刀工作频率,达到对功率的实时控制和对谐振点频率的跟随控制。本发明具有控制精度高、响应速度块、手术效果好、能量利用率高、便于操作等优点,适用于在常见超声外科手术中驱动超声外科手术刀设备。



1. 一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,包括:

信号发生控制模块,用于通过接收所述主控MCU的指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,依据目标频率减小PWM信号的占空比,接着将信号进行功率放大后驱动推挽电路交替导通,使直流信号推挽导通,经高频变压器将信号传递至功率驱动隔离模块;

功率输出隔离模块,用于使换能器在工作频率范围内谐振;同时采集电流、电压的幅值和相位,经处理后传输至所述主控MCU;

主控MCU,用于向所述信号发生控制模块发送指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,以及接收所述功率输出隔离模块采集的数据与系统的参考输入进行比较,分别通过PID控制算法和ADRC控制算法实现输出功率、工作频率的实时准确跟踪控制,并对控制指令进行相应的调整,最终实现系统的闭环自动控制;

交互模块,用于设置对功率、音量进行设置,以及输出设备运行时的相关状态信息;

医用开关电源,用于向各模块提供了相应电压的直流电源。

2. 根据权利要求1所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,所述的信号发生控制模块包括:

信号发生电路,通过调节精度为0.1Hz的DDS芯片接收主控MCU发出的指令,生成占空比为50%的高精度目标频率的方波,通过门电路作用得到两路互补的PWM信号;

数控半桥功率调整电路,包括由数控电位器和数字时钟,通过主控MCU控制数控电位器接入数字时钟电路的电阻值,调节生成参考时钟信号的频率和占空比,经触发电路改变原两路互补的PWM的占空比,进而调整功率;

驱动功放电路,用于提高PWM信号幅值,以驱动推挽输出电路工作;

推挽MOSFET管,用于使+48V直流功率电源推挽导通,进而使变压器工作,将信号传递至功率驱动隔离模块。

3. 根据权利要求1所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,所述的功率输出隔离模块包括:

功率电感,用于与超声换能器进行阻抗匹配,使换能器能在额定频率附近谐振工作;

反馈电路,通过串并联电阻网络分压,使用多级运放结构,对工作电路电流、电压进行连续采样,其中第一级输出直接传输至主控MCU,用于检测信号幅值,第二级输出至电压比较电路,所述比较电路将电流与电压信号与零电位比较,输出两路互补的PWM信号并传输至主控MCU实时检测电流、电压之间的相位差;

超声手术刀接口电路,用于向超声手术刀设备提供标准的电源接口,提供精准的电信号驱动超声换能器工作,进而使手术刀进入高频振动状态;

按键检测电路,用于检测超声刀具设备上触发开关的状态,将相应电平传递给主控MCU,进而控制超声波手术刀设备的工作状态。

4. 根据权利要求3所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,所述主控MCU通过外设定时器实时检测电流、电压之间的相位差。

5. 根据权利要求3所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,所述交互模块包括:

按键交互模块,使用按键检测芯片检测独立按键状态,并使用串口将按键按下信息传递至主控MCU;

数码管交互模块,使用数码管驱动芯片,接收主控MCU发来的显示指令,驱动相应数码管显示设备运行时的相关状态信息;

扬声器交互模块,使用扬声器驱动芯片,接收主控MCU发来的输出指令,从FLASH芯片中读取相应位置的音频文件,通过扬声器驱动芯片运放后驱动扬声器输出相应音频信号。

6. 根据权利要求3所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,所述医用开关电源向各模块提供+48V、+12V、-12V、+5V的直流电源。

7. 根据权利要求1所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,其特征在于,通过PID控制算法来实现输出功率的实时准确跟踪控制时,将参考功率作为控制系统的输入,利用将采集到的电压、电流幅值计算出功率作为反馈信息,通过减小与参考输入比较后的偏差量来实现功率的准确控制;

所述通过ADRC控制算法实现对工作频率的实时准确跟踪控制时,将手术刀工作在谐振点处的相位差作为系统的目标输入至ADRC控制系统的跟踪微分器中,利用扩张状态观测器实时观测工作点电压、电流的相位差、相位差变化率以及对扰动的实时观测,状态误差反馈控制律根据相位误差、相位变化率误差,进而进行控制和扰动补偿,最终实现工作频率的实时控制。

8. 一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统控制方法,其特征在于,包括步骤:

步骤1、初始化硬件设备:

医用开关电源接入交流电后,硬件平台上电,初始化硬件功能;

步骤2、检测超声刀具的接入及其状态:

通过检测超声波刀具接入状态判断是否产生驱动电信号,通过功率输出隔离模块的反馈电路采集超声手术刀接口电路的电流,若电流在正常范围内,则刀具已接入且状态良好,并进行扫频检测超声刀具谐振点;若电流不在正常工作范围内,则系统未接入刀具或超声刀具状态不正常,提示相应信息并等待插入或更换超声刀具;

步骤3、扫频检测超声波刀具的工作谐振点:

通过扫频操作实现谐振工作点的捕捉,主控MCU使能所述信号发生控制模块的信号发生电路和数控半桥功率调整电路,通过向信号发生电路的DDS芯片不断发送调节指令,使输出信号在换能器工作频率范围内做步长为0.1Hz的扫频操作,同时主控MCU记录在每一频率下刀具接口电路中电流、电压的幅值和相位,选择相位差为零且电路功率最大时的频率点,即为当前超声波刀具的空载谐振频率,则扫频检测完毕,超声波刀具先以空载谐振频率进行工作,当接入负载时再进行谐振点的跟踪控制;

