



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106911272 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(21)申请号 201710304282.8

(22)申请日 2017.05.03

(71)申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路516号

(72)发明人 金爱娟 李少龙

(74)专利代理机构 上海德昭知识产权代理有限公司

公司 31204

代理人 郁旦蓉 黄贞君

(51)Int.Cl.

H02P 7/285(2016.01)

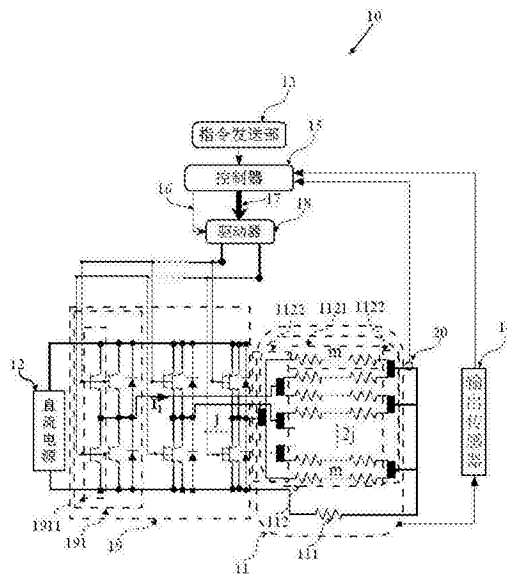
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

直流电动驱动装置以及电动设备

(57)摘要

本发明提供了一种直流电动驱动装置和电动设备。本发明提供的直流电动驱动装置,用于驱动电动设备,包括:直流电机;直流电压;指令发送部;驱动器;以及斩波器,其中,直流电机具有2j个相互独立并且由m个绕组组成的电枢绕组支路、与绕组连接的2j×m个换向片、与斩波器相连接并且与换向片相接触的2j个相互独立的电刷,斩波器为半桥斩波器,斩波器具有j个相互独立的斩波单元,每个斩波单元的电流输出线与一个电刷一一对应连接,每个斩波单元含有w个并联的斩波桥臂以及与w个斩波桥臂反向并联连接的续流二极管,向对应的电刷提供线电流,斩波桥臂包含两个串联连接的功率开关管,j和m均为不小于2的正整数,w为2~4的正整数。



CN 106911272 A

1. 一种直流电动驱动装置,设置在电动设备中,用于驱动所述电动设备,包括:
直流电机,具有额定电压以及额定电流;
直流电源,具有与所述额定电压相对应的电压,用于提供与所述额定电流相对应的直流电;
指令发送部,发送与所述直流电机输出的转速或转矩的值相对应的指令信号;
驱动器,根据所述指令信号产生驱动信号;以及
斩波器,在所述驱动信号的作用下将所述直流电转换为电压可控的直流电并提供给所述直流电机,
其特征在于:
其中,所述直流电机具有 $2j$ 个相互独立并且由 m 个绕组组成的电枢绕组支路、与所述绕组连接的 $2j \times m$ 个换向片、与所述斩波器相连接并且与所述换向片相接触的 $2j$ 个相互独立的电刷,
所述斩波器为半桥斩波器,所述斩波器具有 j 个相互独立的斩波单元,
每个所述斩波单元的电流输出线与一个所述电刷一一对应连接,
每个所述斩波单元含有 w 个并联的斩波桥臂以及与所述 w 个斩波桥臂反向并联连接的续流二极管,向对应的所述电刷提供线电流,
所述斩波桥臂包含两个串联连接的功率开关管,
所述 j 和所述 m 均为不小于2的正整数,所述 w 为2~4的正整数。
2. 根据权利要求1所述的直流电动驱动装置,其特征在于,还包括:
控制器,
其中,所述控制器根据所述指令信号输出运行控制信号以及电机控制信号,
所述驱动器在所述运行控制信号作用下进入工作状态或停止状态,在工作状态下根据所述电机控制信号产生所述驱动信号。
3. 根据权利要求2所述的直流电动驱动装置,其特征在于,还包括:
输出传感器,
其中,所述输出传感器检测所述直流电机输出的转速或转矩,并发送对应的输出反馈信号,
所述控制器根据所述指令信号以及所述输出反馈信号输出运行控制信号以及电机控制信号。
4. 根据权利要求3所述的直流电动驱动装置,其特征在于,还包括:
电流传感器,
其中,所述电流传感器检测所述电刷的引出线的电流值,并发送对应的电流反馈信号,
所述控制器根据所述指令信号、所述电流反馈信号和所述输出反馈信号计算并输出运行控制信号以及电机控制信号。
5. 根据权利要求1所述的直流电动驱动装置,其特征在于:
其中,当所述电刷引出线的额定电流为 I_1 ,所述直流电机的所述额定电流为 I_N 时,所述电枢绕组支路的个数 $2j$ 满足下述条件:
$$j > I_N \div I_1,$$

