



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108453759 A

(43)申请公布日 2018.08.28

(21)申请号 201810527980.9

(22)申请日 2018.05.21

(71)申请人 中国计量大学

地址 310018 浙江省杭州市江干区下沙高教园区学源街258号

(72)发明人 王斌锐 张科 于明洲 陈迪剑 金海龙

(51)Int.Cl.

B25J 11/00(2006.01)

B25J 9/10(2006.01)

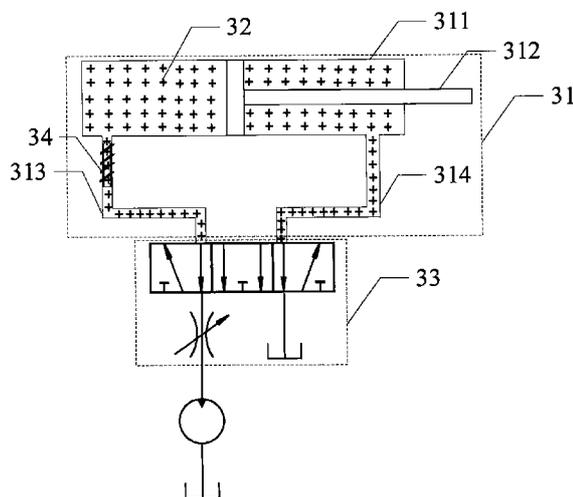
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

仿生机器人及其脊柱装置

(57)摘要

一种仿生机器人及其脊柱装置,通过磁流变液填充于腔体的内腔、第一进出液管和第二进出液管,磁流变液用于向活塞杆的一端提供驱动力,以驱动活塞杆沿腔体的轴向运动;由于励磁线圈缠绕在第一进出液管,控制器在向励磁线圈提供可变电流后,可以使励磁线圈在第一进出液管产生可变磁场,从而使得磁流变液产生磁流变效应,表现出低流动性和高黏度性,继而,使活塞杆的传动速度发生变化,表现为阻尼特性,减少了脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性。



1. 一种仿生机器人脊柱装置,其特征在于,包括:

前脊柱底盘;

后脊柱底盘;

多个脊柱驱动装置,设置在所述前脊柱底盘和所述后脊柱底盘之间,用于驱动所述前脊柱底盘和/或所述后脊柱底盘运动;

所述脊柱驱动装置包括:

直线驱动器,包括腔体和活塞杆,所述活塞杆的一端设置在所述腔体的内腔内,所述活塞杆在外力的驱动下沿所述腔体的轴向往复运动;

所述腔体包括:第一进出液管和第二进出液管,所述第一进出液管和第二进出液管分别与所述腔体的内腔流体导通,所述第一进出液管和第二进出液管分别设置在所述活塞杆的一端的两侧;

磁流变液,填充于所述腔体的内腔、所述第一进出液管和所述第二进出液管,所述磁流变液用于向所述活塞杆的一端提供驱动力,以驱动所述活塞杆沿所述腔体的轴向运动;

控制阀,分别与所述第一进出液管和所述第二进出液管连接,用于分别调整所述第一进出液管和所述第二进出液管内磁流变液的流量;

励磁线圈,缠绕在所述第一进出液管;

控制器,分别与所述励磁线圈和所述控制阀连接;所述控制器用于向所述控制阀提供用于表征调整所述第一进出液管和所述第二进出液管内磁流变液的流量的流量控制信号;所述控制器还用于向所述励磁线圈提供可变电流,以使所述励磁线圈在所述第一进出液管产生可变磁场。

2. 如权利要求1或所述的脊柱装置,其特征在于,所述活塞杆的另一端通过第一转动副连接至所述前脊柱底盘;所述腔体远离所述活塞杆的另一端的一侧通过第二转动副连接至所述后脊柱底盘。

3. 如权利要求2所述的脊柱装置,其特征在于,所述第一转动副为球副;所述第二转动副为铰链副。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的脊柱装置,其特征在于,所述控制器包括:限流电阻,与所述励磁线圈串联;所述限流电阻和所述励磁线圈串联在可变电压的两端。