步骤4、进入工作状态:

相关硬件模块进行初始化输出,系统开始进入工作状态;扬声器和数码管显示设备进行相应初始化输出,提示用户可以开始使用超声波手术刀设备系统;主控MCU通过检测交互模块中按键以及超声刀具设备上按键的状态,实现对特定功率的显示或者实现对功率大小的语音播报;当检测到超声波刀具设备上有按键按下时,主控MCU通过控制生成以空载谐振频率,满足系统设定功率大小的驱动电信号,驱动超声波刀具开始进入工作状态,同时使用ADC电压、电流采集功能和定时器实时检测超声波刀具接口电路的电流、电压的幅值和相位;当超声波刀具负载变化或环境变化时,会使接口电路电压、电流的相位、幅值参数偏离参考值,当反馈系统检测到偏差时,通过PID控制算法控制信号发生电路实现输出功率的准

确跟踪,同时通过ADRC控制算法控制直接数字频率合成器及时调整工作频率,使超声波刀具工作在谐振状态,保证了系统的闭环控制;

步骤5、关闭系统:当设备系统关闭时,通过断开医用电源开关将设备系统掉电,以关闭系统。

9.根据权利要求8所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统的控制方法,其特征在于,

步骤1中,所述初始化硬件功能时具体包括:初始化与信号发生电路、数控半桥功率调整电路、交互模块中电路的通信接口,与相关芯片通信将其复位,初始化ADC和定时器硬件以准备分别采集反馈测量电路传来的电信号的幅值和相位。

10.根据权利要求8所述的基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统的控制方法,其特征在于,所述步骤4还包括:

当触发按键松开后,主控MCU发送指令使DDS芯片进入睡眠状态,设备系统停止生成电信号;当触发按键再次按下时,主控MCU控制系统再次输出空载频率的驱动信号,重复上述过程。

一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及超声手术刀系统,尤其涉及一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法,用于驱动手术刀刀头在谐振点处稳定工作。

背景技术

[0002] 超声技术,是一门综合性极强的学科,涉及电子、声学、材料、机械、医疗等众多领域。超声波手术刀,作为一种外科手术中常用的医疗器械之一,其工作原理是通过驱动超声换能器将电能转换为机械能,进而驱动手术刀在谐振频率点上进行高频振动,使组织内的水汽化,蛋白质氢键断裂、变性,细胞崩解,使组织被切开或凝固,在组织分离和组织切割的同时凝血止血。因其术中出血少、术后恢复快且不留痕的效果,在医疗领域中取得了较好的反响和较为广泛的应用。

[0003] 超声波手术刀设备是通过超声波电源发生装置和超声波手术刀组合而成的。其中,超声波手术刀主要由超声换能器、刀头、触发电路组成,通过连接线和插头连接至超声波电源发生装置以获得驱动刀头工作的驱动信号。作为超声波手术刀设备的核心组成部分,超声波电源发生装置在触发按键被按下时,输出在额定频率范围内的交流电信号,驱动换能器将电能转换为机械能,使刀头发生高频振动。

[0004] 由于超声波换能器的接入阻抗特性会随着换能器所加机械负载的变化而变化,当超声波手术刀在装载不同刀头、作用不同对象或者不同部位时,其谐振频率也会发生变化,若不及时调整电源发生装置输出电信号的频率使换能器工作在谐振状态,久之将会损坏刀头,影响手术的质量和效果。

[0005] 目前许多超声波手术刀设备的电源发生装置在频率和功率的输出均采用开环控制,因此无法对手术刀的工作频率和设备的输出功率进行有效的跟踪控制,部分超声波手术刀设备能够实现频率跟踪控制,但普遍采用的是PID控制算法,其难以同时兼顾系统调节的超调量和调节速度,对干扰量的输入也无法及时响应并进行补偿。当超声波手术刀装载不同的刀头,或者超声波电源发生装置电路结构不同时,系统的最佳调节参数也会相应发生改变,使用PID控制算法无法有效解决频率跟踪控制的调节速度不够快、超调量较大、调节精度不高的诸多问题。以上问题均对超声波手术刀电源驱动系统的频率跟踪性能造成不利影响,大大减少了超声波手术刀的使用寿命和减低手术的医疗效果。

[0006] 因此,对超声波手术刀电源驱动系统输出的频率和功率进行有效跟踪并实现精确控制,成为相关研究领域的关键问题之一。

发明内容

[0007] 基于上述提出的现状和所在问题,本发明提出了一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法,能够对超声波手术刀电源驱动系统输出的频率和功率进行有效跟踪并实现精确控制,提高超声波手术刀的使用寿命和手术的医疗效果。

[0008] 本发明的目的至少通过如下技术方案之一实现:

一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,包括:

信号发生控制模块,用于通过接收所述主控MCU的指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,依据目标频率减小PWM信号的占空比,接着将信号进行功率放大后驱动推挽电路交替导通,使直流信号推挽导通,经高频变压器将信号传递至功率驱动隔离模块;

功率输出隔离模块,用于使换能器在工作频率范围内谐振;同时采集电流、电压的幅值和相位,经处理后传输至所述主控MCU;

主控MCU,用于向所述信号发生控制模块发送指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,以及接收所述功率输出隔离模块采集的数据与系统的参考输入进行比较,分别通过PID控制算法和ADRC控制算法实现输出功率、工作频率的实时准确跟踪控制,并对控制指令进行相应的调整,最终实现系统的闭环自动控制;