所述 j 为不小于2的正整数。

6. 根据权利要求1所述的直流电动驱动装置,其特征在于:
其中,所述直流电源为电池组或交流电源经整流滤波后得到的整流源,
所述电池组是由至少一个电池单体构成的。
7. 根据权利要求1所述的直流电动驱动装置,其特征在于:
其中,所述电枢绕组的连接方式是叠绕组,
所述直流电机的主磁极的励磁方式是永磁、他励、串励、并励或复励。
8. 根据权利要求1所述的直流电动驱动装置,其特征在于:
其中,所述电枢绕组支路独立安装在所述直流电机的至少一个电枢铁芯上,
所述斩波器是由至少一个智能功率模块构成的或是包含了多个功率开关管,
所述功率开关管为电力场效应晶体管、门极可关断晶闸管、集成门极换流晶闸管、绝缘栅双极型晶体管、电力双极型晶体管和门极换流晶闸管中的任意一种。
9. 一种电动设备,其特征在于,包括:
权利要求1~8中任一项所述的直流电动驱动装置。

直流电动驱动装置以及电动设备

技术领域

[0001] 本发明属于直流电机领域,特别涉及一种直流电动驱动装置以及包含直流电动驱动装置的电动设备。

背景技术

[0002] 随着各大城市雾霾天数和持续时间的增加,国家对燃油设备的尾气排放管理越来越严格;另外,在封闭的室内工作环境中,燃油设备是禁止使用的;此外,石油这种能源是不可再生的,几十年后将面临枯竭。因此,将电作为能源的电动设备如电动汽车、电动叉车等电动设备越来越受到生产商和消费者的青睐。它不但污染小、可以利用可再生能源提供的电能,而且与燃油设备相比,它还具有能源利用率高、结构简单、噪声小、动态性能好和便携性高等优点。在石油资源越来越紧张的形势下,大力发展电驱动装置,特别是大功率电驱动装置如电动战车、电动军舰、电动飞行器和电驱动航空母舰等等,对于国防安全具有深远的意义。

[0003] 由于交流电机,特别是异步电机,具有结构简单、运行可靠、重量轻、价格便宜的优点,所以它得到了广泛的应用。但是,交流电机存在启动转矩小,启动电流很大,调速平滑性差,振动和噪声大以及控制算法复杂等缺点。即使采用最好的控制算法,依然无法杜绝电机中高次谐波的存在,导致在启动、制动、调速和低速时交流电机性能都劣于直流电机。因此,对电动设备的性能要求很高的场合,例如家用变频空调、升降客梯、电动汽车等等,依然青睐于安装有直流电机的电动设备。

[0004] 在图2所示的直流电动驱动装置中,对功率开关管的要求极为苛刻,在正常工作时,功率开关管必须在最大工作温度、最大工作电流和最大工作电压以下工作,一旦超过任意一个条件,功率开关管就会损坏;此外,当电子电路中的元器件参数的变化超出正常工作范围时,可能会在功率开关管中产生过电压或过电流,导致功率开关管损坏进而引起电动设备故障;另外,随着工作时间的增加,功率开关管发生老化,最大工作温度、最大工作电流和最大工作电压等性能指标都随之降低,极易发生功率开关管损坏导致斩波器整体失效或短路等故障,进而引发电动设备故障甚至安全事故。

