



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110897682 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201910583544.8

(22)申请日 2019.07.01

(71)申请人 广州易和医疗技术开发有限公司

地址 510000 广东省广州市黄埔区开源大道188号莱迪创新科技园6栋

(72)发明人 刘富春 马振尉 戚锦磊 李威谕
邓浮池

(51)Int.Cl.

A61B 17/32(2006.01)

A61B 18/12(2006.01)

A61B 18/14(2006.01)

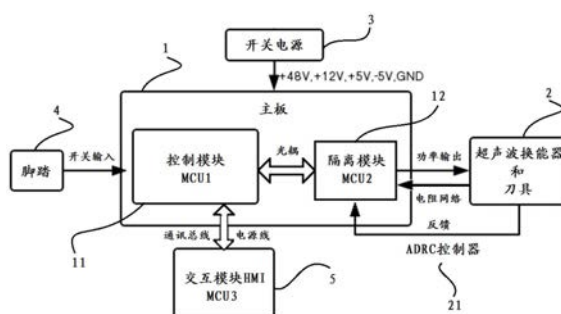
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统

(57)摘要

本发明涉及一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,包括控制系统和微创刀具系统,所述控制系统包括通过光耦相互连接的隔离模块和控制模块;所述微创刀具系统包括微创刀具和ADRC频率控制机构,所述微创刀具为超声微创刀具或射频微创刀具,所述控制系统还包括测量电路,所述测量电路包括位于所述控制模块内的一次侧测量电路和位于所述隔离模块内的二次侧测量电路。本发明通过内部机构设置实现手术系统内部自健康管理和隔离通信,提升微创手术刀具输出频率的稳定性和操作安全性能,避免微创刀具在使用过程中因外部输出误差导致的操作事故,同时避免更换微创刀具后系统非及时响应导致的输出事故。



1. 一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,包括控制系统和微创刀具系统,其特征在于,

所述控制系统包括通过光耦相互连接的隔离模块和控制模块,所述控制模块通过通讯总线和电源线连接人机交互系统;

所述微创刀具系统包括微创刀具和ADRC频率控制机构,所述微创刀具为超声微创刀具或射频微创刀具,所述射频微创刀具为双极输出射频微创刀具或单极输出射频微创刀具;所述控制系统与所述微创刀具系统之间通过所述ADRC频率控制机构连接,所述ADRC频率控制机构的输入端和输出端分别与所述微创刀具和所述隔离模块连接;

所述控制系统与所述微创刀具系统之间还通过功率输出线与刀具电阻网络连接,所述控制系统还包括测量电路,所述测量电路包括位于所述控制模块内的一次侧测量电路和位于所述隔离模块内的二次侧测量电路。

2. 根据权利要求1所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述控制模块为电气非隔离区,所述控制模块包括控制模块MCU、控制电源、功率控制电路、驱动电路、一次侧测量电路和保护电路,所述控制模块MCU分别与所述功率控制电路的输入端、所述驱动电路、所述一次侧测量电路的输出端和所述保护电路的输出端连接;

所述隔离模块为电气隔离区,所述隔离模块包括隔离模块MCU、隔离电源、继电器、隔离升压变压器、刀具输出电路、二次侧测量电路和ID读写电路,所述隔离模块MCU与所述二次侧测量电路和所述ID读写电路连接,所述继电器分别与所述隔离升压变压器的输出端、所述刀具输出电路的输入端和所述控制模块MCU的输出端连接,所述刀具输出电路的输出端与所述二次侧测量电路和所述ID读写电路的输入端连接。

3. 根据权利要求2所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述隔离升压变压器的输入端与所述驱动电路的输出端、所述继电器的输入端与所述控制模块MCU的输出端、所述隔离模块MCU与所述控制模块MCU的连接方式均为通过光耦连接。

4. 根据权利要求2中所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述功率控制电路包括幅值控制电路和频率控制电路,所述驱动电路为放大驱动电路。

5. 根据权利要求4中所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述控制模块还包括功率半场效晶体管和BUCK调节电路,所述功率半场效晶体管的输出端和输入端分别与所述放大驱动电路的输出端和所述隔离升压变压器的输入端连接;

所述BUCK调节电路的输入端分别连接开关电源与所述控制模块MCU的输出端,所述BUCK调节电路的输出端连接所述功率半场效晶体管;

所述一次侧测量电路的输入端和输出端分别与所述功率半场效晶体管的输出端和所述控制MCU的输入端连接,所述二次侧测量电路的输入端和输出端分别与所述隔离升压变压器的输出端和所述控制MCU的输入端连接。

6. 根据权利要求2所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述微创刀具系统还包括换能器,所述微创刀具为设置有ID芯片的微创刀具,所述ID读写电路与所述ID芯片相互配合连接。

7. 根据权利要求2所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述刀具输出电路包括超声刀输出电路和射频刀输出电路。

8. 根据权利要求1中所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在

于,所述人机交互系统包括交互模块电源、交互模块MCU、通信驱动芯片、语音子系统、存储器和人机交互机构,所述人机交互机构包括LCD机构和触摸屏机构,所述语音子系统连接语音存储器和数据更新接口;

所述交互模块MCU分别连接所述存储器、所述通信驱动芯片、所述语音子系统和所述人机交互机构,所述LCD机构和所述触摸屏机构与所述交互模块MCU之间分别通过LCD接口和触摸屏接口连接;

所述LCD机构包括LCD接口驱动芯片和LCD装置,所述触摸屏机构包括触摸屏专用芯片和触摸屏。

9. 根据权利要求1中所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述ADRC频率控制机构包括:

跟踪微分器,接收所述刀具在谐振工作点的目标相位差并输出追踪信号,所述追踪信号为相位差的变化速度和相位差的变化率;

扩张状态观测器,接收所述刀具在谐振工作点的实际相位差并输出扩张信号,观测所述刀具在谐振工作点的实时扰动并输出扰动补偿,所述扩张信号为相位的变化速度和相位的变化率;

状态误差反馈控制律,接收所述追踪信号和所述扩张信号的对比变量并输出状态信号;

以及直接数字式频率合成器,接收所述状态信号经所述扰动补偿后的混合相位值并输出数字化正弦波幅至所述刀具接口的连接电路,输出所述刀具在谐振工作点的实际相位差至所述扩张状态观测器。

10. 根据权利要求1中所述的一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,其特征在于,所述控制系统外接脚踏开关。

一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械技术领域,具体涉及一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统。

背景技术

[0002] 医疗器械领域高新技术应用密集,具有技术交叉集成应用的特点。手术刀作为一种外科手术必不可少的工具,在整个手术过程中都发挥着极其重要的作用。超声刀系统和射频刀系统作为全球创伤最小的两种手术设备系统,因其术中出血少、术后恢复快等良好的医疗效果,在医疗领域中也获得了极大的反响。

[0003] 超声刀系统包括主机、手柄、超声换能器、超声能量放大器、超声能量传导部分和刀具。手柄控制超声换能器将主机电能转换成超声振荡,能量振荡振幅通过超声能量放大器放大并通过超声能量传导部分将能量传导至刀具,刀具以55.5KHZ的振幅振动,产生瞬间低压并在空洞化效应的作用下使组织内水分汽化、蛋白氢键断裂使蛋白凝固,细胞破裂组织打开或游离并封闭小脉管;同时,刀具振动还产生二级能量使深层的蛋白凝固以封闭大脉管。超声刀在应用上无电流通过病人躯体,使用过程组织焦痂、干燥程度低,可实现最小热损伤下的精准切割,切割过程中产生烟雾量极少,同时具备切割、游离和止血等多功能于一体,临床优势明显。

[0004] 射频刀系统则采用具有较高工作频率(1.5MHZ~4.5MHZ)的射频电波进行高频稳定输出,由不同形状的发射极刀具定向发出射频电波,在接触身体组织后,由组织本身产生阻抗,使目标组织内的水分子在射频电波的作用下瞬间振荡汽化,引起细胞破裂蒸发,并在40℃的低温恒温状态下实现切割、止血、混切、电灼、消融和电凝等功能。发射电极在低温状态下切割速度快、止血效果好、切口精细,热损伤创口小,无炭化无烟雾,十分适应微创手术的运用。