交互模块,用于设置对功率、音量进行设置,以及输出设备运行时的相关状态信息;

医用开关电源,用于向各模块提供了相应电压的直流电源。

[0009] 进一步地,所述的信号发生控制模块包括:

信号发生电路,通过调节精度为0.1Hz的DDS芯片接收主控MCU发出的指令,生成占空比为50%的高精度目标频率的方波,通过门电路作用得到两路互补的PWM信号;

数控半桥功率调整电路,包括由数控电位器和数字时钟,通过主控MCU控制数控电位器接入数字时钟电路的电阻值,调节生成参考时钟信号的频率和占空比,经触发电路改变原两路互补的PWM的占空比,进而调整功率;

驱动功放电路,用于提高PWM信号幅值,以驱动推挽输出电路工作;

推挽MOSFET管,用于使+48V直流功率电源推挽导通,进而使变压器工作,将信号传递至功率驱动隔离模块。

[0010] 进一步地,所述的功率输出隔离模块包括:

功率电感,用于与超声换能器进行阻抗匹配,使换能器能在额定频率附近谐振工作;

反馈电路,通过串并联电阻网络分压,使用多级运放结构,对工作电路电流、电压进行连续采样,其中第一级输出直接传输至主控MCU,用于检测信号幅值,第二级输出至电压比较电路,所述比较电路将电流与电压信号与零电位比较,输出两路互补的PWM信号并传输至主控MCU实时检测电流、电压之间的相位差;

超声手术刀接口电路,用于向超声手术刀设备提供标准的电源接口,提供精准的电信号驱动超声换能器工作,进而使手术刀进入高频振动状态;

按键检测电路,用于检测超声刀具设备上触发开关的状态,将相应电平传递给主控MCU,进而控制超声波手术刀设备的工作状态。

[0011] 进一步地,所述主控MCU通过外设定时器实时检测电流、电压之间的相位差。

[0012] 进一步地,所述交互模块包括:

按键交互模块,使用按键检测芯片检测独立按键状态,并使用串口将按键按下信息传递至主控MCU;

数码管交互模块,使用数码管驱动芯片,接收主控MCU发来的显示指令,驱动相应数码管显示设备运行时的相关状态信息;

扬声器交互模块,使用扬声器驱动芯片,接收主控MCU发来的输出指令,从FLASH芯片中读取相应位置的音频文件,通过扬声器驱动芯片运放后驱动扬声器输出相应音频信号。

[0013] 进一步地,所述医用开关电源向各模块提供+48V、+12V、-12V、+5V的直流电源。

[0014] 进一步地,通过PID控制算法来实现输出功率的实时准确跟踪控制时,将参考功率作为控制系统的输入,利用将采集到的电压、电流幅值计算出功率作为反馈信息,通过减小与参考输入比较后的偏差量来实现功率的准确控制;

所述通过ADRC控制算法实现对工作频率的实时准确跟踪控制时,将手术刀工作在谐振点处的相位差作为系统的目标输入至ADRC控制系统的跟踪微分器中,利用扩张状态观测器实时观测工作点电压、电流的相位差、相位差变化率以及对扰动的实时观测,状态误差反馈控制律根据相位误差、相位变化率误差,进而进行控制和扰动补偿,最终实现工作频率的实时控制。

[0015] 一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统的控制方法,包括步骤:

步骤1、初始化硬件设备:

医用开关电源接入交流电后,硬件平台上电,初始化硬件功能;

步骤2、检测超声刀具的接入及其状态:

通过检测超声波刀具接入状态判断是否产生驱动电信号,通过功率输出隔离模块的反馈电路采集超声手术刀接口电路的电流,若电流在正常范围内,则刀具已接入且状态良好,并进行扫频检测超声刀具谐振点;若电流不在正常工作范围内,则系统未接入刀具或超声刀具状态不正常,提示相应信息并等待插入或更换超声刀具;

步骤3、扫频检测超声波刀具的工作谐振点:

通过扫频操作实现谐振工作点的捕捉,主控MCU使能所述信号发生控制模块的信号发生电路和数控半桥功率调整电路,通过向信号发生电路的DDS芯片不断发送调节指令,使输出信号在换能器工作频率范围内做步长为0.1Hz的扫频操作,同时主控MCU记录在每一频率下刀具接口电路中电流、电压的幅值和相位,选择相位差为零且电路功率最大时的频率点,即为当前超声波刀具的空载谐振频率,则扫频检测完毕,超声波刀具先以空载谐振频率进行工作,当接入负载时再进行谐振点的跟踪控制;

步骤4、进入工作状态:

相关硬件模块进行初始化输出,系统开始进入工作状态;扬声器和数码管显示设备进行相应初始化输出,提示用户可以开始使用超声波手术刀设备系统;主控MCU通过检测交互模块中按键以及超声刀具设备上按键的状态,实现对特定功率的显示或者实现对功率大小的语音播报;当检测到超声波刀具设备上有按键按下时,主控MCU通过控制生成以空载谐振频率,满足系统设定功率大小的驱动电信号,驱动超声波刀具开始进入工作状态,同时使用ADC电压、电流采集功能和定时器实时检测超声波刀具接口电路的电流、电压的幅值和相位;当超声波刀具负载变化或环境变化时,会使接口电路电压、电流的相位、幅值参数偏离参考值,当反馈系统检测到偏差时,通过PID控制算法控制信号发生电路实现输出功率的准确跟踪,同时通过ADRC控制算法控制直接数字频率合成器及时调整工作频率,使超声波刀具工作在谐振状态,保证了系统的闭环控制;