[0005] 大功率直流电动驱动装置和电动设备,特别是低压大电流直流电动驱动装置和电动设备,需要连续工作电流很大的控制器或斩波器,而相关的技术和产品被个别国家和公司控制和垄断,导致价格很高,而且市场上能够采购到的高性能电机控制器或斩波器输出的电流值也仅仅是在一千安培以下。归根到底,生成制造水平、多个功率开关管的并联均流技术、控制电路和算法过于复杂等诸多原因,严重制约和影响了低压大电流直流电动驱动装置和电动设备的发展。

[0006] 综上,这些问题已经严重影响了高性能大功率电动设备,包括低压大电流的电动车、电动船,甚至国防上的电动战车、电动军舰、电动飞行器和电驱动航空母舰的发展。

发明内容

[0007] 本发明是为解决上述问题而进行的,通过提供一种斩波桥臂独立、输出电流互不影响,实现电流完全解耦的斩波电路、包含多电刷直流电机以及包含该斩波电路和该多电刷直流电机的直流电动驱动装置和电动设备。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用了下述技术方案:

[0009] <结构一>

[0010] 本发明提供了一种直流电动驱动装置,设置在电动设备中,用于驱动电动设备,包括:直流电机,具有额定电压以及额定电流;直流电压,具有与额定电压相对应的电压,用于提供与额定电流相对应的直流电;指令发送部,发送与直流电机输出的转速或转矩的值相对应的指令信号;驱动器,根据指令信号产生驱动信号;以及斩波器,在驱动信号的作用下将直流电转换为电压可控的直流电并提供给直流电机,其特征在于:其中,直流电机具有 $2j$ 个相互独立并且由 m 个绕组组成的电枢绕组支路、与绕组连接的 $2j \times m$ 个换向片、与斩波器相连接并且与换向片相接触的 $2j$ 个相互独立的电刷,斩波器为半桥斩波器,斩波器具有 j 个相互独立的斩波单元,每个斩波单元的电流输出线与一个电刷一一对应连接,每个斩波单元含有 w 个并联的斩波桥臂以及与 w 个斩波桥臂反向并联连接的续流二极管,向对应的电刷提供线电流,斩波桥臂包含两个串联连接的功率开关管, j 和 m 均为不小于2的正整数, w 为2~4的正整数。

[0011] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征,还包括:控制器,其中,控制器根据指令信号输出运行控制信号以及电机控制信号,驱动器在运行控制信号作用下进入工作状态或停止状态,在工作状态下根据电机控制信号产生驱动信号。

[0012] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征,还包括:输出传感器,其中,输出传感器检测直流电机输出的转速或转矩,并发送对应的输出反馈信号,控制器根据指令信号以及输出反馈信号输出运行控制信号以及电机控制信号。

[0013] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征,还包括:电流传感器,其中,电流传感器检测电刷的引出线的电流值,并发送对应的电流反馈信号,控制器根据指令信号、电流反馈信号和输出反馈信号计算并输出运行控制信号以及电机控制信号。

[0014] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征:其中,当电刷引出线的额定电流为 I_1 ,直流电机的额定电流为 I_N 时,电枢绕组支路的个数 $2j$ 满足下述条件: $j > I_N \div I_1$, j 为不小于2的正整数。

[0015] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征:其中,直流电源为电池组或交流电源经整流滤波后得到的整流源,电池组是由至少一个电池单体构成的。

[0016] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征:其中,电枢绕组的连接方式是叠绕组,直流电机的主磁极的励磁方式是永磁、他励、串励、并励或复励。