[0005] 随着医疗水平的日渐提高,根据超声刀系统与射频刀系统的临床特性,在微创手术上实现了超声射频刀系统的合并运用,形成双输出甚至多输出功率的超声射频微创手术刀系统。在双输出及多输出的超声射频微创手术刀系统中,需通过外加机构对刀具频率以及刀具功率进行准确控制,保证刀具输出频率与功率实现精确及时控制,提升微创手术的控制精度。

[0006] 本发明提供一种基于ADRC自抗扰控制技术进行微创手术刀具频率控制的多输出微创手术系统,通过一对多的连接方式在同一台主机外实现多种类型刀具的方便连接及更换;该系统同时设置自健康管理机构以及隔离控制模块,结合ADRC频率控制技术,实现高精度的刀具频率控制,提升微创手术刀具的输出稳定性和实时监测性能。

发明内容

[0007] 本发明提供一种基于ADRC自抗扰控制技术进行微创手术刀具频率控制的多输出微创手术系统,运用同一台输出控制主机连接多种类的输出刀具,通过内部机构设置实现

手术系统内部自健康管理和隔离通信,提升微创手术刀具输出频率的稳定性和操作安全性能,避免微创刀具在使用过程中因外部输出误差导致的操作事故,同时避免更换微创刀具后系统非及时响应导致的输出事故。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明提供了如下的技术方案:

[0009] 一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统,包括控制系统和微创刀具系统,所述控制系统包括通过光耦相互连接的隔离模块和控制模块,所述控制模块通过通讯总线和电源线连接人机交互系统;

[0010] 所述微创刀具系统包括微创刀具和ADRC频率控制机构,所述微创刀具为超声微创刀具或射频微创刀具,所述射频微创刀具为双极输出射频微创刀具或单极输出射频微创刀具;所述控制系统与所述微创刀具系统之间通过所述ADRC频率控制机构连接,所述ADRC频率控制机构的输入端和输出端分别与所述微创刀具和所述隔离模块连接;

[0011] 所述控制系统与所述微创刀具系统之间还通过功率输出线与刀具电阻网络连接,所述控制系统还包括测量电路,所述测量电路包括位于所述控制模块内的一次侧测量电路和位于所述隔离模块内的二次侧测量电路。

[0012] 进一步的,所述控制模块为电气非隔离区,所述控制模块包括控制模块MCU、控制电源、功率控制电路、驱动电路、一次侧测量电路和保护电路,所述控制模块MCU分别与所述功率控制电路的输入端、所述驱动电路、所述一次侧测量电路的输出端和所述保护电路的输出端连接;控制电源包括为功率控制电路供电的强电源与直接为控制模块供电的弱电源;

[0013] 所述隔离模块为电气隔离区,所述隔离模块包括隔离模块MCU、隔离电源、继电器、隔离升压变压器、刀具输出电路、二次侧测量电路和ID读写电路,所述隔离模块MCU与所述二次侧测量电路和所述ID读写电路连接,所述继电器分别与所述隔离升压变压器的输出端、所述刀具输出电路的输入端和所述控制模块MCU的输出端连接,所述刀具输出电路的输出端与所述二次侧测量电路和所述ID读写电路的输入端连接。

[0014] 通过在控制系统内部设立电气隔离区使微创手术系统实现基于电气隔离原理进行的工作通信,在微创手术系统内设立两个互不流通的工作区域,隔离模块由隔离电源独立供电,控制模块由控制电源进行电力提供,两个工作区域之间不建立电流直接流动的路径,隔离区与非隔离区之间电路不共用接地,避免非流通电流在两个电路之间流动,实现电气安全,避免意外产生的触电事故进入使用者人体,在高精度频率控制的基础上实现安全通信;

[0015] 电气隔离区为直接与患者手术患处接触区,通过电气隔离区隔离直接与病人人体接触的电流电路,避免医疗危机;病人电气隔离区设置测量电路和ID读写电路,保证操作过程刀具连接和刀具工作频率处于受控状态;

[0016] 电气非隔离区设置测量电路、保护电路与频率控制电路,在隔离区与非隔离区同时进行频率控制测量,避免程序错误;保护电路保证操作端操作者的安全操作提升手术系统的安全性。

[0017] 进一步的,所述隔离升压变压器的输入端与所述驱动电路的输出端、所述继电器的输入端与所述控制模块MCU的输出端、所述隔离模块MCU与所述控制模块MCU的连接方式均为通过光耦连接。通过光耦进行微创手术系统的控制系统内部能量资讯的传递,避免大

量流动的电流,实现电气安全,避免由接触病人电气区即电气隔离区进入的意外电流,实现高精度的电气安全通信。

[0018] 进一步的,所述功率控制电路包括幅值控制电路和频率控制电路,所述驱动电路为放大驱动电路。同时对输出工作电流和工作电压的幅值和频率进行并行控制,可最大程度地实现低误差的高精度控制。

[0019] 进一步的,所述控制模块还包括功率半场效晶体管和BUCK调节电路,所述功率半场效晶体管的输出端和输入端分别与所述放大驱动电路的输出端和所述隔离升压变压器的输入端连接;

[0020] 所述BUCK调节电路的输入端分别连接开关电源与所述控制模块MCU的输出端,所述BUCK调节电路的输出端连接所述功率半场效晶体管;

[0021] 所述一次侧测量电路的输入端和输出端分别与所述功率半场效晶体管的输出端和所述控制MCU的输入端连接,所述二次侧测量电路的输入端和输出端分别与所述隔离升压变压器的输出端和所述控制MCU的输入端连接。

[0022] 在测量电路与控制系统的控制驱动电路的基础上设置BUCK调节电路,通过低压式变换BUCK电路的小波纹近似原理与电感伏秒平衡原理使工作电路实现稳态工作,通过稳定平衡电路使电容充放电达到平衡,维持电压不变,实现过渡平滑,避免外接开关电源发生外源性波动影响微创手术系统工作平衡;同时BUCK调节电路结合控制系统MCU对系统的工作电压偏差实现实时化高精度控制。

[0023] 此外,在BUCK调节电路的基础上设置功率半场效晶体管即功率金氧半场效晶体管,实现通道化工作电路,减少静态工作状态下的功率消耗,通过极少量的电流消耗实现自工作状态,节约操作成本。

[0024] 进一步的,所述微创刀具系统还包括换能器,所述微创刀具为设置有ID芯片的微创刀具,所述ID读写电路与所述ID芯片相互配合连接。微创刀具系统还包括控制按钮,所述控制按钮设置在在所述微创刀具上并与所述微创刀具的工作电路连接。微创刀具与控制系统的连接配合结合ID信息交流,实现安全操作,ID实时识别避免刀具错误连接导致的操作事故,同时提升系统可视化操作程度。通过控制按钮直接对微创刀具的工作状态进行控制。

[0025] 进一步的,所述刀具输出电路包括超声刀输出电路和射频刀输出电路。根据连接的刀具类型分别设置超声刀输出电路和射频刀输出电路,射频刀输出电路根据射频刀型号的差别可以包括1.8M射频刀具电路1262和4M射频刀具电路1263,高度配合外部连接的多型号多类别刀具,从而高精度基础上实现一对多的超声射频多输出微创手术系统。

[0026] 进一步的,所述人机交互系统包括交互模块电源、交互模块MCU、通信驱动芯片、语音子系统、存储器和人机交互机构,所述人机交互机构包括LCD机构和触摸屏机构,所述语音子系统连接语音存储器和数据更新接口;

[0027] 所述交互模块MCU分别连接所述存储器、所述通信驱动芯片、所述语音子系统和所述人机交互机构,所述LCD机构和所述触摸屏机构与所述交互模块MCU之间分别通过LCD接口和触摸屏接口连接;

[0028] 所述LCD机构包括LCD接口驱动芯片和LCD装置,所述触摸屏机构包括触摸屏专用芯片和触摸屏。

[0029] 人机交互系统通过交互模块电源独立供电,交互模块MCU实现人机交互模块的独

立控制,内部设立LCD、触摸屏和语音系统,实现触觉、听觉和视觉的人机交互使用体验;通过存储器存储汉字库、语音库以及工作参数等系统工作数据,避免数据丢失,提升系统使用安全性;语音子系统外接数据更新USB接口,可根据使用需要进行更新;

[0030] LCD和触摸屏均使用独立芯片进行专用控制,避免程序错误导致的整机接口错误,延长使用寿命,降低一次使用成本。

[0031] 进一步的,所述ADRC频率控制机构包括:

[0032] 跟踪微分器,接收所述刀具在谐振工作点的目标相位差并输出追踪信号,所述追踪信号为相位差的变化速度和相位差的变化率;

[0033] 扩张状态观测器,接收所述刀具在谐振工作点的实际相位差并输出扩张信号,观测所述刀具在谐振工作点的实时扰动并输出扰动补偿,所述扩张信号为相位的变化速度和相位的变化率;

[0034] 状态误差反馈控制律,接收所述追踪信号和所述扩张信号的对比变量并输出状态信号;

[0035] 以及直接数字式频率合成器,接收所述状态信号经所述扰动补偿后的混合相位值并输出数字化正弦波幅至所述刀具接口的连接电路,输出所述刀具在谐振工作点的实际相位差至所述扩张状态观测器。

[0036] 提供一种带有ADRC自抗扰频率控制器的多输出微创手术器具,通过跟踪微分器与扩张状态观测器实时观测刀具在谐振工作点处的相位变化,状态误差反馈控制律结合扰动补偿实现即时的工作频率控制,即时响应、即时补偿控制、即时追踪,保证了手术系统的高精度操作和可靠程度。

[0037] 进一步的,所述控制系统外接脚踏开关。脚踏开关对控制系统的外接开关电源进行控制,通过脚踏开关的状态进行整系统工作状态的更新及控制。

[0038] 本发明基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统的使用方法/工作原理:

[0039] S1:连接开关电源,微创刀具通过刀具接口与带有控制系统的主机进行连接,所述微创刀具为超声波微创刀具、双极输出射频刀具或单极输出射频刀具中的一种;当使用单极输出射频刀具时,控制主板通过连接线外接中性极板,所述中性极板设置在患者体表与所述单极输出射频刀具形成循环电流回路。

[0040] S2:控制系统隔离模块的ID读写电路识别所述微创刀具上带有的ID芯片,将ID信息通过隔离模块MCU传递到控制模块MCU,控制模块MCU将相关信息通过通讯总线传输至人机交互系统的人机交互机构,使用者通过对比人机交互机构的LCD机构上显示的ID信息与预设值相符时,通过脚踏开关使控制系统通电并开始工作;相关工作信息可通过语音子系统进行播放。

[0041] S3:根据S2中识别的ID信息,控制模块MCU通过功率控制电路和驱动电路输出相关的刀具功率与波形输出信号至隔离模块的继电器和隔离升压变压器中,三组继电器结合输出相关的刀具功率与波形输出信号至刀具输出电路,刀具输出电路输出刀具工作信息至微创刀具中,微创刀具系统内ADRC频率控制机构进行实时频率控制。

[0042] S4:比较器采集比较所述刀具工作时的电压电流波并输出电压方波信号和电流方波信号,微控制器捕捉所述电压方波信号和电流方波信号进行计算并输出所述电压方波信号的上升沿时间 t_1 和所述电流方波信号的上升沿时间 t_2 ,通过公式(1)和公式(2)的运算后

输出刀具工作时的目标相位值 Δt 和实际相位差 y_r 。

$$[0043] \quad \Delta t = t_1 - t_2 \quad (1)$$

$$[0044] \quad \Delta t = y_r \quad (2)$$

[0045] 跟踪微分器经过公式 (3) 的运算对实际相位差 y_r 进行光滑处理, 输出追踪信号和前馈控制量 r_3 , 所述追踪信号包括相位差的变化速度 r_1 和相位差的变化率 r_2 ,

[0046]

$$\begin{cases} \dot{r}_1 = r_2 \\ \dot{r}_2 = r_3 \\ \dot{r}_3 = R^3 \left| r_1 - y_r \right|^{\frac{1}{2}} \operatorname{sgn}(r_1 - y_r) + R^2 \left| r_2 \right|^{\frac{3}{5}} \operatorname{sgn}(r_2) + R \left| r_3 \right|^{\frac{3}{4}} \operatorname{sgn}(r_3) \end{cases} \quad (3)$$

[0047] 其中, R 为可调参数, R 的取值表示 y_r 的跟踪快慢; 所述跟踪微分器为非线性跟踪微分器, 对 R 取值不敏感。

[0048] 扩张状态观测器经过公式 (4) 的运算对控制过程输入值 u 经过 b_0 放大后的输出值 $b_0 u$ 和实际输出值 y 进行处理, 输出扩张信号和等效到输入侧的系统总扰动 z_3 , 所述扩张信号包括相位的变化速度 z_1 和相位的变化率 z_2 ,

$$[0049] \quad \begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 - \beta_1(z_1 - y) \\ \dot{z}_2 = z_3 - \beta_2(z_1 - y) + b_0 u \\ \dot{z}_3 = -\beta_3(z_1 - y) \end{cases} \quad (4)$$

[0050] 其中, 为了简化计算, 采用的所述扩张状态观测器为线性扩张状态观测器 3; 而 z_1 和 z_2 用于求取跟踪误差及其导数, z_3 用于直接对扰动进行补偿; β_1 、 β_2 和 β_3 为可调参数。

[0051] 状态误差反馈控制律经过公式 (5) 的运算后输出状态信号 u_0 ,

$$[0052] \quad u_0 = k_1(r_1 - z_1) + k_2(r_2 - z_2) \quad (5)$$

[0053] 其中, k_1 和 k_2 为可调参数。

[0054] 所述状态信号由所述扩张状态观测器扰动补偿后输入直接数字式频率合成器, 最终系统的控制输入过程为公式 (6)。

$$[0055] \quad u = \frac{1}{b_0}(r_3 - z_3 + u_0) \quad (6)$$

[0056] 直接数字式频率合成器与刀具接口电路连接, 刀具的实际输出值 y 直接输入到所述扩张状态观测器, 对所述刀具的工作频率进行实时反馈环形控制。

[0057] S5: 一次侧测量电路和二次侧测量电路配合控制模块 MCU、功率控制电路、放大驱动电路、功率半场效晶体管和隔离升压变压器进行刀具工作信息的实时监测, 一次侧测量电路对控制系统进行本地数据内环测量, 二次侧测量电路对控制系统外环通信数据和隔离输出电压、隔离输出电流与隔离输出相位的数据值进行测量, 测量值通过控制模块 MCU 内部与设定值进行对比, 输出电压偏差通过 BUCK 调节电路进行控制调节, 工作电流与电压的幅值与频率分别通过幅值控制电路和频率控制电路结合放大驱动电路和功率半场效晶体管进行调节, 调节值通过隔离升压变压器输出至继电器内并最终通过刀具输出电路输出至微

创刀具的工作电路中。

[0058] S6:通过使用不同的控制按钮控制输出到刀具的电阻值从而切换刀具的输出功率,进而实现刀具的多功能使用;运用单极输出射频刀具时,切换所述控制按钮,改变输出的射频波形,从而实现电切或电凝功能的改变;运用双极输出射频刀具时,切换所述控制按钮,改变输出的射频波形,从而实现凝血功能的增强或减弱。

[0059] S7:使用需求变更需要更换新规格的刀具时,解除需求变更前使用的刀具与所述刀具接口的连接关系,重复步骤S1~S6,重新对所述刀具的工作频率进行实时反馈环形控制。通过刀具接口直接对刀具进行连接装卸和更换操作,可拆卸方便更换的刀具方便在使用过程中根据不同的使用需求对使用刀具进行更换,同时亦能对使用的刀具快速实现工作频率的实时反馈控制;通过更换类型刀具实现手术系统的多功能多输出操作的同时亦方便快捷地对手术系统的操作精度与操作稳定性实现可靠地提升。

[0060] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0061] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0062] 1、对比传统的工作频率及频率追踪方法,即PID控制算法将参考功率作为控制系统的输入值,利用将采集到的电压和电流的幅值计算出的功率作为反馈信息,通过减小所述反馈信息与输入系统的参考功率值之间的偏差值以实现刀具功率的准确控制,本发明运用了ADRC自抗扰控制算法,最终的控制量包括前馈控制量、补偿控制量和反馈控制量,具有强解耦和内外扰动估算补充能力,反应敏捷、误差小,频率实现高精度的实时控制;

[0063] 2、提供一种带有ADRC自抗扰频率控制技术同时基于电气隔离原理进行工作通信的微创手术系统,在微创手术系统内设立两个互不流通的工作区域,两个工作区域之间不建立电流直接流动的路径,同时通过光耦进行能量咨询的传递,隔离区与非隔离区之间电路不共用接地,避免非流通电流在两个电路之间流动,实现电气安全,避免意外产生的触电事故进入使用者人体,在高精度频率控制的基础上实现安全通信;

