



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111277095 A

(43)申请公布日 2020.06.12

(21)申请号 201811177664.X

(22)申请日 2018.10.10

(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 31204

代理人 郁旦蓉 刘国华

(51)Int.Cl.

H02K 23/06(2006.01)

H02K 23/26(2006.01)

H02K 1/27(2006.01)

H02K 13/10(2006.01)

H02K 3/28(2006.01)

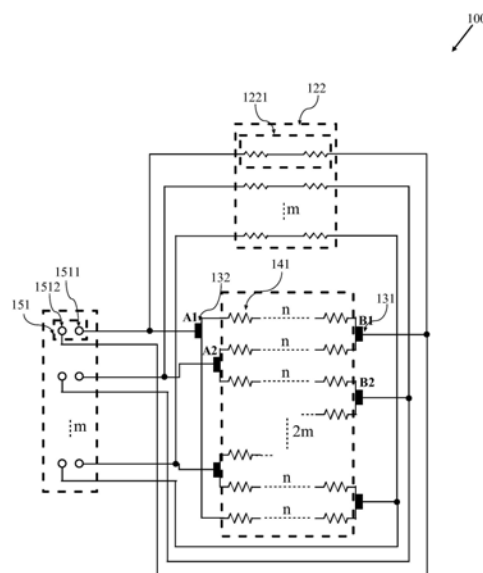
权利要求书2页 说明书8页 附图11页

(54)发明名称

并励直流电机

(57)摘要

本发明提供了一种并励直流电机,与由至少一个直流电源所形成的 m 对电源输出端子相连接,包括:机壳; m 对电刷;定子,包含与 m 对电刷相对应的 m 对主磁极并且包含一个励磁绕组部;以及转子,其中,励磁绕组部含有 m 个与 m 对主磁极分别相对应的励磁绕组单元,每个励磁绕组单元中的绝缘导体条具有一端和另一端, m 个一端与所 m 个S极对应电刷连接形成 m 个第一接线端,同时, m 个另一端与 m 个N极对应电刷连接形成 m 个第二接线端;或者, m 个一端与 m 个N极对应电刷连接形成 m 个第一接线端,同时, m 个另一端与 m 个S极对应电刷连接形成 m 个第二接线端, m 个第一接线端与 m 个第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子, m 为不小于2的正整数。



1. 一种并励直流电机,与由至少一个直流电源所形成的 m 对电源输出端子相连接,具有额定输入电流,其特征在于,包括:

机壳;

m 对电刷,固定在所述机壳内,根据所述额定输入电流设置而成;

定子,设置在所述机壳内,包含与 m 对所述电刷相对应的 m 对主磁极并且包含一个励磁绕组部;以及

转子,设置在所述定子内,包含采用预定的联结方式进行相互联结的多个电枢绕组,

其中,每一对所述主磁极含有S极性主磁极和N极性主磁极,

相邻的2个所述主磁极的极性不同,

每一对所述电刷中的2个所述电刷的位置相邻,

每一对所述电刷含有一个与S极性主磁极相对应的S极对应电刷和一个与N极性主磁极相对应的N极对应电刷,

所述励磁绕组部含有 m 个励磁绕组单元,该 m 个励磁绕组单元与 m 对所述主磁极分别相对应,

每一个所述励磁绕组单元通过由包裹有绝缘层的金属线构成的绝缘导体条在相对应的一对所述主磁极上分别制成励磁线圈而形成,

每个所述励磁绕组单元中的所述绝缘导体条具有一端和另一端,

所有所述绝缘导体条的 m 个所述一端与所有所述电刷中的 m 个所述S极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有所述绝缘导体条的 m 个所述另一端与所有所述电刷中的 m 个所述N极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端;或者,所有所述绝缘导体条的 m 个所述一端与所有所述电刷中的 m 个所述N极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有所述绝缘导体条的 m 个所述另一端与所有所述电刷中的 m 个所述S极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端,

m 个所述第一接线端与 m 个所述第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子,

m 对所述外部接线端子用于与 m 对所述电源输出端子一一对应连接,

所述 m 为不小于2的正整数。

2. 一种并励直流电机,与由至少一个直流电源所形成的 m 对电源输出端子相连接,具有额定输入电流,其特征在于,包括:

机壳;

m 对电刷,固定在所述机壳内,根据所述额定输入电流设置而成;

定子,设置在所述机壳内,包含与 m 对所述电刷相对应的 m 对主磁极并且包含一个励磁绕组部;以及

转子,设置在所述定子内,包含采用预定的联结方式进行相互联结的多个电枢绕组,

其中,每对所述电刷含有2个位置相邻的所述电刷,

所述励磁绕组部含有 m 个励磁绕组单元,该 m 个励磁绕组单元与 m 对所述主磁极分别相对应,

每一个所述励磁绕组单元通过由包裹有绝缘层的金属线构成的绝缘导体条在相对应的一对所述主磁极上分别绕制成的2个励磁线圈连接而形成,

每个所述励磁绕组单元中的所述绝缘导体条具有沿所述励磁线圈的预设电流方向而

区分的一端和另一端，

每一对所述主磁极含有与所述励磁线圈绕制方向和所述励磁线圈的预设电流方向相对应的S极性主磁极和N极性主磁极，

相邻的2个所述主磁极的极性不同，

每一对所述电刷含有一个与S极性主磁极相对应的S极对应电刷和一个与N极性主磁极相对应的N极对应电刷，

所有所述绝缘导体条的m个所述一端与所有所述电刷中的m个所述S极对应电刷电气连接形成m个第一接线端，同时，所有所述绝缘导体条的m个所述另一端与所有所述电刷中的m个所述N极对应电刷电气连接形成m个第二接线端；或者，所有所述绝缘导体条的m个所述一端与所有所述电刷中的m个所述N极对应电刷电气连接形成m个第一接线端，同时，所有所述绝缘导体条的m个所述另一端与所有所述电刷中的m个所述S极对应电刷电气连接形成m个第二接线端，

m个所述第一接线端与m个所述第二接线端分别相对应地形成m对外部接线端子，

m对所述外部接线端子用于与m对所述电源输出端子一一对应连接，

所述m为不小于2的正整数。

3. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，每个电刷包含一个电刷本体或至少两个沿电机轴向布置并在电气上并联的分开成形的电刷本体。

4. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，所述直流电源的数量为1个，m对所述电源输出端子分别为所述直流电源的m路电源输出支路上的接线端。

5. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，所述直流电源的数量为m个，m对所述电源输出端子分别为m个所述直流电源的接线端。

6. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，所述绝缘导体条为漆包线和绝缘铜导条中的任意一种。

7. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，各个所述主磁极上的所述励磁线圈的匝数相同，

每一对所述主磁极与相对应的一对所述电刷的空间位置相对应。

8. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，在每个所述励磁绕组单元中，2个所述励磁线圈的连接关系是串联和并联中的任意一种，

各个所述励磁绕组单元中的2个所述励磁线圈的连接关系相同。

9. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，所述预定的联结方式是单叠、复叠和复波中的任意一种。

10. 根据权利要求1或2所述的并励直流电机，其特征在于：

其中，所述直流电源为斩波器、电池和整流电源中的任意一种。

并励直流电机

技术领域

[0001] 本发明属于直流电机领域,特别涉及一种并励直流电机。

背景技术

[0002] 并励直流电机的励磁绕组与电枢绕组并联并共用同一电源,它具有良好的调速性能、较大的启动转矩和过载能力强等优点,广泛应用于轧钢机、电力机车、大型机床主轴传动系统和船舶等等中。

[0003] 直流电机一般是与斩波器一起使用构成直流电机调速装置的,为了保证系统可靠性,斩波器的最大输出电流一般是电机额定电流的2到3倍。大功率高性能直流电机,特别是低压大电流直流电机,需要连续工作电流很大的斩波器,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用斩波器的输出电流值也仅仅是在一千安培以下,这严重制约和影响了低压大电流直流电机的发展。

[0004] 斩波器是采用脉冲宽度调制技术控制功率开关管的导通和关断来改变输出电压和输出电流的,其输出电流纹波的大小与功率开关管的开关频率成反比,功率开关管的开关频率的大小与开关损耗(或温升、故障率)成正比。而电机输出转矩纹波是与电流纹波的平方成正比。因此,为了减小电机输出转矩纹波或者减小电流纹波,必须提高开关频率;而为了减小开关损耗,又必须降低开关频率。这一个矛盾关系影响了大功率高性能直流电机调速装置的发展。导致其在数控机床等对转矩纹波要求很高的装置上难以应用。

[0005] 应用于国防设备中的并励直流电动机,由于隐身的需要对振动和电磁干扰特别敏感,也就是说对电机输出转矩的纹波和电流的纹波要求特别严格。而目前,应用于大功率国防电动设备的传统型并励直流电机已经难以应对技术日益发达的侦查技术。

[0006] 基于上述原因,大功率的并励直流电动机发展受到了制约和影响,影响了经济建设和国防建设。

发明内容

[0007] 本发明是为解决上述问题而进行的,目的在于提供一种并励直流电机。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用了下述技术方案:

[0009] 本发明提供了一种并励直流电机,与由至少一个直流电源所形成的 m 对电源输出端子相连接,具有额定输入电流,其特征在于,包括:机壳; m 对电刷,固定在机壳内,根据额定输入电流设置而成;定子,设置在机壳内,包含与 m 对电刷相对应的 m 对主磁极并且包含一个励磁绕组部;以及转子,设置在定子内,包含采用预定的联结方式进行相互联结的多个电枢绕组,其中,每一对主磁极含有S极性主磁极和N极性主磁极,相邻的2个主磁极的极性不同,每一对电刷中的2个电刷的位置相邻,每一对电刷含有一个与S极性主磁极相对应的S极对应电刷和一个与N极性主磁极相对应的N极对应电刷,励磁绕组部含有 m 个励磁绕组单元,该 m 个励磁绕组单元与 m 对主磁极分别相对应,每一个励磁绕组单元通过由包裹有绝缘层的金属线构成的绝缘导体条在相对应的一对主磁极上分别制成励磁线圈而形成,每个励磁绕

组单元中的绝缘导体条具有一端和另一端,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端;或者,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端, m 个第一接线端与 m 个第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子, m 对外部接线端子用于与 m 对电源输出端子一一对应连接, m 为不小于2的正整数。

[0010] 本发明提供了一种并励直流电机,与由至少一个直流电源所形成的 m 对电源输出端子相连接,具有额定输入电流,其特征在于,包括:机壳; m 对电刷,固定在机壳内,根据额定输入电流设置而成;定子,设置在机壳内,包含与 m 对电刷相对应的 m 对主磁极并且包含一个励磁绕组部;以及转子,设置在定子内,包含采用预定的联结方式进行相互联结的多个电枢绕组,其中,每对电刷含有2个位置相邻的电刷,励磁绕组部含有 m 个励磁绕组单元,该 m 个励磁绕组单元与 m 对主磁极分别相对应,每一个励磁绕组单元通过由包裹有绝缘层的金属线构成的绝缘导体条在相对应的一对主磁极上分别绕制成的2个励磁线圈连接而形成,每个励磁绕组单元中的绝缘导体条具有沿励磁线圈的预设电流方向而区分的一端和另一端,每一对主磁极含有与励磁线圈绕制方向和励磁线圈的预设电流方向相对应的S极性主磁极和N极性主磁极,相邻的2个主磁极的极性不同,每一对电刷含有一个与S极性主磁极相对应的S极对应电刷和一个与N极性主磁极相对应的N极对应电刷,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端;或者,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端, m 个第一接线端与 m 个第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子, m 对外部接线端子用于与 m 对电源输出端子一一对应连接, m 为不小于2的正整数。

[0011] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,每个电刷包含一个电刷本体或至少两个沿电机轴向布置并在电气上并联的分开成形的电刷本体。

[0012] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,直流电源的数量为1个, m 对电源输出端子分别为直流电源的 m 路电源输出支路上的接线端。

[0013] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,直流电源的数量为 m 个, m 对电源输出端子分别为 m 个直流电源的接线端。

[0014] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,绝缘导体条为漆包线和绝缘铜导条中的任意一种。

[0015] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,各个主磁极上的励磁线圈的匝数相同,每一对主磁极与相对应的一对电刷的空间位置相对应。

[0016] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,在每个励磁绕组单元中,2个励磁线圈的连接关系是串联和并联中的任意一种,各个励磁绕组单元中的2个励磁线圈的连接关系相同。