步骤5、关闭系统:当设备系统关闭时,通过断开医用电源开关将设备系统掉电,以关闭系统。

[0016] 进一步地,步骤1中,所述初始化硬件功能时具体包括:初始化与信号发生电路、数控半桥功率调整电路、交互模块中电路的通信接口,与相关芯片通信将其复位,初始化ADC

和定时器硬件以准备分别采集反馈测量电路传来的电信号的幅值和相位。

[0017] 进一步地,所述步骤4还包括:

当触发按键松开后,主控MCU发送指令使DDS芯片进入睡眠状态,设备系统停止生成电信号;当触发按键再次按下时,主控MCU控制系统再次输出空载频率的驱动信号,重复上述过程。

[0018] 相比现有技术,本发明在实现驱动信号和电信号有效隔离的基础上,利用精密的传感元件将采集到的驱动信号的相位和幅值作为系统的反馈信息,结合高精度的控制算法,当超声波手术刀负载状态发生变化时,能够以0.1Hz的调节精度对输出电信号的频率进行及时调整使超声换能器维持在谐振状态,并稳定输出功率。因此,本发明具有调节时间短、系统超调量小、调节精度高、响应速度块、环境适应性强、手术效果好、能量利用率高、便于操作、系统安全性高等优点,广泛适用于在常见超声外科手术中驱动超声外科手术刀设备。

附图说明

- [0019] 图1为本发明实施例的超声手术刀系统的整体结构图。
- [0020] 图2为本发明实施例的超声手术刀系统的PID功率控制流程图。
- [0021] 图3为本发明实施例的超声手术刀系统的ADRC频率控制流程图。
- [0022] 图4为本发明实施例的超声手术刀系统的信号发生控制电路结构图。
- [0023] 图5为本发明实施例的超声手术刀系统的信号发生电路和功率调整电路输出信号示意图。
- [0024] 图6为本发明实施例的超声手术刀系统的功率输出隔离模块电路结构图。
- [0025] 图7为本发明实施例的控制方法的流程图。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的说明。

[0027] 如图1所示,一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统,包括:

信号发生控制模块,用于通过接收所述主控MCU的指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,依据目标频率减小PWM信号的占空比,接着将信号进行功率放大后驱动推挽电路交替导通,使直流信号推挽导通,经高频变压器将信号传递至功率驱动隔离模块;

功率输出隔离模块,用于使换能器在工作频率范围内谐振;同时采集电流、电压的幅值和相位,经处理后传输至所述主控MCU;

主控MCU,基于的STM32F407,用于向所述信号发生控制模块发送指令产生高精度频率的两路互补PWM信号,以及接收所述功率输出隔离模块采集的数据与系统的参考输入进行比较,分别通过PID控制算法和ADRC控制算法实现输出功率、工作频率的实时准确跟踪控制,并对控制指令进行相应的调整,最终实现系统的闭环自动控制;

交互模块,用于设置对功率、音量进行设置,以及输出设备运行时的相关状态信息;

医用开关电源,用于向各模块提供了相应电压的直流电源,向各模块提供+48V、+12V、-12V、+5V的直流电源,提高系统的实用性。

[0028] 具体而言,如图4所示,所述的信号发生控制模块包括:

信号发生电路,通过调节精度为0.1Hz的DDS芯片接收主控MCU发出的指令,生成占空比为50%的高精度目标频率的方波,通过门电路作用得到两路互补的PWM信号;

数控半桥功率调整电路,包括由数控电位器和数字时钟,通过主控MCU控制数控电位器接入数字时钟电路的电阻值,调节生成参考时钟信号的频率和占空比,经触发电路改变原两路互补的PWM的占空比,进而调整功率,波形如图5所示;

驱动功放电路,用于提高PWM信号幅值,以驱动推挽输出电路工作;

推挽MOSFET管,用于使+48V直流功率电源推挽导通,进而使变压器工作,将信号传递至功率驱动隔离模块。

[0029] 需要理解的是,所述信号发生控制模块中,信号发生电路通过接收主控MCU指令产生高精度频率的两路互补PWM信号。PWM信号通过数控半桥功率调整电路,依据目标频率减小PWM信号的占空比。处理后的信号通过功率放大电路进行功率放大后用于驱动推挽电路交替导通,使直流+48V信号推挽导通,经高频变压器将信号传递至功率驱动隔离模块。

[0030] 具体而言,如图6所示,所述的功率输出隔离模块包括:

功率电感,用于与超声换能器进行阻抗匹配,使换能器能在额定频率附近谐振工作;

反馈电路,通过串并联电阻网络分压,使用多级运放结构,对工作电路电流、电压进行连续采样,其中第一级输出直接传输至主控MCU,用于检测信号幅值,第二级输出至电压比较电路,所述比较电路将电流与电压信号与零电位比较,输出两路互补的PWM信号并传输至主控MCU,所述主控MCU通过外设定时器实时检测电流、电压之间的相位差;

超声手术刀接口电路,用于向超声手术刀设备提供标准的电源接口,提供精准的电信号驱动超声换能器工作,进而使手术刀进入高频振动状态;

按键检测电路,用于检测超声刀具设备上触发开关的状态,将相应电平传递给主控MCU,进而控制超声波手术刀设备的工作状态。

[0031] 需要理解的是,所述功率输出隔离模块连接至变压器副边,其中超声刀具接口通过串联功率电感,与超声换能器实现阻抗匹配,使得换能器能够在工作频率范围内谐振。同时,功率输出隔离模块还设计有反馈测量电路,利用高精密传感器采集刀具接口电路电流、电压的幅值和相位,经处理后传输至主控MCU,并与系统的参考输入进行比较,对控制指令进行相应的调整,实现对输出功率和工作频率的实时跟踪,最终实现系统的闭环自动控制。