[0017] 本发明提供的直流电动驱动装置还可以具有这样的特征:其中,电枢绕组支路独立安装在直流电机的至少一个电枢铁芯上,斩波器是由至少一个智能功率模块构成的或是包含了多个功率开关管,功率开关管为电力场效应晶体管、门极可关断晶闸管、集成门极换流晶闸管、绝缘栅双极型晶体管、电力双极型晶体管和门极换流晶闸管中的任意一种。

[0018] <结构二>

[0019] 进一步,本发明还提供了一种含有上述直流电动驱动装置的电动设备。

[0020] 发明的作用与效果

[0021] 根据本发明提供的直流电动驱动装置以及电动设备,由于直流电机具有 $2j$ 个相互独立并且由 m 个绕组组成的电枢绕组支路、与绕组连接的 $2j \times m$ 个换向片、与斩波器相连接并且与换向片相接触的 $2j$ 个相互独立的电刷,斩波器为半桥斩波器,斩波器具有 j 个相互独立的斩波单元,每个斩波单元的电流输出线与一个电刷一一对应连接,每个斩波单元含有 w 个并联的斩波桥臂以及与 w 个斩波桥臂反向并联连接的续流二极管,向对应的电刷提供线电流,斩波桥臂包含两个串联连接的功率开关管,因此任意两个斩波单元输出的线电流是相互独立、互不干扰的,进而使得斩波器的输出电流可以通过增加斩波单元的个数而线性增大,理论上可以达到无穷大。不仅保留了原来斩波器的成熟控制算法和直流电机的成熟技术,而且降低了对功率开关管性能一致性的要求,使用普通的功率开关管即可满足大电流的要求,避免了从大量的功率开关管中精挑细选一致性高的开关元件所带来的大量人力和财力的耗费。

[0022] 由于每个斩波单元含有 w (w 为2、3或4)个相互并联连接的斩波桥臂,在电机的额定电流一定的情况下,相对于仅含有一个斩波桥臂的斩波单元,这种结构能够在一定程度上增大每个斩波单元的输出电流,进而能够相应的减小直流电机中电枢绕组支路的个数 j ,不仅减少了电刷个数,减少了电机的电源线数量和斩波单元输出线的数量,减轻了维修和维护难度,而且还适当降低了直流电机和斩波电路的生产成本。

[0023] 此外,本发明的直流电动驱动装置能够打破国外对于大电流驱动装置的垄断和封锁,使得该直流电动驱动装置不仅能够取代污染大、启动速度慢和能源利用率低的燃油发动机而应用于目前无法采用电动机的重型机车上,如卡车、推土机、挖土机等重型机车等,还能够应用于军事上需要更大电流的电动战车、电动军舰和电驱动航空母舰上,实现了低压大电流的直流电动驱动装置的国产化。而且与交流电机驱动装置相比较,系统性能更加优越。

[0024] 因此,本发明的直流电动驱动装置具有结构设计简单、合理,成本低,发热量小,工作性能稳定、安全可靠,使用寿命长等优点。

附图说明

[0025] 图1为本发明实施例的直流电动驱动装置的电路结构示意图;以及

[0026] 图2为现有技术中的大电流直流电动驱动装置的电路结构示意图。

具体实施方式

[0027] 以下结合附图来说明本发明的具体实施方式。

[0028] 直流电动驱动装置10设置在电动设备如电动工具、四轴飞行器、电动汽车、电动船舶、工业用电动叉车、电动军事设备内,用于驱动电动设备。

[0029] 图1是本实施例中的直流电动驱动装置的电路结构示意图。

[0030] 如图1所示,直流电动驱动装置10包括直流电机11、直流电源12、指令发送部13、输出传感器14、控制器15、驱动器18、斩波器19以及电流传感器20。

[0031] 直流电机11具有额定电压以及额定电流。直流电机11具有主磁极111和至少一个电枢112。在实施例中,直流电机具有一个电枢112。电枢112为直流电机的转子。