5. 如权利要求4所述的脊柱装置,其特征在于,所述控制器还包括:

第一运算放大器,其正相输入端和输出端之间通过第一可变电阻和第一可变电容串联,以产生正弦自激振荡;所述第一运算放大器的正相输入端还通过第一电阻接地;所述第一运算放大器的反相输入端通过第一限流电阻接地;所述第一运算放大器的反相输入端和输出端之间还串联有第一反馈电阻;

第二运算放大器,其正相输入端和输出端之间通过第二可变电阻和第二可变电容串联,以产生正弦自激振荡;所述第二运算放大器的正相输入端还通过第二电阻接地;所述第二运算放大器的反相输入端通过第二限流电阻接地;所述第二运算放大器的反相输入端和输出端之间还串联有第二反馈电阻;

第一电容和第二电容,所述第一电容的一端连接至所述第一运算放大器的正相输入端和第一电阻之间;所述第二电容的一端连接至所述第二运算放大器的正相输入端和第二电阻之间;所述第一电容的另一端和所述第二电容的另一端连接;

耦合电阻,连接至所述第一电容的另一端和所述第二电容的另一端的连接点和地之间;

所述第一电容的另一端和所述第二电容的另一端的连接点与所述第二运算放大器的正相输入端之间的电位差用于提供可变电压。

6.如权利要求4所述的脊柱装置,其特征在于,所述控制器还包括:

耦合电感,与所述限流电阻以及所述励磁线圈串联。

7.如权利要求6所述的脊柱装置,其特征在于,各个脊柱驱动装置通过各自的耦合电感分别耦合。

8.一种仿生机器人,其特征在于,包括:

机器人本体;

如权利要求1-7任意一项所述的仿生机器人脊柱装置,设置在所述机器人本体上;

液源,用于向所述仿生机器人脊柱装置提供磁流变液。

仿生机器人及其脊柱装置

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,具体涉及一种仿生机器人及其脊柱装置。

背景技术

[0002] 仿生机器人在特种环境下的应用越来越广泛,环境适应能力越来越强,更快、更准、更稳地完成机器人特种任务,这除了和复杂的运动神经元相关之外,还和其躯干结构密不可分。脊柱作为所有哺乳动物躯干的中轴支柱,是生物躯干的活动中心和力的传递枢纽,在奔跑时可以增加运动范围和吸收地面冲击的能量。近年来,国内外研究的大部分仿生机器人都是刚性躯体和被动柔顺脊柱,如用弹性体连接前后肢体作为被动脊柱,但是对于机器人转向、奔跑过程中脊柱变形无法进行主动控制,在一定程度上限制了机器人的运行速度,而且现有机器人脊椎只能单方向变形,与动物脊柱相差甚远,目前也没有同时具备多自由度脊柱和柔顺躯干的仿生机器人。因而进一步探索研究仿生脊柱在仿生机器人领域的应用具有重大的意义。

[0003] 经过目前的文献检索发现,公开号为CN106956247A的中国专利公开了一种串并混联的四足机器人主动柔顺脊椎,包括底盘、球副连接件、转动连接件、非定轴椎间盘和若干直线驱动器,的直线驱动器一端通过球副连接件与非定轴椎间盘相连,另一端通过转动连接件与底盘相连,脊椎前后两个节段之间通过两个非定轴椎间盘错位固定连接。上述发明中需要分别给几个直线驱动器对应的数字量控制信号,才能输出固定的节律信号。而生物的脊柱是神经元的模拟量电信号,神经元之间也会激励和抑制,即神经元之间有耦合,通过数字量控制信号来输出节律信号会产生一定的顿挫感,不易调节,故而上述发明的仿生性不强。

[0004] 因此,如何减少脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性成为亟待解决的技术问题。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于减少脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性。

[0006] 为此,根据第一方面,本发明实施例公开了一种仿生机器人脊柱装置,包括:

[0007] 前脊柱底盘;后脊柱底盘;多个脊柱驱动装置,设置在前脊柱底盘和后脊柱底盘之间,用于驱动前脊柱底盘和/或后脊柱底盘运动;脊柱驱动装置包括:直线驱动器,包括腔体和活塞杆,活塞杆的一端设置在腔体的内腔内,活塞杆在外力的驱动下沿腔体的轴向往复运动;腔体包括:第一进出液管和第二进出液管,第一进出液管和第二进出液管分别与腔体的内腔流体导通,第一进出液管和第二进出液管分别设置在活塞杆的一端的两侧;磁流变液,填充于腔体的内腔、第一进出液管和第二进出液管,磁流变液用于向活塞杆的一端提供驱动力,以驱动活塞杆沿腔体的轴向运动;控制阀,分别与第一进出液管和第二进出液管连接,用于分别调整第一进出液管和第二进出液管内磁流变液的流量;励磁线圈,缠绕在第一

进出液管;控制器,分别与励磁线圈和控制阀连接;控制器用于向控制阀提供用于表征调整第一进出液管和第二进出液管内磁流变液的流量的流量控制信号;控制器还用于向励磁线圈提供可变电流,以使励磁线圈在第一进出液管产生可变磁场。

[0008] 可选地,活塞杆的另一端通过第一转动副连接至前脊柱底盘;腔体远离活塞杆的另一端的一侧通过第二转动副连接至后脊柱底盘。

[0009] 可选地,第一转动副为球副;第二转动副为铰链接副。

[0010] 可选地,控制器包括:限流电阻,与励磁线圈串联;限流电阻和励磁线圈串联在可变电电压的两端。

[0011] 可选地,控制器还包括:第一运算放大器,其正相输入端和输出端之间通过第一可变电阻和第一可变电容串联,以产生正弦自激振荡;第一运算放大器的正相输入端还通过第一电阻接地;第一运算放大器的反相输入端通过第一限流电阻接地;第一运算放大器的反相输入端和输出端之间还串联有第一反馈电阻;第二运算放大器,其正相输入端和输出端之间通过第二可变电阻和第二可变电容串联,以产生正弦自激振荡;第二运算放大器的正相输入端还通过第二电阻接地;第二运算放大器的反相输入端通过第二限流电阻接地;第二运算放大器的反相输入端和输出端之间还串联有第二反馈电阻;第一电容和第二电容,第一电容的一端连接至第一运算放大器的正相输入端和第一电阻之间;第二电容的一端连接至第二运算放大器的正相输入端和第二电阻之间;第一电容的另一端和第二电容的另一端连接;耦合电阻,连接至第一电容的另一端和第二电容的另一端的连接点和地之间;第一电容的另一端和第二电容的另一端的连接点与第二运算放大器的正相输入端之间的电位差用于提供可变电电压。

[0012] 可选地,控制器还包括:耦合电感,与限流电阻以及励磁线圈串联。

[0013] 可选地,各个脊柱驱动装置通过各自的耦合电感分别耦合。

[0014] 根据第一方面,本发明实施例公开了一种仿生机器人,包括:

[0015] 机器人本体;上述第一方面公开的任一项仿生机器人脊柱装置,设置在机器人本体上;液源,用于向仿生机器人脊柱装置提供磁流变液。

[0016] 本发明技术方案,具有如下优点:

[0017] 本发明实施例提供的仿生机器人及其脊柱装置,通过磁流变液填充于腔体的内腔、第一进出液管和第二进出液管,磁流变液用于向活塞杆的一端提供驱动力,以驱动活塞杆沿腔体的轴向运动;由于励磁线圈缠绕在第一进出液管,控制器在向励磁线圈提供可变电流后,可以使励磁线圈在第一进出液管产生可变磁场,从而使得磁流变液产生磁流变效应,表现出低流动性和高黏度性,继而,使活塞杆的传动速度发生变化,表现为阻尼特性,减少了脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性。