[0032] 具体而言,所述交互模块包括:

按键交互模块,使用按键检测芯片检测独立按键状态,并使用串口将按键按下信息传递至主控MCU;

数码管交互模块,使用数码管驱动芯片,接收主控MCU发来的显示指令,驱动相应数码管显示设备运行时的相关状态信息;

扬声器交互模块,使用扬声器驱动芯片,接收主控MCU发来的输出指令,从FLASH芯片中读取相应位置的音频文件,通过扬声器驱动芯片运放后驱动扬声器输出相应音频信号。

[0033] 需要理解的是,所述交互模块中设计了按键电路,使用户能够对系统的输出进行相应设置,通过按键可实现功率大小的分级输出。模块中还设计有液晶数码管来显示设定功率的大小以及实时工作频率大小的显示,并设计有扬声器实现功率大小的语音播报。整个交互过程通过主控MCU与相应控制芯片进行准确数据通信来实现。

[0034] 如图2所示,通过PID控制算法来实现输出功率的实时准确跟踪控制时,将参考功

率作为控制系统的输入,利用将采集到的电压、电流幅值计算出功率作为反馈信息,通过减小与参考输入比较后的偏差量来实现功率的准确控制;

由于PID控制算法对系统输入干扰量的响应速度慢,无法及时做到补偿控制,因此在工作频率跟踪的实时性方面具有明显的不足,基于ADRC控制算法具有强解耦和内外扰动估算补偿能力、反应敏捷等特点,本实施例在工作频率跟踪控制方面采用了ADRC控制算法。

[0035] 具体如图3所示,所述通过ADRC控制算法实现对工作频率的实时准确跟踪控制时,将手术刀工作在谐振点处的相位差作为系统的目标输入至ADRC控制系统的跟踪微分器中,利用扩张状态观测器实时观测工作点电压、电流的相位差、相位差变化率以及对扰动的实时观测,状态误差反馈控制律根据相位误差、相位变化率误差,进而进行控制和扰动补偿,最终实现工作频率的实时控制。

[0036] 本实施例分别通过高精密器件和高精度的控制算法,实现对系统输出功率和工作频率的实时跟踪和精准控制。

[0037] 如图7所示,一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统控制方法,包括步骤:

步骤1、初始化硬件设备:

医用开关电源接入220V交流电后,硬件平台上电,初始化硬件功能,具体包括:初始化与信号发生电路、数控半桥功率调整电路、交互模块中电路的通信接口,与相关芯片通信将其复位,初始化ADC和定时器硬件以准备分别采集反馈测量电路传送来的电信号的幅值和相位;

步骤2、检测超声刀具的接入及其状态:

通过检测超声波刀具接入状态判断是否产生驱动电信号,通过功率输出隔离模块的反馈电路采集超声手术刀接口电路的电流,若电流在正常范围内,则刀具已接入且状态良好,并进行扫频检测超声刀具谐振点;若电流不在正常工作范围内,则系统未接入刀具或超声刀具状态不正常,提示相应信息并等待插入或更换超声刀具;

步骤3、扫频检测超声波刀具的工作谐振点:

通过扫频操作实现谐振工作点的捕捉,主控MCU使能所述信号发生控制模块的信号发生电路和数控半桥功率调整电路,通过向信号发生电路的DDS芯片不断发送调节指令,使输出信号在换能器工作频率范围内做步长为0.1Hz的扫频操作,同时主控MCU记录在每一频率下刀具接口电路中电流、电压的幅值和相位,选择相位差为零且电路功率最大时的频率点,即为当前超声波刀具的空载谐振频率,则扫频检测完毕,超声波刀具先以空载谐振频率进行工作,当接入负载时再进行谐振点的跟踪控制;

步骤4、进入工作状态:

相关硬件模块进行初始化输出,系统开始进入工作状态;扬声器和数码管显示设备进行相应初始化输出,提示用户可以开始使用超声波手术刀设备系统;主控MCU通过检测交互模块中按键以及超声刀具设备上按键的状态,实现对特定功率的显示或者实现对功率大小的语音播报;当检测到超声波刀具设备上有按键按下时,主控MCU通过控制生成以空载谐振频率,满足系统设定功率大小的驱动电信号,驱动超声波刀具开始进入工作状态,同时使用ADC电压、电流采集功能和定时器实时检测超声波刀具接口电路的电流、电压的幅值和相位;当超声波刀具负载变化或环境变化时,会使接口电路电压、电流的相位、幅值参数偏离参考值,当反馈系统检测到偏差时,通过PID控制算法控制信号发生电路实现输出功率的准

确跟踪,同时通过ADRC控制算法控制直接数字频率合成器及时调整工作频率,使超声波刀具工作在谐振状态,保证了系统的闭环控制;当触发按键松开后,主控MCU发送指令使DDS芯片进入睡眠状态,设备系统停止生成电信号;当触发按键再次按下时,主控MCU控制系统再次输出空载频率的驱动信号,重复上述过程。