[0064] 3、通过电阻网络结合微创刀具的连接关系对微创刀具的使用过程进行可视化的实时调控,实时监控与控制主板连接的微创刀具的种类、连接进程以及输出的信号大小,增加微创手术系统的过程可控程度、精细操作程度以及可及时操作性;

[0065] 4、人机交互系统结合自健康管理测量电路,提供视觉、触觉和听觉等多维度使用体验,提升操作的多样性的同时实时监控刀具工作频率功率,对微创刀具工作数据进行双环取样,根据设定的本地数据和工作参数值对手术系统的本地工作数据与输出通信数据进行对比监控,实现多层次、完整并且及时的自健康管理,提升了手术系统的高精度低误差性能以及操作安全性;

[0066] 5、控制模块连接保护电路,提升系统工作稳定性和安全性。

附图说明

[0067] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据附图获得其他的附图。附图中各零件或结构的形状不代表其真实工作条件下的真实情况,仅为说明本发明而做的说明示意图。

[0068] 图1为本发明的工作原理图；
[0069] 图2为本发明中控制系统工作原理图；
[0070] 图3为本发明中ADRC频率控制模块工作原理图；
[0071] 图4为本发明中人机交互系统的工作原理图；
[0072] 图5为本发明中自健康监控模块的工作原理图；
[0073] 图6为本发明中自健康监控模块的数据流程图；
[0074] 图7为本发明中微创刀具系统电阻网络图，
[0075] 图中：1-控制系统；11-控制模块；111-控制模块MCU；112-弱电源；113-强电源；114-功率控制电路；1141-幅值控制电路；1142-频率控制电路；115-驱动电路；116-一次侧测量电路和保护电路；117-BUCK调节电路；118-功率半场效晶体管；119-测量电路；1191-一次侧测量电路；1192-二次侧测量电路；12-隔离模块；121-隔离模块MCU；122-隔离电源；123-二次侧测量电路和ID读写电路；124-继电器；125-隔离升压变压器；126-刀具输出电路；1261-超声刀输出电路；1262-1.8M射频刀具电路；1263-4M射频刀具电路；2-微创刀具系统；21-ADRC频率控制机构；3-开关电源；4-脚踏开关；5-人机交互系统；51-交互模块电源；52-交互模块MCU；53-通信驱动芯片；54-语音子系统；55-语音存储器；56-数据更新接口；57-存储器；58-人机交互机构；581-LCD机构；582-触摸屏机构。

具体实施方式

[0076] 下面将对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本发明的一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例，都属于本发明保护的范围。

[0077] 本发明实施例：

[0078] 如图1~7所示，一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统，包括控制系统1和微创刀具系统2，所述控制系统1包括通过光耦相互连接的隔离模块12和控制模块11，所述控制模块11通过通讯总线和电源线连接人机交互系统5；

[0079] 所述微创刀具系统2包括微创刀具和ADRC频率控制机构21，所述微创刀具为超声微创刀具或射频微创刀具，所述射频微创刀具为双极输出射频微创刀具或单极输出射频微创刀具；所述控制系统1与所述微创刀具系统2之间通过所述ADRC频率控制机构21连接，所述ADRC频率控制机构21的输入端和输出端分别与所述微创刀具和所述隔离模块12连接；

[0080] 所述控制系统1与所述微创刀具系统2之间还通过功率输出线与刀具电阻网络连接，所述控制系统1还包括测量电路119，所述测量电路119包括位于所述控制模块11内的一次侧测量电路1191和位于所述隔离模块12内的二次侧测量电路1192。

[0081] 所述控制模块11为电气非隔离区，所述控制模块11包括控制模块MCU111、控制电源、功率控制电路114、驱动电路115、一次侧测量电路1191和保护电路116，所述控制模块MCU111分别与所述功率控制电路114的输入端、所述驱动电路115、所述一次侧测量电路1191的输出端和所述保护电路的输出端连接；控制电源包括为功率控制电路114供电的强电源113与直接为控制模块11供电的弱电源112；

[0082] 所述隔离模块12为电气隔离区，所述隔离模块12包括隔离模块MCU121、隔离电源

122、继电器124、隔离升压变压器125、刀具输出电路126、二次侧测量电路和ID读写电路123,所述隔离模块MCU121与所述二次侧测量电路1192和所述ID读写电路连接,所述继电器124分别与所述隔离升压变压器125的输出端、所述刀具输出电路126的输入端和所述控制模块MCU111的输出端连接,所述刀具输出电路126的输出端与所述二次侧测量电路1192和所述ID读写电路的输入端连接。

[0083] 通过在控制系统1内部设立电气隔离区使微创手术系统实现基于电气隔离原理进行的工作通信,在微创手术系统内设立两个互不流通的工作区域,隔离模块12由隔离电源122独立供电,控制模块11由控制电源进行电力提供,两个工作区域之间不建立电流直接流动的路径,隔离区与非隔离区之间电路不共用接地,避免非流通电流在两个电路之间流动,实现电气安全,避免意外产生的触电事故进入使用者人体,在高精度频率控制的基础上实现安全通信;

[0084] 电气隔离区为直接与患者手术患处接触区,通过电气隔离区隔离直接与病人人体接触的电流电路,避免医疗危机;病人电气隔离区设置测量电路119和ID读写电路,保证操作过程刀具连接和刀具工作频率处于受控状态;

[0085] 电气非隔离区设置测量电路119、保护电路与频率控制电路1142,在隔离区与非隔离区同时进行频率控制测量,避免程序错误;保护电路保证操作端操作者的安全操作提升手术系统的安全性。

[0086] 所述隔离升压变压器125的输入端与所述驱动电路115的输出端、所述继电器124的输入端与所述控制模块MCU111的输出端、所述隔离模块MCU121与所述控制模块MCU111的连接方式均为通过光耦连接。通过光耦进行微创手术系统的控制系统1内部能量资讯的传递,避免大量流动的电流,实现电气安全,避免由接触病人电气区即电气隔离区进入的意外电流,实现高精度的电气安全通信。

[0087] 所述功率控制电路114包括幅值控制电路1141和频率控制电路1142,所述驱动电路115为放大驱动电路115。同时对输出工作电流和工作电压的幅值和频率进行并行控制,可最大程度地实现低误差的高精度控制。

[0088] 所述控制模块11还包括功率半场效晶体管118和BUCK调节电路117,所述功率半场效晶体管118的输出端和输入端分别与所述放大驱动电路115的输出端和所述隔离升压变压器125的输入端连接;

[0089] 所述BUCK调节电路117的输入端分别连接开关电源3与所述控制模块MCU111的输出端,所述BUCK调节电路117的输出端连接所述功率半场效晶体管118;

[0090] 所述一次侧测量电路1191的输入端和输出端分别与所述功率半场效晶体管118的输出端和所述控制MCU的输入端连接,所述二次侧测量电路1192的输入端和输出端分别与所述隔离升压变压器125的输出端和所述控制MCU的输入端连接。

[0091] 在测量电路119与控制系统1的控制驱动电路115的基础上设置BUCK调节电路117,通过低压式变换BUCK电路的小波纹近似原理与电感伏秒平衡原理使工作电路实现稳态工作,通过稳定平衡电路使电容充放电达到平衡,维持电压不变,实现过渡平滑,避免外接开关电源3发生外源性波动影响微创手术系统工作平衡;同时BUCK调节电路117结合控制系统1MCU对系统的工作电压偏差实现实时化高精度控制。

[0092] 此外,在BUCK调节电路117的基础上设置功率半场效晶体管118即功率金氧半场效

晶体管,实现通道化工作电路,减少静态工作状态下的功率消耗,通过极少量的电流消耗实现自工作状态,节约操作成本。

[0093] 所述微创刀具系统2还包括换能器,所述微创刀具为设置有ID芯片的微创刀具,所述ID读写电路与所述ID芯片相互配合连接。微创刀具系统2还包括控制按钮,所述控制按钮设置在在所述微创刀具上并与所述微创刀具的工作电路连接。微创刀具与控制系统1的连接配合结合ID信息交流,实现安全操作,ID实时识别避免刀具错误连接导致的操作事故,同时提升系统可视化操作程度。通过控制按钮直接对微创刀具的工作状态进行控制。