[0017] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,预定的联结方式是单叠、复叠和复波中的任意一种。

[0018] 本发明提供的并励直流电机,还可以具有这样的特征:其中,直流电源为斩波器、电池和整流电源中的任意一种。

[0019] 发明的作用与效果

[0020] 根据本发明提供的并励直流电机,因为励磁绕组部含有 m 个与 m 对主磁极分别相对应的励磁绕组单元,每一个励磁绕组单元通过绝缘导体条在相对应的一对主磁极上分别制成励磁线圈而形成,每个励磁绕组单元中的绝缘导体条具有沿励磁线圈的预设电流方向而区分的一端和另一端,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端;或者,所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端,同时,所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端, m 个第一接线端与 m 个第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子,该 m 对外部接线端子用于与 m 对电源输出端子一一对应连接,也就是说,每对外部接线端子连接了相互并励连接的一个励磁绕组单元和一对电刷,所以,一方面,每个励磁绕组单元和对应连接的一对电刷所构成的支路是相互独立的,每条支路的电流也是独立的,每条支路都能够独立工作并由相对应的一对电源输出端子独立供电,即:每对电源输出端子只要承担一条支路的工作电流,只有电机额定输入电流的 m 分之一。对于额定输入电流很大的电机,只要 m 足够大,每条支路的工作电流或者每对电源输出端子的输出电流就会相对应的减小,使得电源输出端子的输出电流可以小到不需要采用功率模块或并联均流技术而使用普通的功率开关管即可满足大功率高性能电机的要求,不仅降低了直流电源的成本,还降低了外部接线端子与电源输出端子之间的连接线和连接件对接触电阻和绝缘的要求,降低了生产制造的难度,有助于提高系统的可靠性和安全性;

[0021] 另一方面,在预设的控制下,直流电源的每对电源输出端子的输出电流波形相似且相互错开 m 分之一开关周期,能够使得 m 个励磁绕组单元的电流总和,也就是电机的励磁电流的纹波和纹波系数减小; m 对电刷的电流总和,也就是电机的电枢电流的纹波和纹波系数都减小,从而减小电机的输出转矩的纹波和纹波系数,进而减小电机输出转速的纹波和纹波系数,减小电机的电磁干扰、振动和噪声。

[0022] 而且,在直流电源的电源输出端子和电机中的电刷、励磁绕组单元、连接线出现故障时,只需要把故障所在部分屏蔽即可,其他正常部分依然可以工作,并且由于非故障部分的励磁绕组单元所激励磁场主要作用于相对应的电刷所连接的电枢绕组支路,不但避免出现传统并励直流电机的突然失控现象,提高了系统的可靠性和安全性,而且有效输出转矩较大。

[0023] 综上,本发明的并励直流电机结构简单、连接线短、生产工艺简单,制造容易,维修方便,生产成本和维护成本低,具有结构设计合理、简单、可靠性和安全性高等优点;能够打破国外对于功率模块、控制器和高性能电驱动装置的垄断和封锁,使得该发明不但可以应用于电动汽车、电动搬运车、轨道车、观光游览车、货车、船舶等大负荷电动设备,而且还可以提高电动设备的性能,应用于数控机床和潜艇等高性能电动设备,实现高性能电驱动装置的国产化。

附图说明

- [0024] 图1为本发明实施例中的并励直流电机的纵向剖面结构示意图；
- [0025] 图2为本发明实施例中的并励直流电机的横向剖面结构示意图；
- [0026] 图3为本发明的并励直流电机的电枢绕组与励磁绕组的电路连接示意图；
- [0027] 图4为本发明实施例中的并励直流电机的电枢绕组与励磁绕组的电路连接示意图；
- [0028] 图5为本发明实施例中的并励直流电机的电枢绕组单叠联结展开示意图；
- [0029] 图6为传统的并励直流电机的电路连接示意图；
- [0030] 图7为本发明实施例中的并励直流电机三对电刷的输入电流波形图；
- [0031] 图8为本发明实施例中的并励直流电机三个励磁绕组单元的输入电流波形图；
- [0032] 图9为本发明实施例中的并励直流电机的电枢电流和传统的并励直流电机的电枢电流比较图；
- [0033] 图10为本发明实施例中的并励直流电机的励磁电流和传统的并励直流电机的励磁电流比较图；以及
- [0034] 图11为本发明实施例中的并励直流电机的转矩和传统的并励直流电机的转矩比较图。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图来说明本发明的具体实施方式。

[0036] 图1为本发明实施例中的并励直流电机的纵向剖面结构示意图；图2为本发明实施例中的并励直流电机的横向剖面结构示意图；图3为本发明的并励直流电机的电枢绕组与励磁绕组的电路连接示意图；图4为本发明实施例中的并励直流电机的电枢绕组与励磁绕组的电路连接示意图；图5为本发明实施例中的并励直流电机的电枢绕组单叠联结展开示意图。

[0037] 在本实施例中，并励直流电机100与由至少一个直流电源(图未示)所形成的 m 对电源输出端子相连接，具有额定输入电流。当直流电源的数量为1个时， m 对电源输出端子分别为直流电源的 m 路电源输出支路上的接线端；当直流电源的数量为 m 个时， m 对电源输出端子分别为 m 个直流电源的接线端。直流电源为斩波器、电池和整流电源中的任意一种，本实施例中直流电源采用开关频率为1千赫兹的斩波器。

[0038] 如图1和图2所示，并励直流电机100包括机壳11、定子12、电刷13、转子14以及接线盒(未在图中示出)。如图3所示，根据额定输入电流的值将电刷的对数设置为 m 。如图4和图5所示，本实施例中 m 设置为3。当一对电源输出端子的最大输出电流为 I_1 ，直流电机的额定输入电流为 $I_{\max}$ ，电刷的对数 m 满足下述条件： $m > I_{\max} \div I_1$ 。

[0039] 如图1和图2所示，定子12设置在机壳11内，包含3对共6个主磁极121以及一个励磁绕组部122。

[0040] 如图2所示，每一对主磁极121含有S极性主磁极1211和N极性主磁极1212。在所有主磁极121中，相邻的2个主磁极121的极性相反。

[0041] 如图1至图3所示，励磁绕组部122含有3个励磁绕组单元1221，该3个励磁绕组单元1221与3对主磁极121分别相对应。每一个励磁绕组单元1221通过由包裹有绝缘层的金属线