[0018] 作为可选的技术方案,通过耦合电阻耦合第一运算放大器和第二运算放大器,第一电容的另一端和第二电容的另一端的连接点与第二运算放大器的正相输入端之间的电位差用于提供可变电电压,相对于现有技术中分别给几个直线驱动器对应的数字量控制信号的方式,该方案实现了采用中枢模式发生器产生的振荡信号作为控制信号,该控制信号为模拟量信号,很好地模拟了哺乳动物的脊柱节律运动特性。并且通过串并联的电阻、电容,使得控制器输出的振荡信号可调节。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明具体实施方式或现有技术中的技术方案,下面将对具体实施方式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,下面描述中的附图是本发明的一些实施方式,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1为本发明实施例公开的一种仿生机器人脊柱装置结构示意图;

[0021] 图2为本发明实施例公开的一种脊柱驱动装置原理示意图;

[0022] 图3为本发明实施例示意的一种多个脊柱驱动装置耦合结构原理图;

[0023] 图4为本发明实施例公开的一种可变电电压形成电路结构原理图。

具体实施方式

[0024] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,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他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0025] 在本发明的描述中,需要说明的是,术语“中心”、“上”、“下”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”、“第三”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0026] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,还可以是两个元件内部的连通,可以是无线连接,也可以是有线连接。对于本领域的普通技术人员而言,可以具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0027] 此外,下面所描述的本发明不同实施方式中所涉及的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互结合。

[0028] 为了减少脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性,本实施例公开了一种仿生机器人脊柱装置,请参考图1和图2,其中,图1为本实施例公开的一种仿生机器人脊柱装置结构示意图,图2为本实施例公开的一种脊柱驱动装置原理示意图,本实施例公开的一种仿生机器人脊柱装置包括:前脊柱底盘1、后脊柱底盘2和多个脊柱驱动装置3,其中:

[0029] 前脊柱底盘1和后脊柱底盘2可以采用现有的脊柱底盘结构来实现。

[0030] 多个脊柱驱动装置3设置在前脊柱底盘1和后脊柱底盘2之间,用于驱动前脊柱底盘1和/或后脊柱底盘2运动。在具体实施例中,各个脊柱驱动装置3在移动不同的位移下,因各个脊柱驱动装置3之间存在位移差,可以驱动前脊柱底盘1和/或后脊柱底盘2发生一定角度的偏转,或者平移。

[0031] 在具体实施例中,请参考图2,脊柱驱动装置包括:直线驱动器31、磁流变液32、控制阀33、励磁线圈34和控制器,其中:

[0032] 直线驱动器31包括腔体311和活塞杆312,活塞杆312的一端设置在腔体311的内腔内,活塞杆312在外力的驱动下沿腔体311的轴向往复运动。

[0033] 本实施例中,腔体311包括:第一进出液管313和第二进出液管314,第一进出液管313和第二进出液管314分别与腔体的内腔流体导通,第一进出液管313和第二进出液管314分别设置在活塞杆312的一端的两侧。

[0034] 磁流变液32填充于腔体311的内腔、第一进出液管313和第二进出液管314,磁流变液32用于向活塞杆312的一端提供驱动力,以驱动活塞杆312沿腔体311的轴向运动。具体地,在第一进出液管313和第二进出液管314之间存在流体压差时,压力大的一侧会驱动活塞杆312向压力小的一侧移动。

[0035] 控制阀33分别与第一进出液管313和第二进出液管314连接,用于分别调整第一进出液管313和第二进出液管314内磁流变液的流量。在具体实施例中,控制阀33可以通过节流阀、电磁阀和/或多位多通电磁阀等阀体来实现,通过阀体的导通和切断来分别调整第一进出液管313和第二进出液管314中磁流变液的流量。

[0036] 励磁线圈34缠绕在第一进出液管313,本实施例中,励磁线圈34用于在可变电流的激励下向第一进出液管313提供可变磁场。需要说明的是,在其它可替代实施例中,励磁线圈34也可以缠绕在第二进出液管314,应当认为本方案惯用手段的直接置换,也落入该方案的保护范围内。