[0094] 所述刀具输出电路126包括超声刀输出电路1261和射频刀输出电路。根据连接的刀具类型分别设置超声刀输出电路1261和射频刀输出电路,射频刀输出电路根据射频刀型号的差别可以包括1.8M射频刀具电路1262和4M射频刀具电路1263,高度配合外部连接的多型号多类别刀具,从而高精度基础上实现一对多的超声射频多输出微创手术系统。

[0095] 所述人机交互系统5包括交互模块电源51、交互模块MCU52、通信驱动芯片53、语音子系统54、存储器57和人机交互机构58,所述人机交互机构58包括LCD机构581和触摸屏机构582,所述语音子系统54连接语音存储器55和数据更新接口56;

[0096] 所述交互模块MCU52分别连接所述存储器57、所述通信驱动芯片53、所述语音子系统54和所述人机交互机构58,所述LCD机构581和所述触摸屏机构582与所述交互模块MCU52之间分别通过LCD接口和触摸屏接口连接;

[0097] 所述LCD机构581包括LCD接口驱动芯片和LCD装置,所述触摸屏机构582包括触摸屏专用芯片和触摸屏。

[0098] 人机交互系统5通过交互模块电源51独立供电,交互模块MCU52实现人机交互模块的独立控制,内部设立LCD、触摸屏和语音系统,实现触觉、听觉和视觉的人机交互使用体验;通过存储器57存储汉字库、语音库以及工作参数等系统工作数据,避免数据丢失,提升系统使用安全性;语音子系统54外接数据更新USB接口,可根据使用需要进行更新;

[0099] LCD和触摸屏均使用独立芯片进行专用控制,避免程序错误导致的整机接口错误,延长使用寿命,降低一次使用成本。

[0100] 所述ADRC频率控制机构21包括:

[0101] 跟踪微分器,接收所述刀具在谐振工作点的目标相位差并输出追踪信号,所述追踪信号为相位差的变化速度和相位差的变化率;

[0102] 扩张状态观测器,接收所述刀具在谐振工作点的实际相位差并输出扩张信号,观测所述刀具在谐振工作点的实时扰动并输出扰动补偿,所述扩张信号为相位的变化速度和相位的变化率;

[0103] 状态误差反馈控制律,接收所述追踪信号和所述扩张信号的对比变量并输出状态信号;

[0104] 以及直接数字式频率合成器,接收所述状态信号经所述扰动补偿后的混合相位值并输出数字化正弦波幅至所述刀具接口的连接电路,输出所述刀具在谐振工作点的实际相位差至所述扩张状态观测器。

[0105] 提供一种带有ADRC自抗扰频率控制器的多输出微创手术器具,通过跟踪微分器与扩张状态观测器实时观测刀具在谐振工作点处的相位变化,状态误差反馈控制律结合扰动补偿实现即时的工作频率控制,即时响应、即时补偿控制、即时追踪,保证了手术系统的高

精度操作和可靠程度。

[0106] 所述控制系统1外接脚踏开关4。脚踏开关4对控制系统1的外接开关电源3进行控制,通过脚踏开关4的状态进行整系统工作状态的更新及控制。

[0107] 本发明基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统的使用方法/工作原理:

[0108] S1:连接开关电源3,微创刀具通过刀具接口与带有控制系统1的主机进行连接,所述微创刀具为超声波微创刀具、双极输出射频刀具或单极输出射频刀具中的一种;当使用单极输出射频刀具时,控制主板通过连接线外接中性极板,所述中性极板设置在患者体表与所述单极输出射频刀具形成循环电流回路。

[0109] S2:控制系统1隔离模块12的ID读写电路识别所述微创刀具上带有的ID芯片,将ID信息通过隔离模块MCU121传递到控制模块MCU111,控制模块MCU111将相关信息通过通讯总线传输至人机交互系统5的人机交互机构58,使用者通过对比人机交互机构58的LCD机构581上显示的ID信息与预设值相符时,通过脚踏开关4使控制系统1通电并开始工作;相关工作信息可通过语音子系统54进行播放。

[0110] S3:根据S2中识别的ID信息,控制模块MCU111通过功率控制电路114和驱动电路115输出相关的刀具功率与波形输出信号至隔离模块12的继电器124和隔离升压变压器125中,三组继电器124结合输出相关的刀具功率与波形输出信号至刀具输出电路126,刀具输出电路126输出刀具工作信息至微创刀具中,微创刀具系统2内ADRC频率控制机构21进行实时频率控制。

[0111] S4:比较器采集比较所述刀具工作时的电压电流波并输出电压方波信号和电流方波信号,微控制器捕捉所述电压方波信号和电流方波信号进行计算并输出所述电压方波信号的上升沿时间 t_1 和所述电流方波信号的上升沿时间 t_2 ,通过公式(1)和公式(2)的运算后输出刀具工作时的目标相位值 Δt 和实际相位差 y_r 。

$$[0112] \quad \Delta t = t_1 - t_2 \quad (1)$$

$$[0113] \quad \Delta t = y_r \quad (2)$$

[0114] 跟踪微分器经过公式(3)的运算对实际相位差 y_r 进行光滑处理,输出追踪信号和前馈控制量 r_3 ,所述追踪信号包括相位差的变化速度 r_1 和相位差的变化率 r_2 ,

[0115]

$$\begin{cases} \dot{r}_1 = r_2 \\ \dot{r}_2 = r_3 \\ \dot{r}_3 = R^3 \left| r_1 - y_r \right|^{\frac{1}{2}} \operatorname{sgn}(r_1 - y_r) + R^2 \left| r_2 \right|^{\frac{3}{5}} \operatorname{sgn}(r_2) + R \left| r_3 \right|^{\frac{3}{4}} \operatorname{sgn}(r_3) \end{cases} \quad (3)$$

[0116] 其中, R 为可调参数, R 的取值表示 y_r 的跟踪快慢;所述跟踪微分器为非线性跟踪微分器,对 R 取值不敏感。

[0117] 扩张状态观测器经过公式(4)的运算对控制过程输入值 u 经过 b_0 放大后的输出值 $b_0 u$ 和实际输出值 y 进行处理,输出扩张信号和等效到输入侧的系统总扰动 z_3 ,所述扩张信号包括相位的变化速度 z_1 和相位的变化率 z_2 ,

$$[0118] \quad \begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 - \beta_1(z_1 - y) \\ \dot{z}_2 = z_3 - \beta_2(z_1 - y) + b_0 u \\ \dot{z}_3 = -\beta_3(z_1 - y) \end{cases} \quad (4)$$

[0119] 其中,为了简化计算,采用的所述扩张状态观测器为线性扩张状态观测器3;而 z_1 和 z_2 用于求取跟踪误差及其导数, z_3 用于直接对扰动进行补偿; β_1 、 β_2 和 β_3 为可调参数。

[0120] 状态误差反馈控制律经过公式(5)的运算后输出状态信号 u_0 ,

$$[0121] \quad u_0 = k_1(r_1 - z_1) + k_2(r_2 - z_2) \quad (5)$$

[0122] 其中, k_1 和 k_2 为可调参数。

[0123] 所述状态信号由所述扩张状态观测器扰动补偿后输入直接数字式频率合成器,最终系统的控制输入过程为公式(6)。

$$[0124] \quad u = \frac{1}{b_0}(r_3 - z_3 + u_0) \quad (6)$$

[0125] 直接数字式频率合成器与刀具接口电路连接,刀具的实际输出值 y 直接输入到所述扩张状态观测器,对所述刀具的工作频率进行实时反馈环形控制。

[0126] S5:一次侧测量电路1191和二次侧测量电路1192配合控制模块MCU111、功率控制电路114、放大驱动电路115、功率半场效晶体管118和隔离升压变压器125进行刀具工作信息的实时监测,一次侧测量电路1191对控制系统1进行本地数据内环测量,二次侧测量电路1192对控制系统1外环通信数据和隔离输出电压、隔离输出电流与隔离输出相位的数据值进行测量,测量值通过控制模块MCU111内部与设定值进行对比,输出电压偏差通过BUCK调节电路117进行控制调节,工作电流与电压的幅值与频率分别通过幅值控制电路1141和频率控制电路1142结合放大驱动电路115和功率半场效晶体管118进行调节,调节值通过隔离升压变压器125输出至继电器124内并最终通过刀具输出电路126输出至微创刀具的工作电路中。