构成的绝缘导体条在相对应的一对主磁极121上分别制成励磁线圈12211而形成。绝缘导体条为漆包线和绝缘铜导条中的任意一种,本实施例中,绝缘导体条为漆包线。本实施例中,各个主磁极121上的励磁线圈12211的匝数相同。

[0042] 每个励磁绕组单元1221中的绝缘导体条具有沿励磁线圈12211的预设电流方向而区分的一端和另一端,每一对主磁极121中的S极性主磁极1211和N极性主磁极1212与励磁线圈12211的绕制方向和励磁线圈12211的预设电流方向相对应。相邻两个主磁极121的励磁线圈12211的电流环绕方向相反。

[0043] 在每个励磁绕组单元1221中,2个励磁线圈12211的连接关系是串联和并联中的任意一种,而且各个励磁绕组单元1221中的2个励磁线圈12211的连接关系相同。本实施例中,2个励磁线圈12211的连接关系是串联。

[0044] 如图1和图2所示,3对共6个电刷13固定设置在机壳11内,每一对电刷13含有一个与S极性主磁极1211相对应的S极对应电刷131和一个与N极性主磁极1212相对应的N极对应电刷132。每一对电刷13中的2个电刷13的位置相邻,而且每一对电刷13与相对应的每一对主磁极121的空间位置相对应。

[0045] 电刷13是窄电刷和宽电刷中的任意一种,本实施例中电刷13是窄电刷。每个电刷13包含一个电刷本体或至少两个沿电机轴向布置并在电气上并联的分开成形的电刷本体,本实施例中电刷13包含一个电刷本体。

[0046] 如图3所示,所有励磁绕组单元1221的绝缘导体条的m个一端与所有电刷13中的m个N极对应电刷132电气连接形成m个第一接线端1511,同时,所有励磁绕组单元1221的绝缘导体条的m个另一端与所有电刷13中的m个S极对应电刷131电气连接形成m个第二接线端1512,m个第一接线端1511与m个第二接线端1512分别相对应地形成m对外部接线端子(即m个接线单元),m对外部接线端子用于与m对电源输出端子一一对应连接。当然,也可根据需要,所有励磁绕组单元1221的绝缘导体条的m个一端与所有电刷13中的m个S极对应电刷131电气连接形成m个第一接线端1511,同时,所有励磁绕组单元1221的所有绝缘导体条的m个另一端与所有电刷中的m个N极对应电刷132电气连接形成m个第二接线端1512。

[0047] 本实施例中,如图2和图4所示,第一接线端1511与第二接线端1512相对应地形成1对外部接线端子151,第一接线端1521与第二接线端1522相对应地形成1对外部接线端子152,第一接线端1531与第二接线端1532相对应地形成1对外部接线端子153,3对外部接线端子(即3个接线单元)151、152和153用于与3对电源输出端子一一对应连接。

[0048] 如图1和图2所示,转子14设置在定子内,包含采用预定的联结方式进行相互联结的多个电枢绕组141,电枢绕组141的数目设置为 $2m \times n$ 个,预定的联结方式是单叠、复叠和复波中的任意一种。本实施例中,如图5所示,多个电枢绕组141的联结方式是单叠,相邻2个电刷13连接一条电枢绕组支路,每条电枢绕组支路含有n个电枢绕组141。

[0049] 接线盒(图未示)固定在机壳11上,在如图2和图4所示,3对外部接线端子151、152和153被设置在接线盒内。

[0050] 图6为传统的并励直流电机的电路连接示意图;图7为本发明实施例中的并励直流电机三对电刷的输入电流波形图;图8为本发明实施例中的并励直流电机三个励磁绕组单元的输入电流波形图;图9为本发明实施例中的并励直流电机的电枢电流和传统的并励直流电机的电枢电流比较图;图10为本发明实施例中的并励直流电机的励磁电流和传统的并

励直流电机的励磁电流比较图；图11为本发明实施例中的并励直流电机的转矩和传统的并励直流电机的转矩比较图。

[0051] 如图6所示为传统的并励直流电机600的接线端只有1个接线单元，该接线单元与1个斩波器（图中未示出）的1对电源输出端子对应电气连接，斩波器的开关频率为1千赫兹。

[0052] 在稳定状态下，电流纹波为最大值和最小值之差，纹波系数为最大值和最小值之差与平均值的百分比。

[0053] 如图7所示，本发明实施例中的并励直流电机三对电刷A1B1、A2B2和A3B3的输入电流纹波都等于 $99.31-87.33=11.99$ 安培，平均值都等于 93.32 安培，纹波系数都等于 $11.99/93.32 \times 100\% = 12.84\%$ 。

[0054] 如图8所示，本实施例中的并励直流电机的三个励磁绕组单元1221、1222和1223的输入电流纹波都等于 $61.97-61.37=0.60$ 安培，平均值都等于 61.67 安培，纹波系数都等于 $0.60/61.67 \times 100\% = 0.97\%$ 。

[0055] 如图9所示，在稳定状态下，本实施例中的并励直流电机的电枢电流等于三对电刷A1B1、A2B2和A3B3的电流之和，电枢电流的纹波为 $281.95-277.98=3.97$ 安培，平均值等于 279.97 安培，纹波系数都等于 $3.97/279.97 \times 100\% = 1.42\%$ 。传统的并励直流电机的电枢电流纹波等于 $297.94-261.98=35.96$ 安培，平均值等于 279.97 安培，纹波系数等于 $35.96/279.97 \times 100\% = 12.84\%$ 。虽然本实施例中的并励直流电机和传统的并励直流电机的电枢电流平均值相同，但是本实施例中的并励直流电机的电枢电流纹波和纹波系数都只有传统电机的九分之一。

[0056] 如图10所示，在稳定状态下，本实施例中的并励直流电机的励磁电流等于三个励磁绕组单元1221、1222和1223的电流之和，励磁电流的纹波为 $185.10-184.90=0.2$ 安培，平均值等于 185.0 安培，纹波系数都等于 $0.2/185 \times 100\% = 0.11\%$ 。传统的并励直流电机的电枢电流纹波等于 $185.9-184.1=1.8$ 安培，平均值等于 185.0 安培，纹波系数等于 $1.8/185.0 \times 100\% = 0.97\%$ 。虽然本实施例中的并励直流电机和传统的并励直流电机的励磁电流平均值相同，但是本实施例中的并励直流电机的励磁电流纹波和纹波系数都只有传统电机的九分之一。