[0032] 主磁极111为电枢112提供工作磁场。主磁极的励磁方式是永磁、他励、串励、并励

或复励。如果主磁极为他励励磁方式,则他励的励磁绕组为单独控制,与电枢绕组的控制相互独立。如果主磁极为并励励磁方式,则并励的励磁绕组由单独的斩波器以及与直流电源12电压相同的直流电源和单独的驱动单元191供电。在本实施例中,主磁极111采用串励的励磁方式。

[0033] 电枢112包括转子铁芯(图中未显示)、 $2j$ 个电枢绕组支路1121、 $2j \times m$ 个换向片(图中未显示)以及2组电刷组1122。

[0034] 电枢绕组支路1121独立安装在电枢112的转子铁芯上。电枢绕组支路1121是由 m 个缠绕在转子铁芯上的绕组所组成的, m 为2以上的正整数。电枢绕组支路1121中绕组的连接方式是叠绕组。在正常工作时,所有的电枢绕组支路的电流互不影响,相互独立。

[0035] 2组电刷组1122按照其空间位置所对应的主磁极111的极性不同分成两组,且分别连接直流电机11的两组电源线,并且与换向器的换向片相接触。每个电刷组包含 j 个相互独立的电刷。 $2j$ 个电刷均匀分布在直流电机的由换向片构成的换向器上,与直流电机主磁极的位置相对应,每个电刷至少可与一个换向片相接触。其中的一组电刷沿电机的圆周方向均匀分布,另一组电刷的空间位置安装在不同组相邻的两个电刷中间。在本实施例中,电刷采用窄电刷,其尺寸略小于换向片的尺寸。在本实施例中,每个电刷可与至少一个换向片接触。

[0036] 直流电源12具有与额定电压相对应的电压,用于提供与额定电流相对应的直流电。直流电源12为电池组或交流电源经整流滤波后得到的整流源,在本实施例中,直流电源12选用电池组。

[0037] 指令发送部13发送与直流电机11输出的转速或转矩的值相对应的指令信号。

[0038] 输出传感器14检测直流电机11输出的转速或力矩并输出相对应的输出反馈信号。输出反馈信号被控制器15接收。

[0039] 电流传感器20检测电刷引出线的线电流值,并输出相对应的电流反馈信号。电流反馈信号被控制器15接收。

[0040] 控制器15根据指令发送部13的指令信号、输出传感器14的输出反馈信号以及电流传感器20的电流反馈信号计算驱动器的运行控制信号16和电机控制信号17。

[0041] 驱动器18在运行控制信号16控制下进入工作状态,并根据电机控制信号17产生驱动斩波器19工作的驱动信号。

[0042] 斩波器19在驱动器18发出的驱动信号作用下将恒压直流电转换为平均电压可控的直流电并提供给直流电机11。在本实施例中,斩波器19为半桥斩波器。

[0043] 斩波器19具有与其中一个电刷组的 j 个电刷一一对应的斩波单元191。每个斩波单元191含有 w 个斩波桥臂1911以及两个与该斩波桥臂1911反向并联连接的续流二极管,共同向对应的电刷提供线电流。 w 为2~4的正整数,在本实施例中, w 为2。

[0044] 斩波桥臂1911含有相互串联连接的上桥臂功率开关管以及下桥臂功率开关管。也就是说,4个功率开关管和2个二极管构成的1个斩波单元191向与它连接的电刷提供线电流。

[0045] 上桥臂功率开关管和下桥臂功率开关管具有相同的预定最大连续工作电流,它是功率开关管的一个重要参数,只有在这个电流值以下时,功率开关管才有可能稳定运行,如果工作电流超过这个电流值,功率开关管就会由于过流而被击穿,从而损坏。考虑到各种不

同工作环境的影响,一般来说,电刷的引出线的额定电流取为最大连续工作电流的 $0.4w \sim 0.8w$ 倍。

[0046] 上桥臂功率开关管或下桥臂功率开关管均为全控型的功率开关管,可采用电力场效应晶体管、门极可关断晶闸管、集成门极换流晶闸管、绝缘栅双极型晶体管、电力双极型晶体管和门极换流晶闸管中的任意一种。在本实施例中,该功率开关管为电力场效应晶体管。