[0037] 控制器(图中未示出附图标记)分别与励磁线圈34和控制阀33连接;控制器用于向控制阀33提供用于表征调整第一进出液管313和第二进出液管314内磁流变液的流量的流量控制信号,控制器还用于向励磁线圈34提供可变电流,以使励磁线圈34在第一进出液管313产生可变磁场。

[0038] 请参考图1,在具体实施例中,活塞杆312的另一端通过第一转动副41连接至前脊柱底盘1;腔体311远离活塞杆312的另一端的一侧通过第二转动副42连接至后脊柱底盘2。具体地,第一转动副41为球副,第二转动副42为铰链接副。

[0039] 在可选的实施例中,请参考图3,示意了多个脊柱驱动装置耦合结构原理图,本实施例公开的各个控制器包括:限流电阻 R_{w1} ,限流电阻 R_{w1} 与励磁线圈34串联,限流电阻 R_{w1} 和励磁线圈34串联在可变电压 U 的两端。本实施例中,通过可变电压 U 激励励磁线圈34产生可变磁场。

[0040] 在可选的实施例中,请参考图4,示意了可变电压形成电路结构,各个控制器还包括:第一运算放大器 $T1$ 、第二运算放大器 $T2$ 、第一电容 C_1 和第二电容 C_2 以及耦合电阻 r ,其中:

[0041] 第一运算放大器 $T1$ 正相输入端和输出端之间通过第一可变电阻 R_{f1} 和第一可变电容 C_{f1} 串联,以产生正弦自激振荡。本实施例中,第一运算放大器 $T1$ 的正相输入端还通过第一电阻 R_i 接地,第一运算放大器 $T1$ 的反相输入端通过第一限流电阻 R_{s1} 接地,第一运算放大器 $T1$ 的反相输入端和输出端之间还串联有第一反馈电阻 R_{f1} 。在具体实施例中,第一运算放大器 $T1$ 可以通过外置电源或者控制器自带的电源管理模块进行供电,作为例子,第一运算放大器 $T1$ 可以通过 $\pm 12V$ 电源进行供电。需要说明的是,本实施例中并不限制第一运算放大器 $T1$ 供电电源的大小,具体地,可以根据第一运算放大器 $T1$ 具体的工作电压来确定。

[0042] 第二运算放大器 $T2$ 正相输入端和输出端之间通过第二可变电阻 R_{f2} 和第二可变电容 C_{f2} 串联,以产生正弦自激振荡。本实施例中,第二运算放大器 $T2$ 的正相输入端还通过第二

电阻 R_2 接地,第二运算放大器T2的反相输入端通过第二限流电阻 R_{s2} 接地,第二运算放大器T2的反相输入端和输出端之间还串联有第二反馈电阻 R_{fw2} 。在具体实施例中,第二运算放大器T2可以通过外置电源或者控制器自带的电源管理模块进行供电,作为例子,第二运算放大器T2可以通过 $\pm 12V$ 电源进行供电。需要说明的是,本实施例中并不限制第二运算放大器T2供电电源的大小,具体地,可以根据第二运算放大器T2具体的工作电压来确定。

[0043] 在具体实施例中,第一电容 C_1 的一端连接至第一运算放大器T1的正相输入端和第一电阻 R_1 之间;第二电容 C_2 的一端连接至第二运算放大器T2的正相输入端和第二电阻 R_2 之间;第一电容 C_1 的另一端和第二电容 C_2 的另一端连接。本实施例中,耦合电阻 r ,连接至第一电容 C_1 的另一端和第二电容 C_2 的另一端的连接点和地之间,由此,第一电容 C_1 的另一端和第二电容 C_2 的另一端的连接点A与第二运算放大器的正相输入端B之间的电位差用于提供可变电电压 U ,本实施例中,可变电电压 U 为正弦振荡信号。