[0057] 已知，并励直流电机的电磁转矩和运动方程如下

$$\begin{cases} T_{em} = C_T \Phi I_a = L_{af} I_f I_a & (1) \\ T_{em} - T_{load} = J \frac{d}{dt} \Omega & (2) \end{cases}$$

[0059] 其中， T_{em} 为电磁转矩； C_T 为转矩常数； Φ 为主磁场的磁通； L_{af} 为励磁绕组部和电枢绕组的互感，为常数； I_f 为励磁电流； I_a 为电枢电流； T_{load} 为负载转矩； J 为负载的转动惯量，为常数； Ω 为输出角速度。

[0060] 在本实施例中，并励直流电机的输入电流等于电枢电流和励磁电流之和，并励直流电机的额定输入电流是电机在额定工作状态下的最大输入电流。

[0061] 在式(1)中，电磁转矩 T_{em} 与电枢电流 I_a 和主磁场的磁通 Φ 乘积成正比，直流电机的主磁场是由斩波器供电的励磁绕组部激励的，根据式(1)可知，电磁转矩 T_{em} 与电枢电流 I_a 和励磁电流 I_f 的乘积成正比，励磁电流 I_f 的纹波系数和电枢电流 I_a 的纹波系数将导致电磁转矩 T_{em} 产生更大的纹波系数、输出角速度 Ω 的脉动或纹波更大，驱动装置和电动设备的性能

更差。

[0062] 在本实施例中, L_{af} 取为1, 在稳定状态下, 如图11所示, 本实施例中的并励直流的电机转矩纹波等于 $52188.25 - 51398.38 = 789.87\text{N.m}$, 平均值等于 51793.56N.m , 纹波系数等于 1.53% 。传统的并励直流电机的转矩纹波等于 $55386.15 - 48229.93 = 7156.21\text{N.m}$, 平均值等于 51798.89N.m , 纹波系数等于 13.82% 。

[0063] 也就是说, 本实施例中的并励直流电机尽管和传统的并励直流电机的转矩平均值基本相同, 但是本实施例中的并励直流电机转矩的纹波和纹波系数都只有传统电机的九分之一, 减小电机的输出转矩的纹波和纹波系数, 进而减小电机输出转速的纹波和纹波系数, 最终实现减小电机的电磁干扰、振动和噪声, 提高并励直流电机和电动设备的性能的目的。

[0064] 实施例的作用与效果

[0065] 根据本实施例提供的并励直流电机, 因为励磁绕组部含有 m 个与 m 对主磁极分别相对应的励磁绕组单元, 每一个励磁绕组单元通过绝缘导体条在相对应的一对主磁极上分别制成励磁线圈而形成, 每个励磁绕组单元中的绝缘导体条具有沿励磁线圈的预设电流方向而区分的一端和另一端, 所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端, 同时, 所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端; 或者, 所有绝缘导体条的 m 个一端与所有电刷中的 m 个N极对应电刷电气连接形成 m 个第一接线端, 同时, 所有绝缘导体条的 m 个另一端与所有电刷中的 m 个S极对应电刷电气连接形成 m 个第二接线端, m 个第一接线端与 m 个第二接线端分别相对应地形成 m 对外部接线端子, 该 m 对外部接线端子用于与 m 对电源输出端子一一对应连接, 也就是说, 每对外部接线端子连接了相互并励连接的一个励磁绕组单元和一对电刷, 所以, 一方面, 每个励磁绕组单元和对应连接的一对电刷所构成的支路是相互独立的, 每条支路的电流也是独立的, 每条支路都能够独立工作并由相对应的一对电源输出端子独立供电, 即: 每对电源输出端子只要承担一条支路的工作电流, 只有电机额定输入电流的 m 分之一。对于额定输入电流很大的电机, 只要 m 足够大, 每条支路的工作电流或者每对电源输出端子的输出电流就会相对应的减小, 使得电源输出端子的输出电流可以小到不需要采用功率模块或并联均流技术而使用普通的功率开关管即可满足大功率高性能电机的要求, 不仅降低了直流电源的成本, 还降低了外部接线端子与电源输出端子之间的连接线和连接件对接触电阻和绝缘的要求, 降低了生产制造的难度, 有助于提高系统的可靠性和安全性;

[0066] 另一方面, 在预设的控制下, 直流电源的每对电源输出端子的输出电流波形相似且相互错开 m 分之一开关周期, 能够使得 m 个励磁绕组单元的电流总和, 也就是电机的励磁电流的纹波和纹波系数减小; m 对电刷的电流总和, 也就是电机的电枢电流的纹波和纹波系数都减小, 从而减小电机的输出转矩的纹波和纹波系数, 进而减小电机输出转速的纹波和纹波系数, 减小电机的电磁干扰、振动和噪声。

[0067] 而且, 在直流电源的电源输出端子和电机中的电刷、励磁绕组单元、连接线出现故障时, 只需要把故障所在部分屏蔽即可, 其他正常部分依然可以工作, 并且由于非故障部分的励磁绕组单元所激励磁场主要作用于相对应的电刷所连接的电枢绕组支路, 不但避免出现传统并励直流电机的突然失控现象, 提高了系统的可靠性和安全性, 而且有效输出转矩较大。

[0068] 综上,本实施例的并励直流电机结构简单、连接线短、生产工艺简单,制造容易,维修方便,生产成本和维护成本低,具有结构设计合理、简单、可靠性和安全性高等优点;能够打破国外对于功率模块、控制器和高性能电驱动装置的垄断和封锁,使得该发明不但可以应用于电动汽车、电动搬运车、轨道车、观光游览车、货车、船舶等大负荷电动设备,而且还可以提高电动设备的性能,应用于数控机床和潜艇等高性能电动设备,实现高性能电动驱动装置的国产化。