[0038] 步骤5、关闭系统:当设备系统关闭时,通过断开医用电源开关将设备系统掉电,以关闭系统。

[0039] 本发明可应用于外科超声波手术刀设备,其在功率输出和输出工作频率跟踪控制方面具有较高的精度,尤其是超声波手术刀具工作频率的跟踪控制方面,不仅使用了调节精度为0.1Hz的DDS芯片,还是用了控制精度、响应速度极高的ADRC控制算法,实现系统工作频率的准确跟踪控制。本发明具有调节时间短、系统超调量小、调节精度高、环境适应性强、系统安全性高等优点。

[0040] 以上所述仅是对本发明的较佳实施例而已,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改,等同变化与修饰,均属于本发明技术方案的范围内。

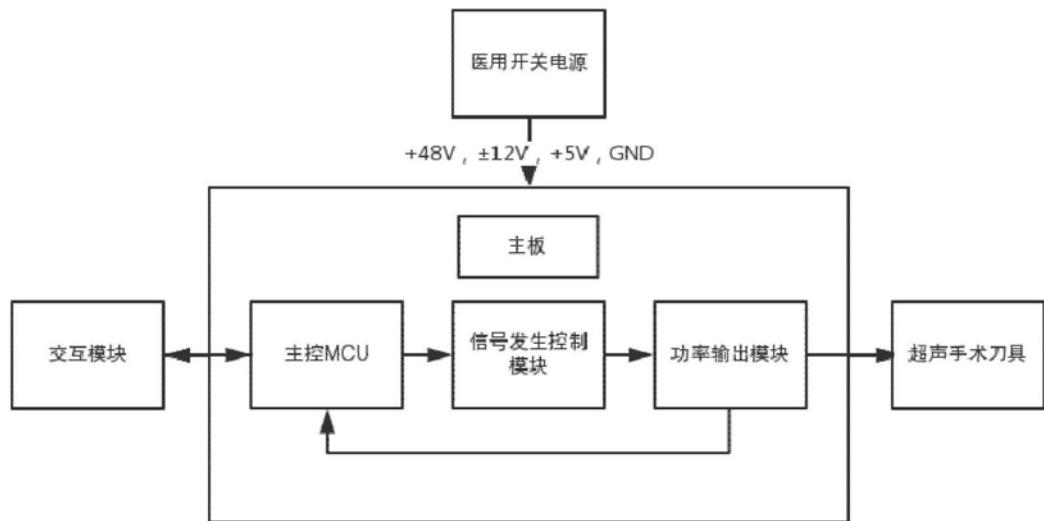


图1

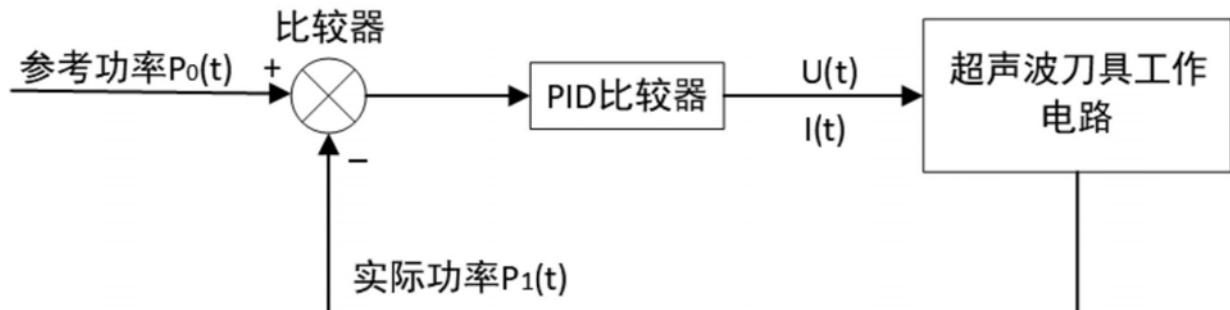


图2

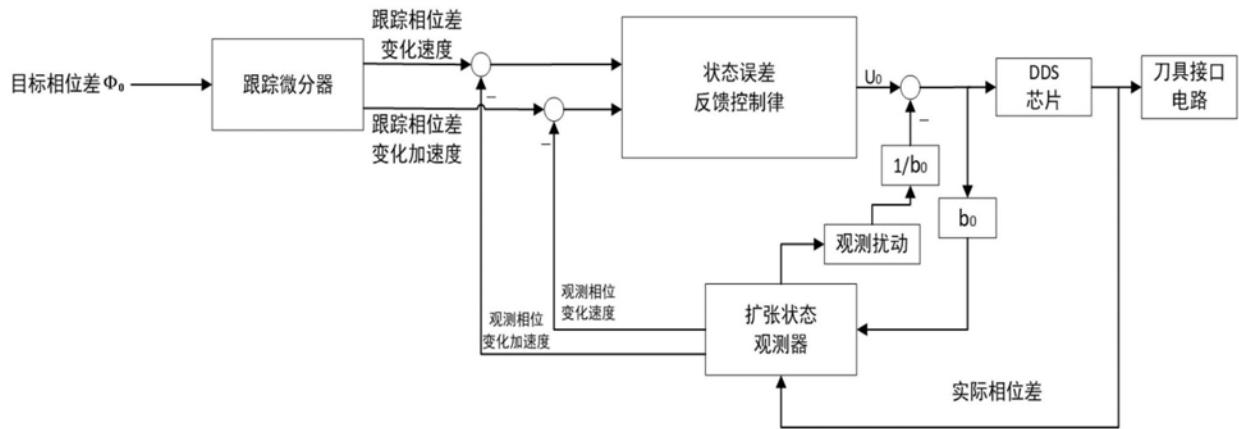


图3