[0127] S6:通过使用不同的控制按钮控制输出到刀具的电阻值从而切换刀具的输出功率,进而实现刀具的多功能使用;运用单极输出射频刀具时,切换所述控制按钮,改变输出的射频波形,从而实现电切或电凝功能的改变;运用双极输出射频刀具时,切换所述控制按钮,改变输出的射频波形,从而实现凝血功能的增强或减弱。

[0128] S7:使用需求变更需要更换新规格的刀具时,解除需求变更前使用的刀具与所述刀具接口的连接关系,重复步骤S1~S6,重新对所述刀具的工作频率进行实时反馈环形控制。通过刀具接口直接对刀具进行连接装卸和更换操作,可拆卸方便更换的刀具方便在使用过程中根据不同的使用需求对使用刀具进行更换,同时亦能对使用的刀具快速实现工作频率的实时反馈控制;通过更换类型刀具实现手术系统的多功能多输出操作的同时亦方便快捷地对手术系统的操作精度与操作稳定性实现可靠地提升。

[0129] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:

[0130] 1、对比传统的工作频率及频率追踪方法,即PID控制算法将参考功率作为控制系统1的输入值,利用将采集到的电压和电流的幅值计算出的功率作为反馈信息,通过减小所述反馈信息与输入系统的参考功率值之间的偏差值以实现刀具功率的准确控制,本发明

运用了ADRC自抗扰控制算法,最终的控制量包括前馈控制量、补偿控制量和反馈控制量,具有强解耦和内外扰动估算补充能力,反应敏捷、误差小,频率实现高精度的实时控制;

[0131] 2、提供一种带有ADRC自抗扰频率控制技术同时基于电气隔离原理进行工作通信的微创手术系统,在微创手术系统内设立两个互不流通的工作区域,两个工作区域之间不建立电流直接流动的路径,同时通过光耦进行能量咨询的传递,隔离区与非隔离区之间电路不共用接地,避免非流通电流在两个电路之间流动,实现电气安全,避免意外产生的触电事故进入使用者人体,在高精度频率控制的基础上实现安全通信;

[0132] 3、通过电阻网络结合微创刀具的连接关系对微创刀具的使用过程进行可视化的实时调控,实时监控与控制主板连接的微创刀具的种类、连接进程以及输出的信号大小,增加微创手术系统的过程可控程度、精细操作程度以及可及时操作性;

[0133] 4、人机交互系统5结合自健康管理测量电路119,提供视觉、触觉和听觉等多维度使用体验,提升操作的多样性的同时实时监控刀具工作频率功率,对微创刀具工作数据进行双环取样,根据设定的本地数据和工作参数值对手术系统的本地工作数据与输出通信数据进行对比监控,实现多层次、完整并且及时的自健康管理,提升了手术系统的高精度低误差性能以及操作安全性;

[0134] 5、控制模块连接保护电路,提升系统工作稳定性和安全性。

[0135] 需要说明的是,当元件被称为“固定于”另一个元件,它可以直接在另一个元件上或者也可以存在居中的元件。当一个元件被认为是“连接”另一个元件,它可以是直接连接到另一个元件或者可能同时存在居中元件。本文所使用的术语“垂直的”、“水平的”、“左”、“右”以及类似的表述只是为了说明的目的。

[0136] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其它相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