[0044] 本实施例公开的技术方案中,通过分别由第一运算放大器T1和第二运算放大器T2实现的两个RC电路耦合形成中枢模式发生器来提供可变电电压 U ,可以通过改变耦合电阻 r 来改变两个RC振荡电路耦合强度;通过改变第一运算放大器T1和第二运算放大器T2正相输入端支路上的电阻和电容的乘积即可改变振荡器的频率,即通过调整第一可变电阻 R_{f1} 和第一可变电容 C_{f1} 的乘积和/或调整第二可变电阻 R_{f2} 和第二可变电容 C_{f2} 的乘积来调整振荡器的频率;通过调整第一可变电阻 R_{f1} 和/或第二可变电阻 R_{f2} 的大小可以调整振荡信号幅值。节点A和B之间输出的可变电电压 U 是一个正弦波振荡信号,其RC硬件振荡电路的起振条件分别满足 $R_{fw1} > 2R_{s1} > 2r$ 和 $R_{fw2} > 2R_{s2} > 2r$ 。

[0045] 在可选的实施例中,在脊柱装置采用多个脊柱驱动装置来驱动时,各个控制器可以相互耦合。具体地,请参考图3,各个控制器还包括:耦合电感 $L1$,耦合电感 $L1$ 与限流电阻 R_{w1} 以及励磁线圈34串联。在具体实施例中,各个脊柱驱动装置通过各自的耦合电感分别耦合,请参考图3,示例了三个脊柱驱动装置耦合的情形。

[0046] 磁流变液是一种由高磁导率、低磁滞性的微小磁性颗粒和非导磁性混合而成的悬浮体。在磁场作用下会产生磁流变效应,这种悬浮体在零磁场条件下呈现出低粘度的牛顿流体特性;而在强磁场作用下,则呈现出高粘度、低流动性的Bingham体特性。

[0047] 以3个脊柱驱动装置为例,请参考图1、图2和图3,本实施例公开的仿生机器人脊柱装置工作过程为:先控制节流阀、电磁阀等控制阀33,使得直线驱动器3产生匀速往返运动,这样在脊柱在做匀速往返运动的基础上;各自控制器中的振荡电路产生的振荡信号(可变电电压 U)分别连接直线驱动器第一进出液管313上面的励磁线圈34,流过励磁线圈34的可变电流在励磁线圈34内部及附近产生磁场,变化的电流产生变化的磁场,由于磁流变液在强磁场作用下表现出低流动性和高黏度性,变化的磁场使磁流变液黏度随之变化,而第一进出液管313中磁流变液的流量随着其黏度的增加而减小,流量变化导致直线驱动器中活塞312的传动速度发生变化,表现为阻尼特性,实现了柔顺控制。

[0048] 本实施例还公开了一种仿生机器人,包括:机器人本体、上述实施例公开的仿生机器人脊柱装置和液源,其中,仿生机器人脊柱装置设置在机器人本体上,液源用于向仿生机器人脊柱装置提供磁流变液。

[0049] 本实施例公开的仿生机器人及其脊柱装置,通过磁流变液填充于腔体的内腔、第一进出液管和第二进出液管,磁流变液用于向活塞杆的一端提供驱动力,以驱动活塞杆沿

腔体的轴向运动;由于励磁线圈缠绕在第一进出液管,控制器在向励磁线圈提供可变电流后,可以使励磁线圈在第一进出液管产生可变磁场,从而使得磁流变液产生磁流变效应,表现出低流动性和高黏度性,继而,使活塞杆的传动速度发生变化,表现为阻尼特性,减少了脊柱装置的顿挫感,改善机器人的柔顺性,提高机器人的仿生性。

[0050] 作为可选的实施例,通过耦合电阻耦合第一运算放大器和第二运算放大器,第一电容的另一端和第二电容的另一端的连接点与第二运算放大器的正相输入端之间的电位差用于提供可变电压,相对于现有技术中分别给几个直线驱动器对应的数字量控制信号的方式,该方案实现了采用中枢模式发生器产生的振荡信号作为控制信号,该控制信号为模拟量信号,很好地模拟了哺乳动物的脊柱节律运动特性。并且通过串并联的电阻、电容,使得控制器输出的振荡信号可调节。