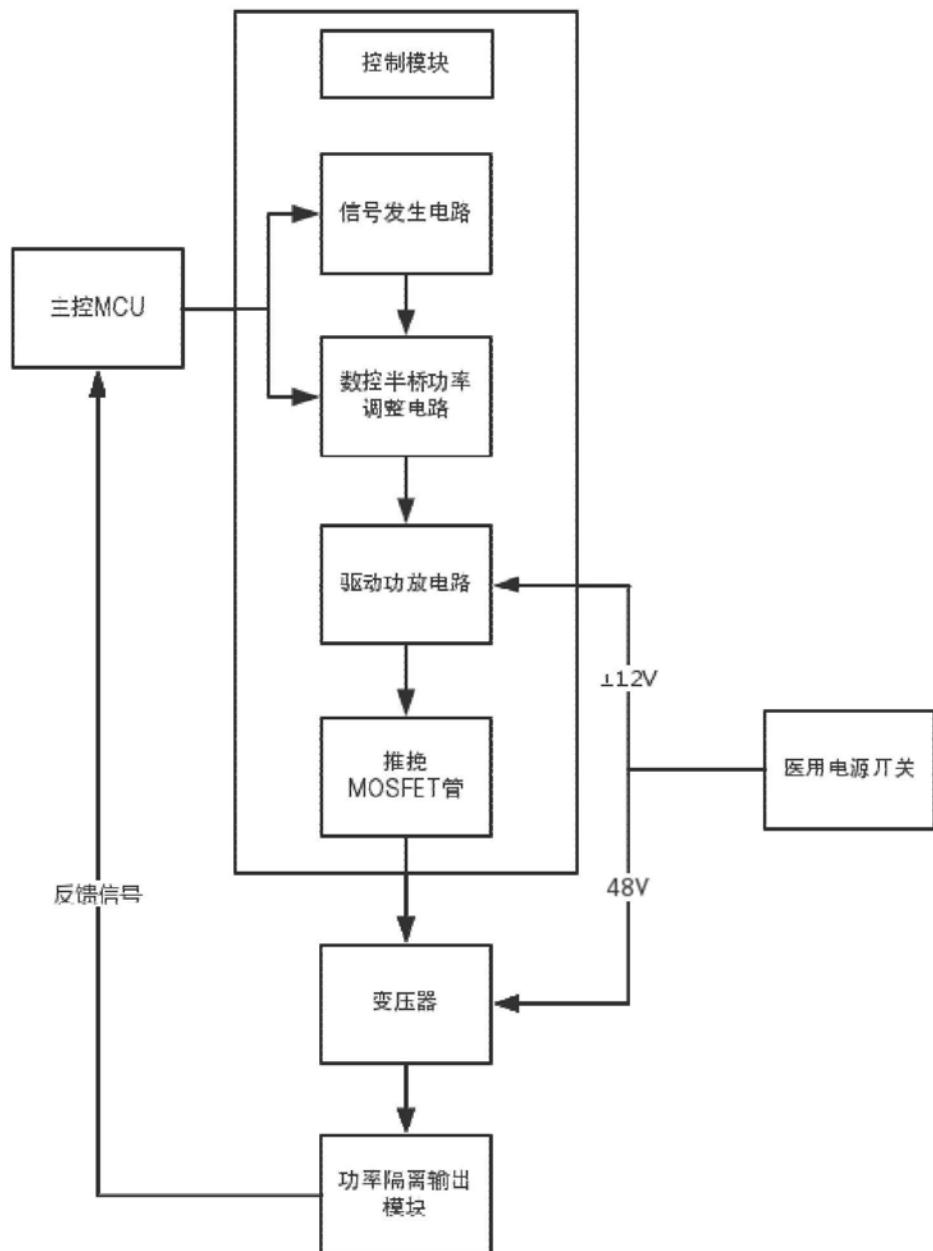


图4

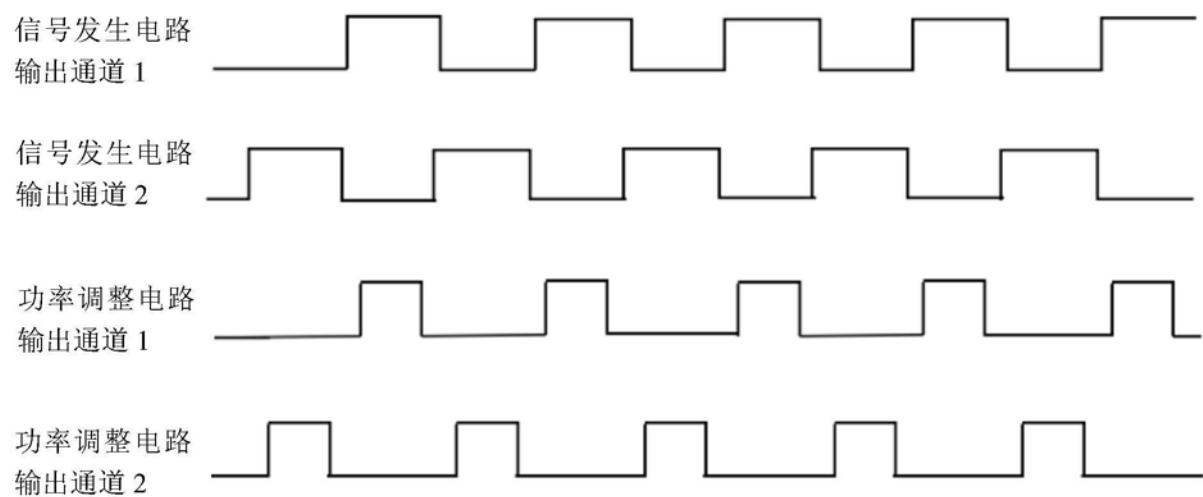


图5

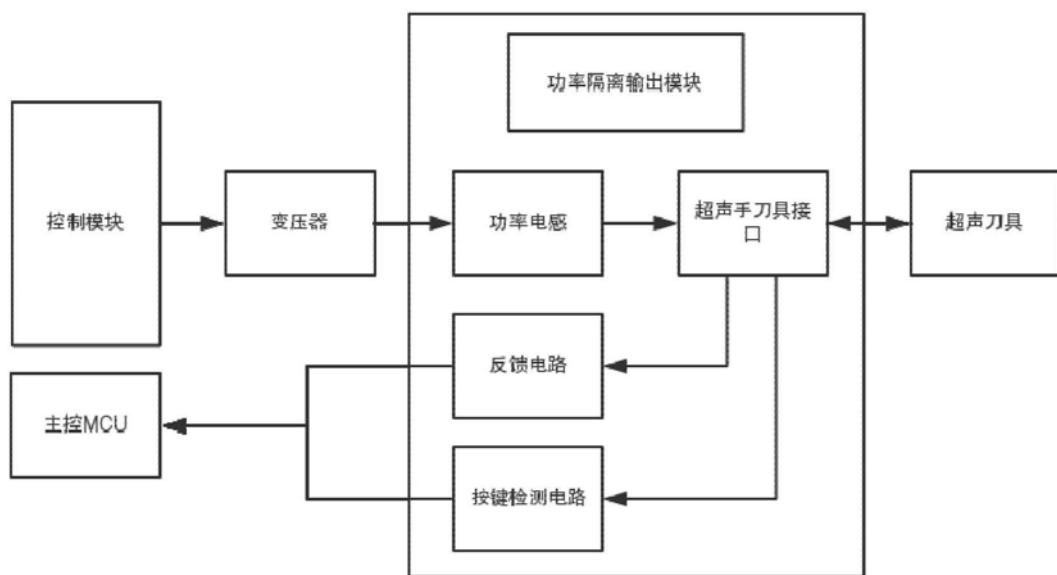


图6

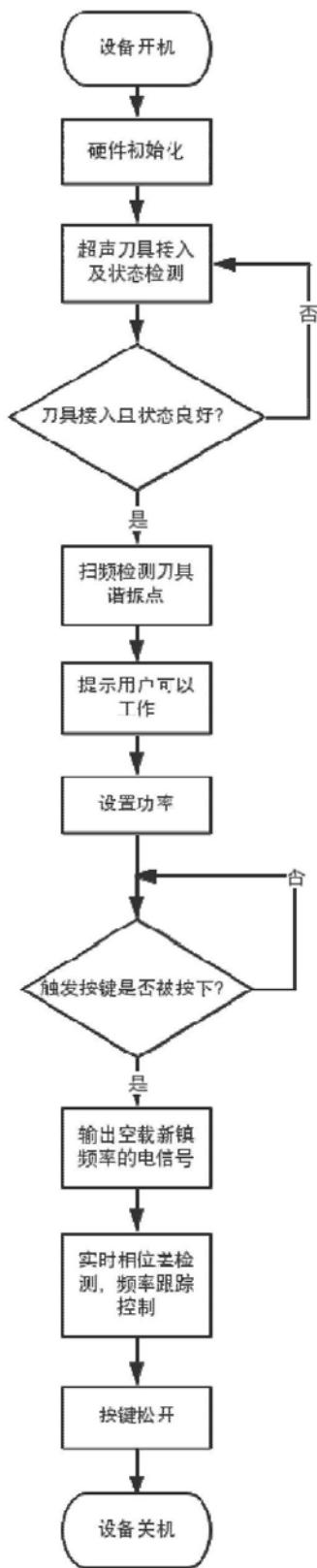


图7

| | | | |
|----------------|--|---------|------------|
| 专利名称(译) | 一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法 | | |
| 公开(公告)号 | CN110537958A | 公开(公告)日 | 2019-12-06 |
| 申请号 | CN201910689356.3 | 申请日 | 2019-07-29 |
| [标]申请(专利权)人(译) | 华南理工大学 | | |
| 申请(专利权)人(译) | 华南理工大学 | | |
| 当前申请(专利权)人(译) | 华南理工大学 | | |
| [标]发明人 | 刘富春 王松波 | | |
| 发明人 | 刘富春 王松波 | | |
| IPC分类号 | A61B17/32 | | |
| CPC分类号 | A61B17/320068 A61B2017/00017 | | |
| 代理人(译) | 何淑珍 黄海波 | | |
| 外部链接 | Espacenet Sipo | | |

摘要(译)

本发明公开了一种基于频率及功率跟踪的超声手术刀系统及其控制方法，该超声手术刀系统包括主控MCU、基于DDS的信号发生控制模块、功率输出隔离模块、交互模块、医用开关电源，所述信号发生控制模块使用DDS芯片生成两路高精度、特定频率的PWM信号，通过基于时钟电路的数控半桥功率调整电路对功率进行控制；所述功率隔模块通过串联功率电感使感抗匹配，为超声刀具提供接口，并分别使用PID算法和ADRC算法实时控制功率输出和超声手术刀工作频率，达到对功率的实时控制和对谐振点频率的跟随控制。本发明具有控制精度高、响应速度块、手术效果好、能量利用率高、便于操作等优点，适用于在常见超声外科手术中驱动超声外科手术刀设备。