[0047] 当电刷的引出线的额定电流为 I_1 ,直流电机11的额定电流为 I_N 时,电枢绕组支路1121的个数 $2j$ 满足下述条件: $j > I_N \div I_1$, j 为不小于2的正整数。

[0048] 实施例的作用与效果

[0049] 根据本实施例提供的直流电动驱动装置以及电动设备,由于直流电机具有 $2j$ 个相互独立并且由 m 个绕组组成的电枢绕组支路、与绕组连接的 $2j \times m$ 个换向片、与斩波器相连接并且与换向片相接触的 $2j$ 个相互独立的电刷,斩波器为半桥斩波器,斩波器具有 j 个相互独立的斩波单元,每个斩波单元的电流输出线与一个电刷一一对应连接,每个斩波单元含有 w 个并联的斩波桥臂以及与 w 个斩波桥臂反向并联连接的续流二极管,向对应的电刷提供线电流,斩波桥臂包含两个串联连接的功率开关管,因此任意两个斩波单元输出的线电流是相互独立、互不干扰的,进而使得斩波器的输出电流可以通过增加斩波单元的个数而线性增大,理论上可以达到无穷大。不仅保留了原来斩波器的成熟控制算法和直流电机的成熟技术,而且降低了对功率开关管性能一致性的要求,使用普通的功率开关管即可满足大电流的要求,避免了从大量的功率开关管中精挑细选一致性高的开关元件所带来的大量人力和财力的耗费。

[0050] 由于每个斩波单元含有 w (w 为2、3或4)个相互并联连接的斩波桥臂,在电机的额定电流一定的情况下,相对于仅含有一个斩波桥臂的斩波单元,这种结构能够在一定程度上增大每个斩波单元的输出电流,进而能够相应的减小直流电机中电枢绕组支路的个数 j ,不仅减少了电刷个数,减少了电机的电源线数量和斩波单元输出线的数量,减轻了维修和维护难度,而且还适当降低了直流电机和斩波电路的生产成本。

[0051] 此外,本实施例的直流电动驱动装置能够打破国外对于大电流驱动装置的垄断和封锁,使得该直流电动驱动装置不仅能够取代污染大、启动速度慢和能源利用率低的燃油发动机而应用于目前无法采用电动机的重型机车上,如卡车、推土机、挖土机等重型机车等,还能够应用于军事上需要更大电流的电动战车、电动军舰和电驱动航空母舰上,实现了低压大电流的直流电动驱动装置的国产化。而且与交流电机驱动装置相比较,系统性能更加优越。

[0052] 另外,在不可逆的工作环境下,本实施例使用的半桥斩波器相对于全桥斩波器具有更简洁的电路,更少的器件,更高的可靠性和更低的成本等优点。

[0053] 因此,本实施例的直流电动驱动装置具有结构设计简单、合理,成本低,发热量小,工作性能稳定、安全可靠,使用寿命长等优点。

[0054] 在上述实施例中,直流电动驱动装置包括输出传感器、电流传感器以及控制器,但作为本发明的直流电动驱动装置可以不包含上述三个,直接利用指令发送部生成指令信号,驱动器根据指令信号产生驱动信号;或是仅设置控制器,控制器根据指令信号输出运行控制信号以及电机控制信号,驱动器在运行控制信号作用下进入工作状态或停止状态;或

是设置输出传感器以及控制器,输出传感器检测直流电机输出的转速或转矩,并发送对应的输出反馈信号,控制器根据指令信号以及输出反馈信号输出运行控制信号以及电机控制信号。