[0051] 显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引伸出的显而易见的变化或变动仍处于本发明创造的保护范围之内。

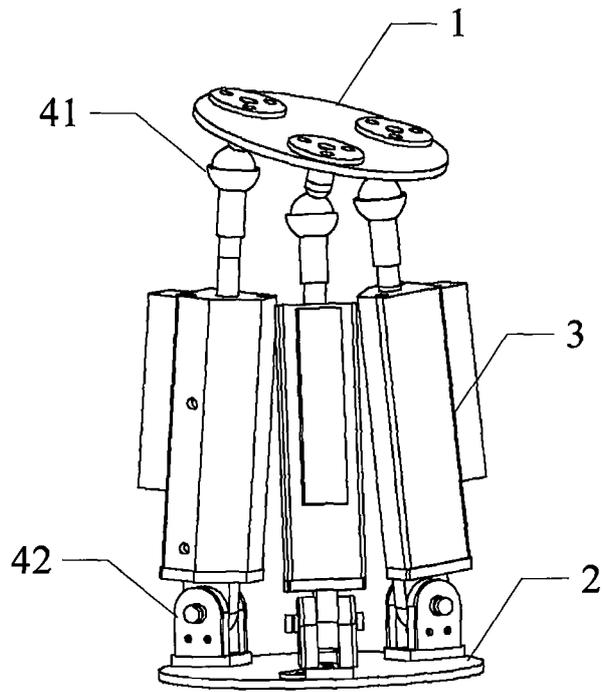


图1