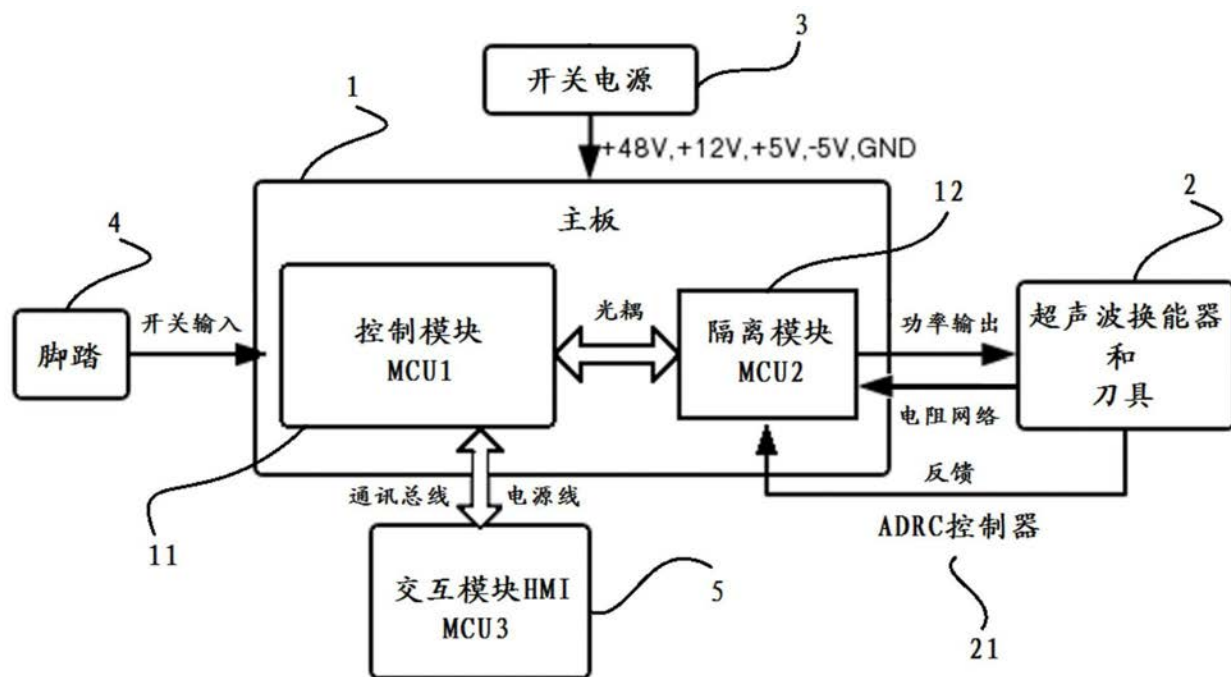


图1

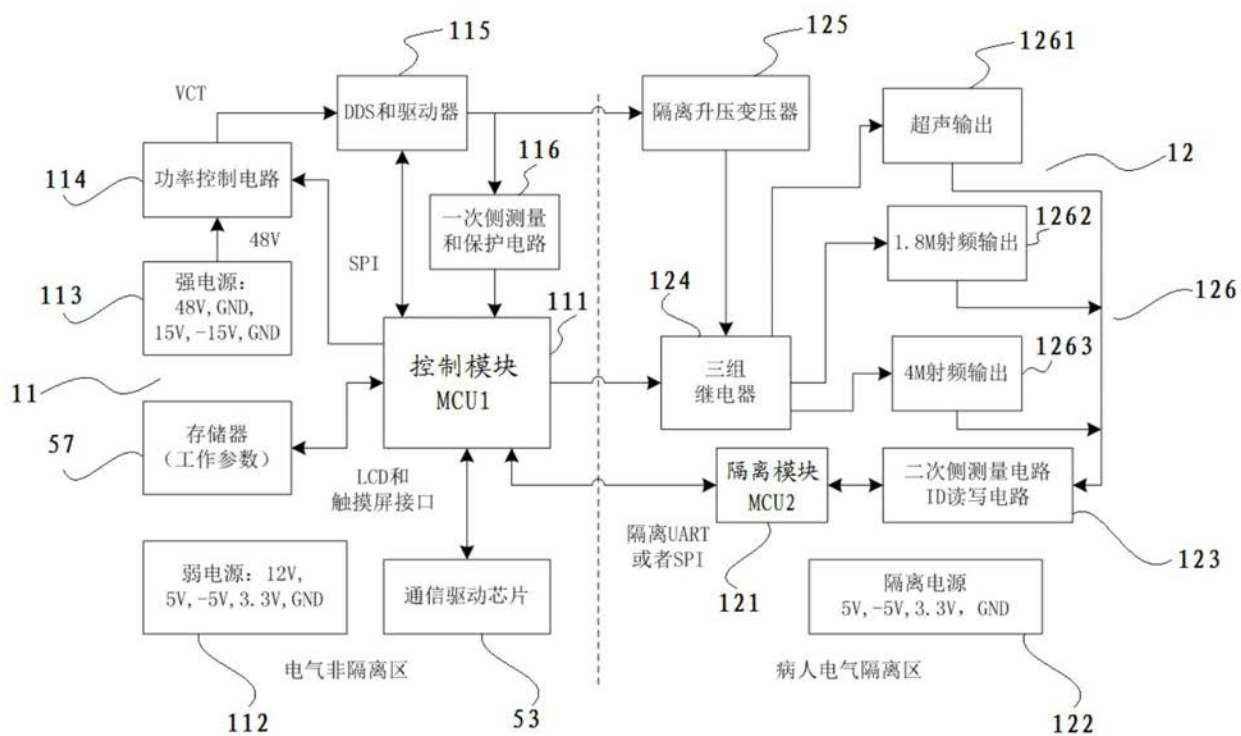


图2

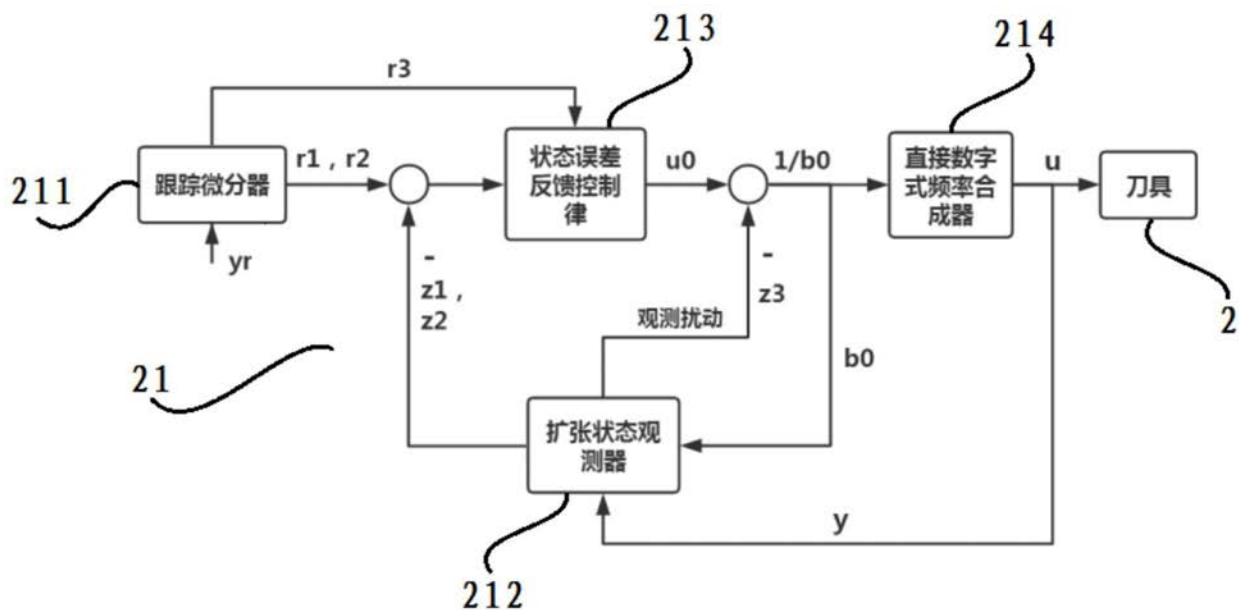


图3

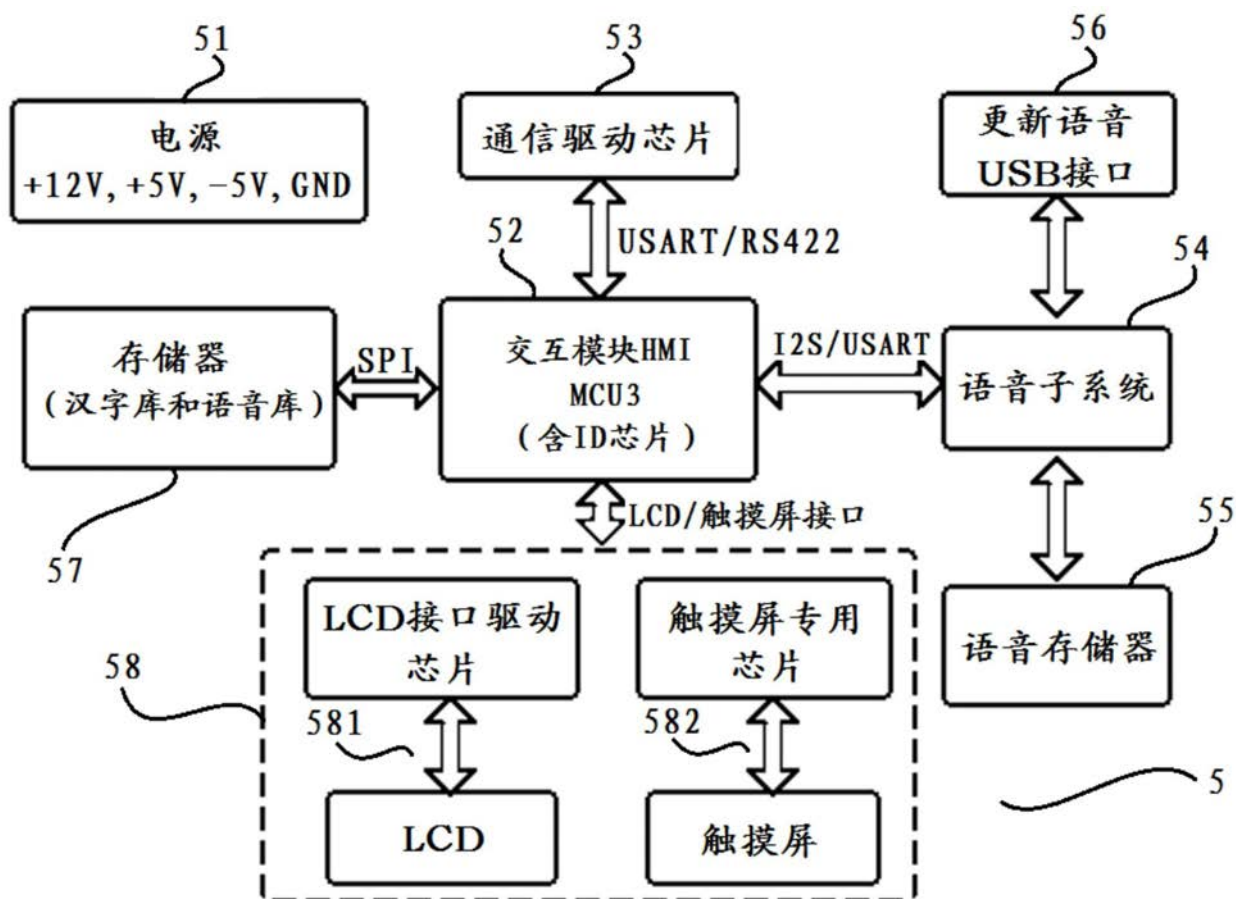


图4

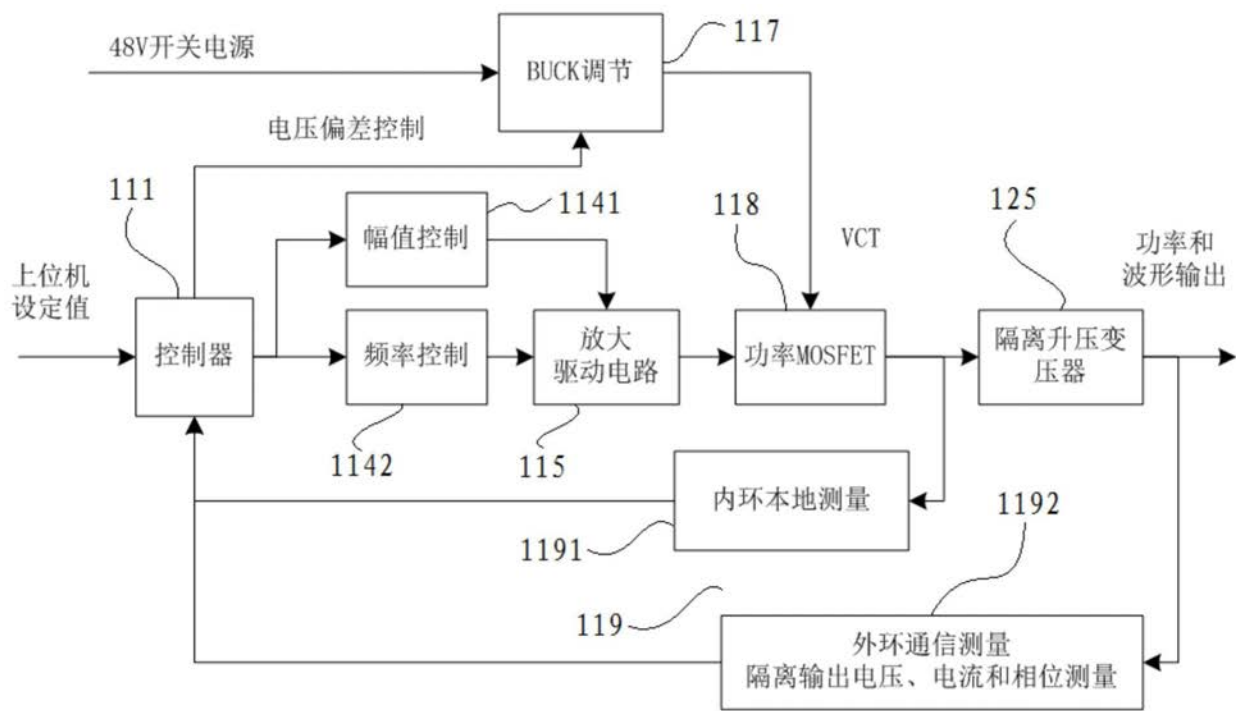


图5

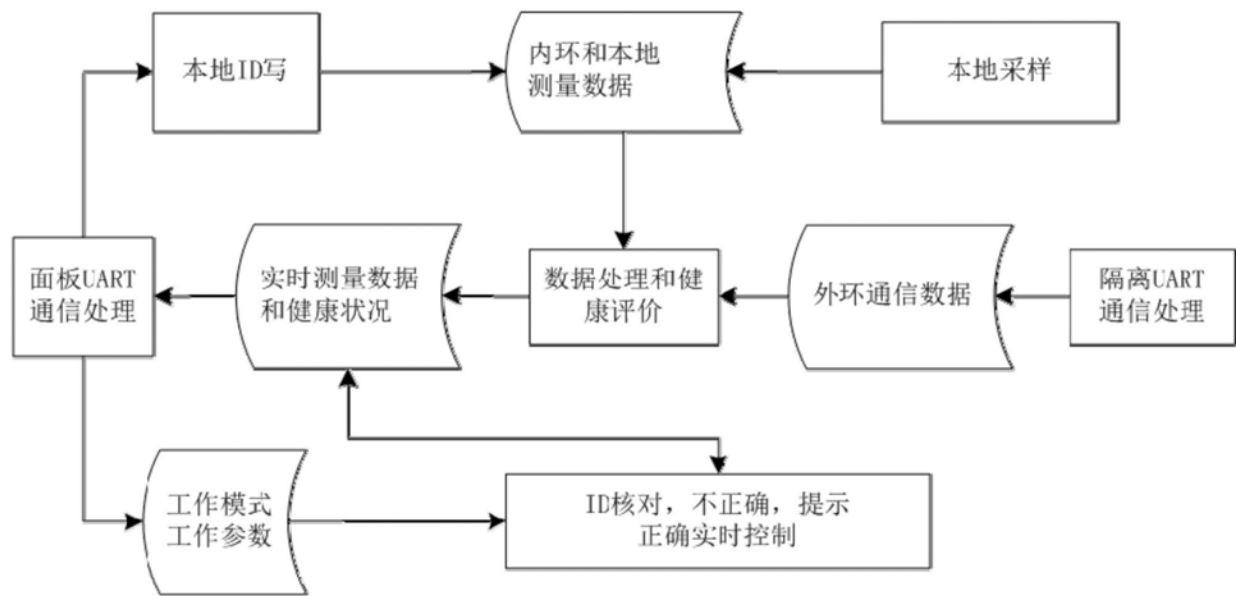


图6

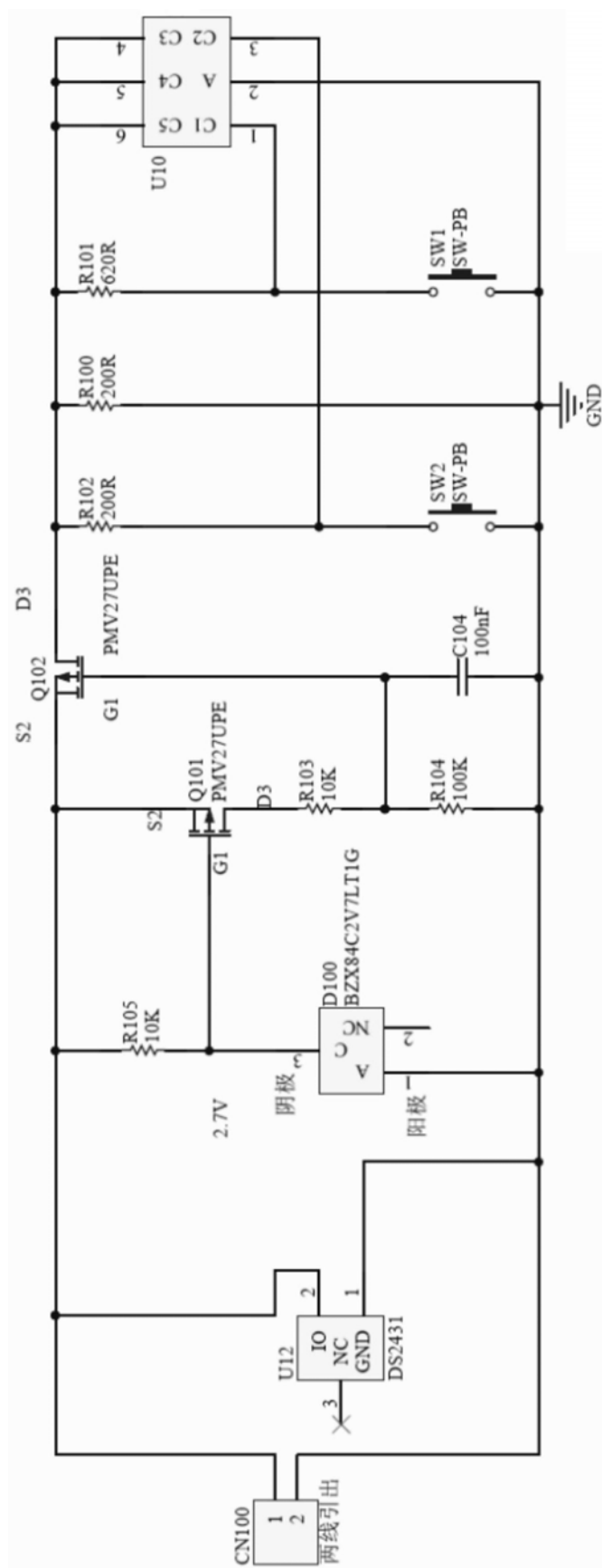


图7

专利名称(译)	一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统		
公开(公告)号	CN110897682A	公开(公告)日	2020-03-24
申请号	CN201910583544.8	申请日	2019-07-01
[标]申请(专利权)人(译)	广州易和医疗技术开发有限公司		
申请(专利权)人(译)	广州易和医疗技术开发有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	广州易和医疗技术开发有限公司		
[标]发明人	刘富春 戚锦磊 李威谕		
发明人	刘富春 马振尉 戚锦磊 李威谕 邓浮池		
IPC分类号	A61B17/32 A61B18/12 A61B18/14		
CPC分类号	A61B17/320068 A61B18/12 A61B18/14 A61B2017/320082 A61B2018/00589 A61B2018/00642 A61B2018/00702 A61B2018/00755 A61B2018/1253 A61B2018/126 A61B2018/1412		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明涉及一种基于ADRC频率控制的多输出微创手术系统，包括控制系统和微创刀具系统，所述控制系统包括通过光耦相互连接的隔离模块和控制模块；所述微创刀具系统包括微创刀具和ADRC频率控制机构，所述微创刀具为超声微创刀具或射频微创刀具，所述控制系统还包括测量电路，所述测量电路包括位于所述控制模块内的一次侧测量电路和位于所述隔离模块内的二次侧测量电路。本发明通过内部机构设置实现手术系统内部自健康管理和隔离通信，提升微创手术刀具输出频率的稳定性和操作安全性能，避免微创刀具在使用过程中因外部输出误差导致的操作事故，同时避免更换微创刀具后系统非及时响应导致的输出事故。