[0055] 在上述实施例中,电刷是窄电刷,但作为本发明的电刷,也可以是宽电刷。

[0056] 此外,在上述实施例中,电流传感器检测电刷的引出线的线电流值,但作为本发明的直流电动驱动装置以及电动设备,电流传感器也可检测电机的线电流值。

[0057] 以上显示和描述了本发明的基本原理、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,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。

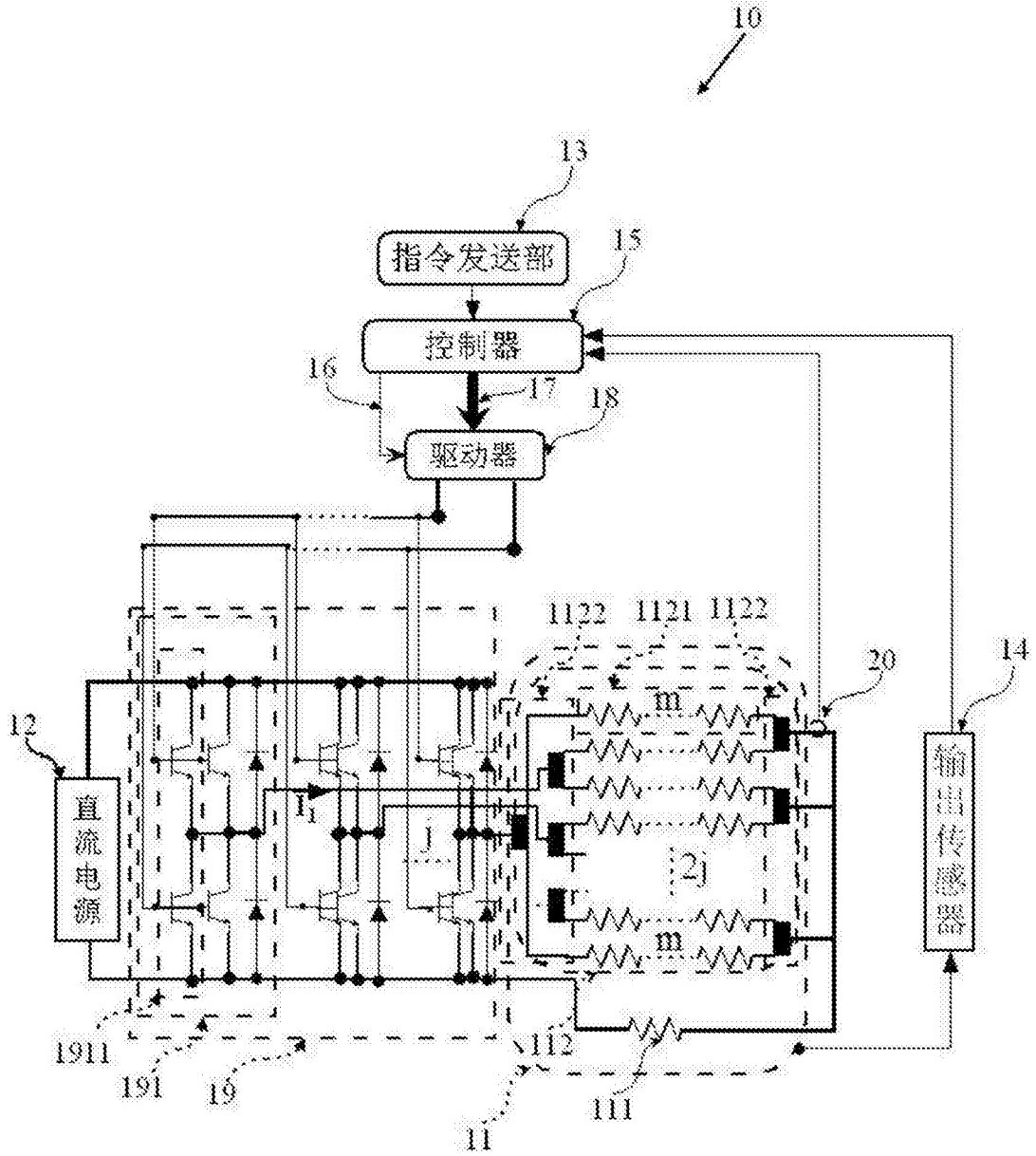


图1

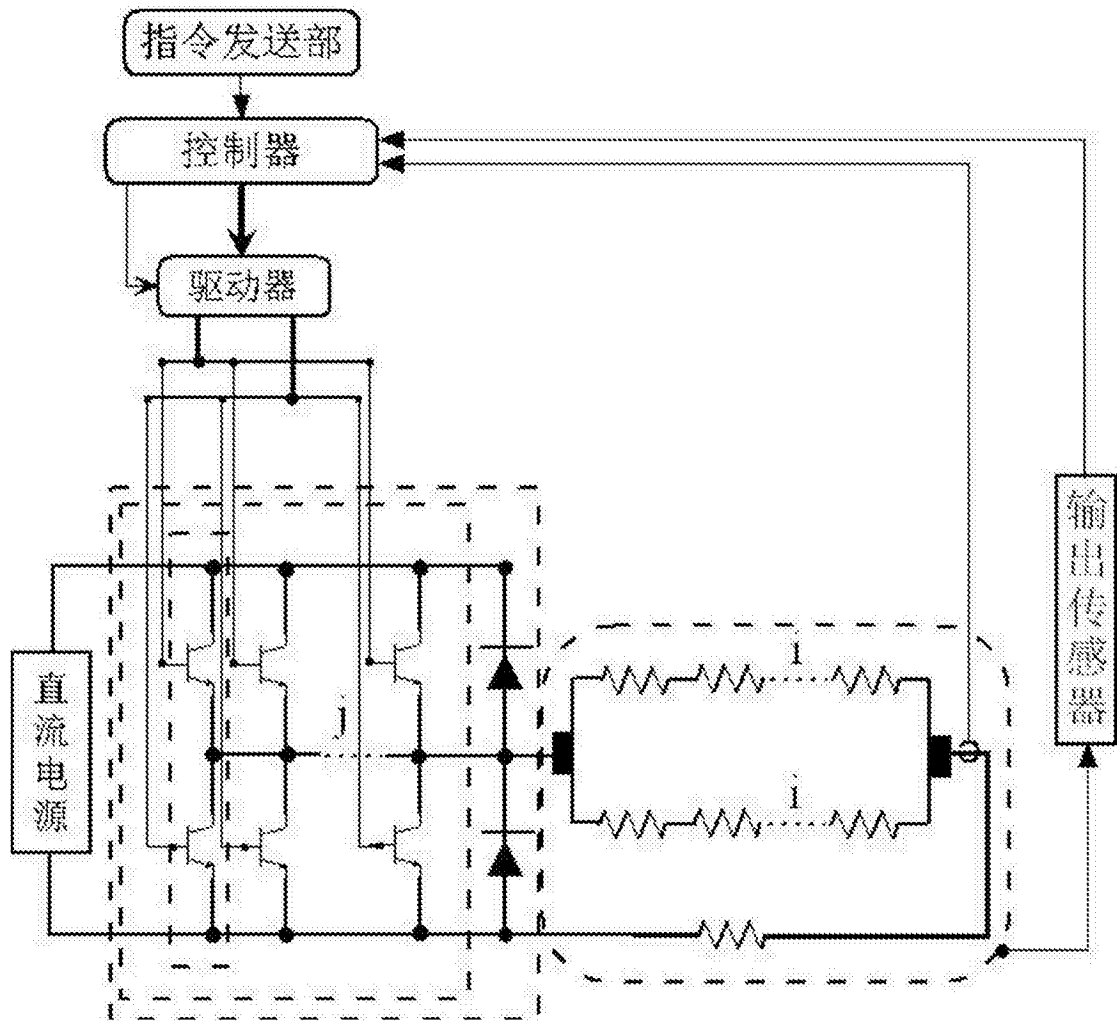


图2