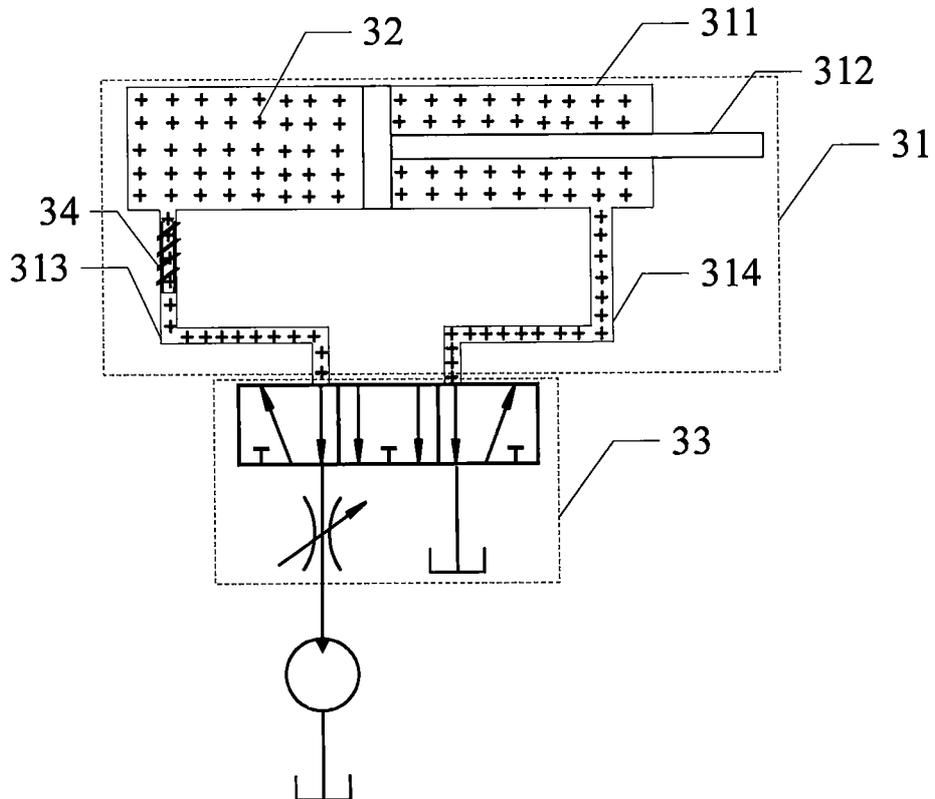


图2

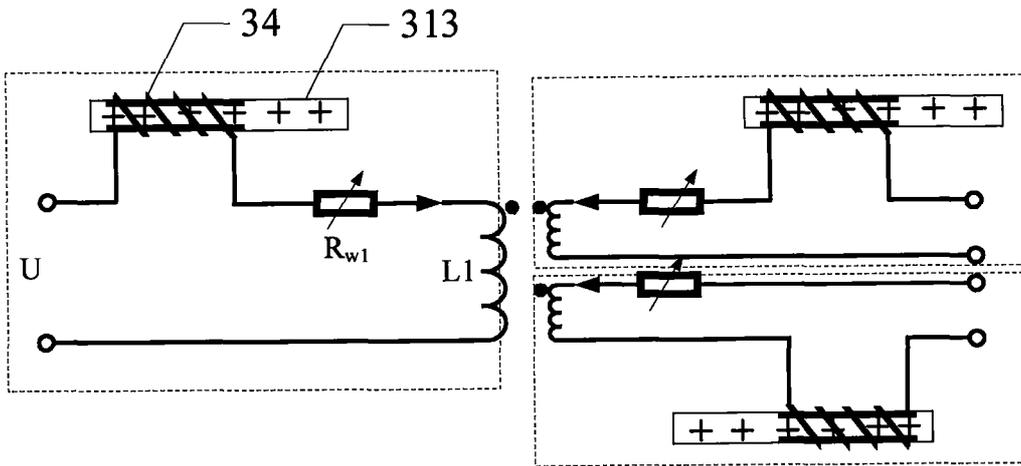


图3

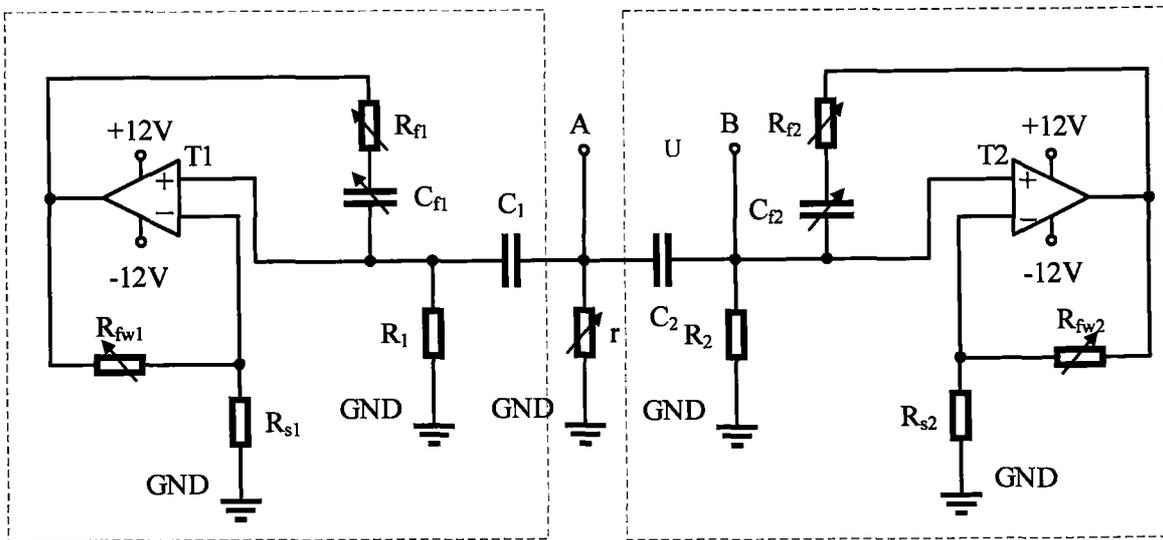


图4