[0069] 另外,由于每个电刷包含至少两个沿电机轴向布置并在电气上并联的分开成形的电刷本体,使得每个电刷与换向器的实际接触面积增大,从而改善了电刷的换向性能。

[0070] 另外,由于各个主磁极上的励磁线圈的匝数相同,使得电机在正常工作时的磁场均匀,力矩恒定。

[0071] 此外,由于每一对主磁极与相对应的一对电刷的空间位置相对应,能够使得电枢绕组中的磁场强度在发生故障时保持最大,从而可以产生最大的力矩。

[0072] 此外,由于直流电源为斩波器、电池和整流电源中的任意一种,所以,当直流电源为斩波器或整流电源时,功率开关管可以不需要采用功率模块或并联均流技术,从而降低成本。当直流电源为电池时,减少了电池内部的并联支路数,减小多个电池单体并联后产生的电池均衡问题,也减小了由于筛选电池单体的一致性而产生的费用,并且减小了电池由于并联引起的整体性能衰减,提供了能量密度、功率、性能、耐久性和安全性。

[0073] 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。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。

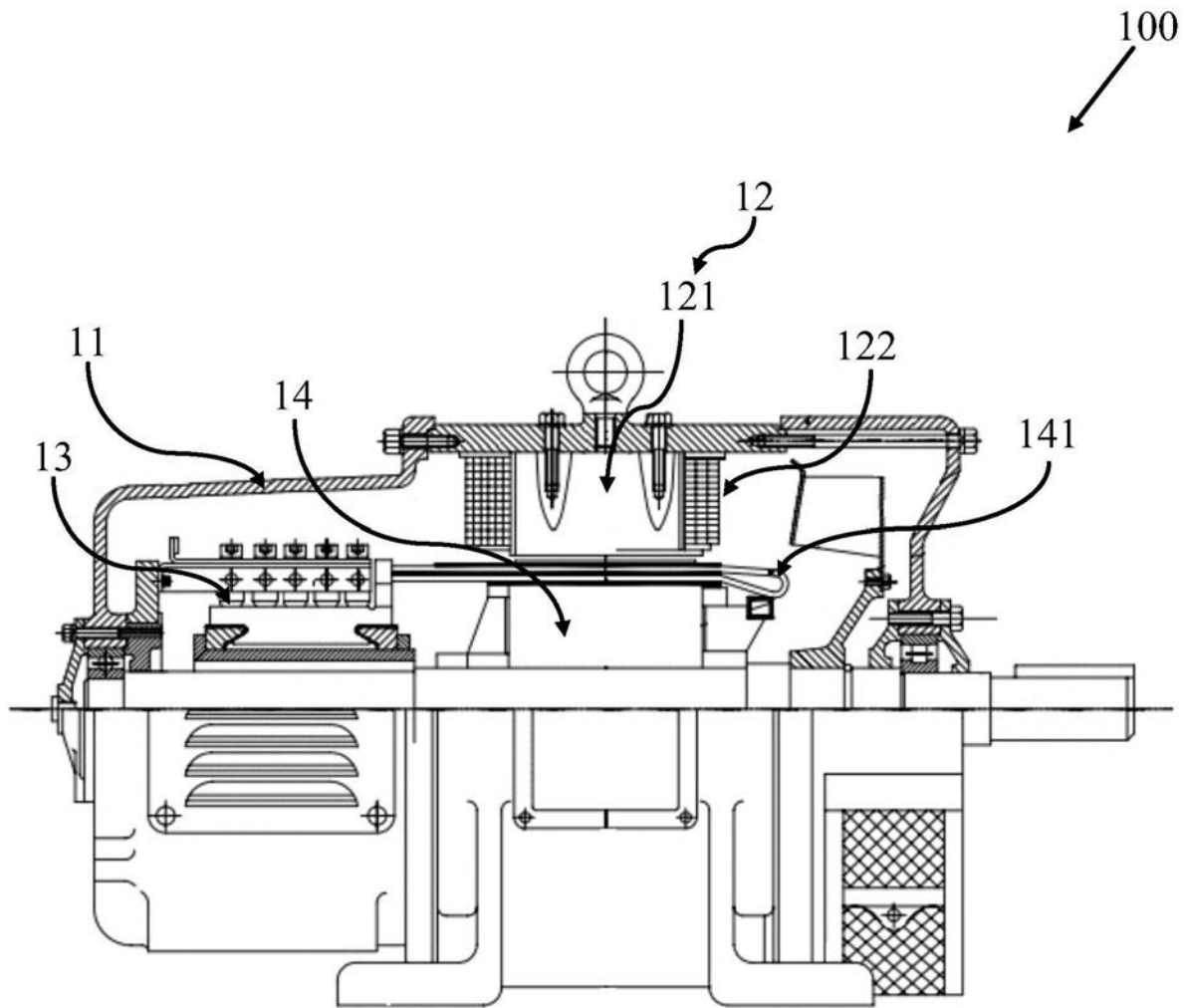


图1

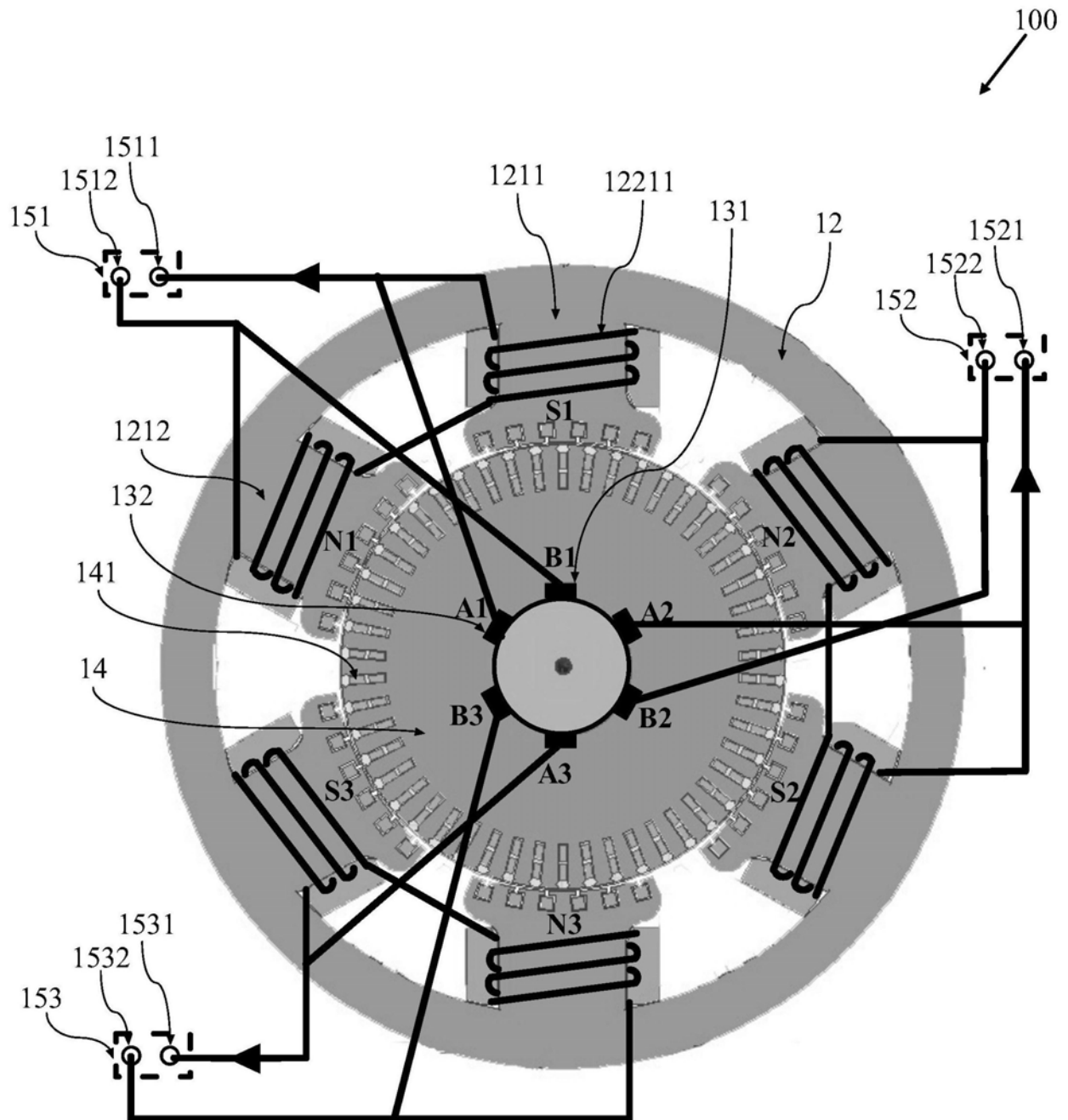


图2

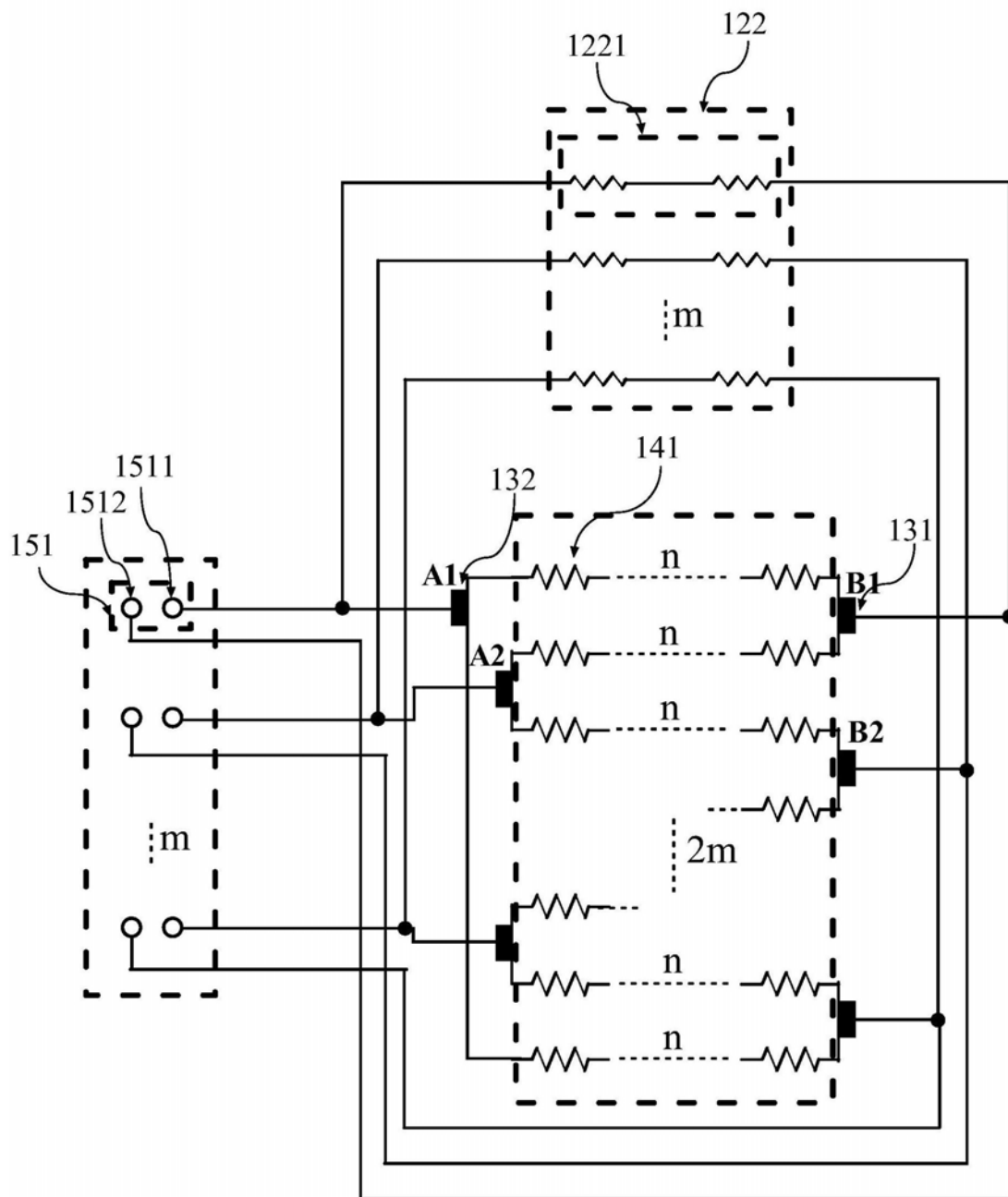


图3

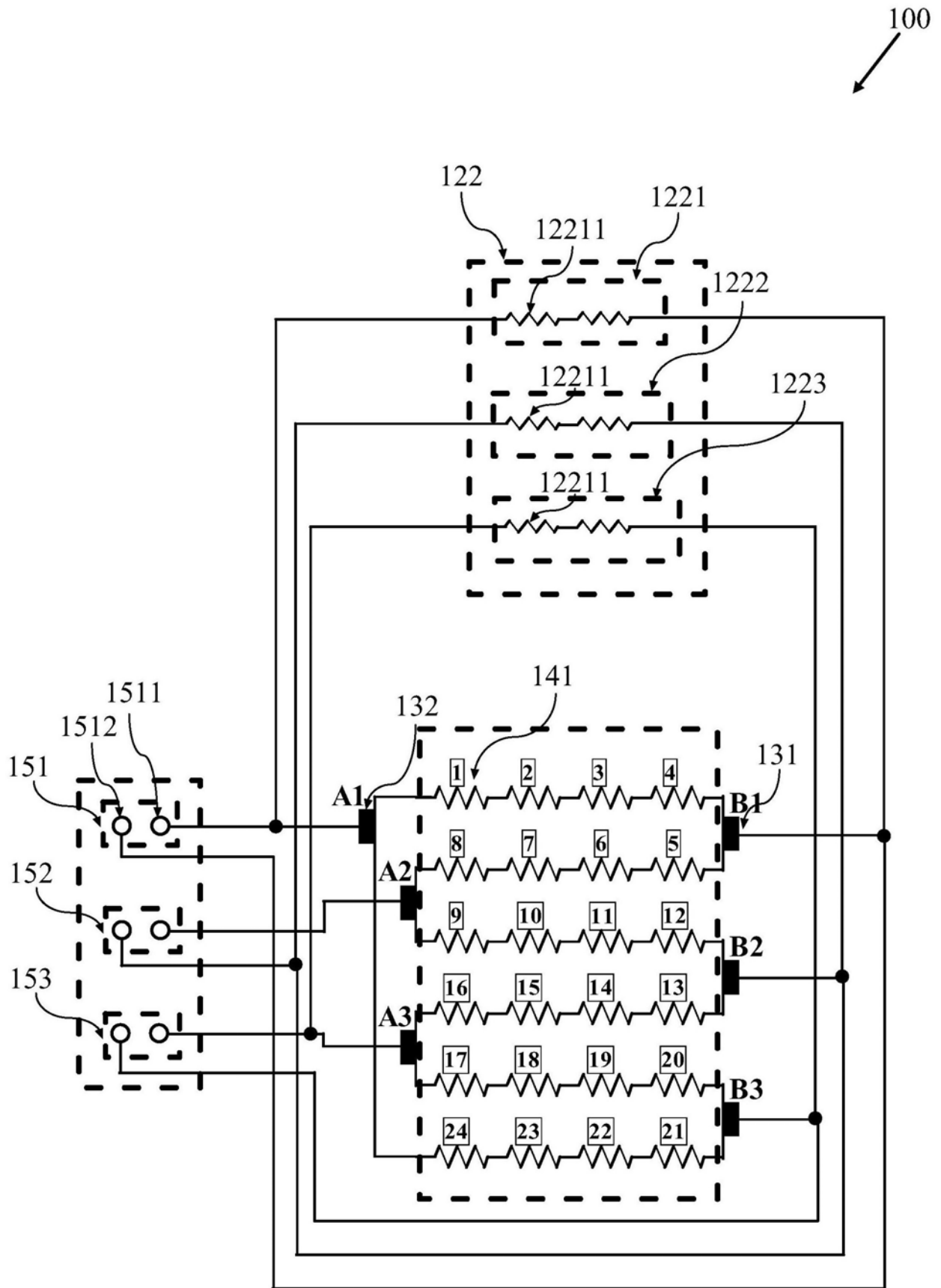


图4

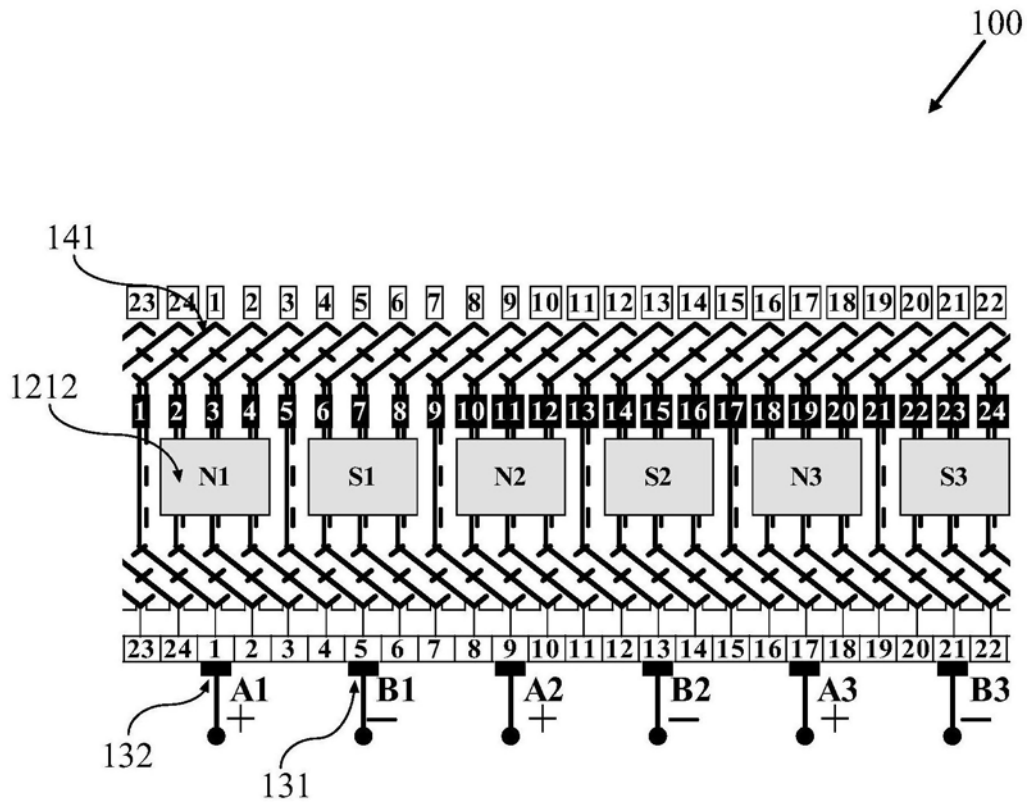


图5

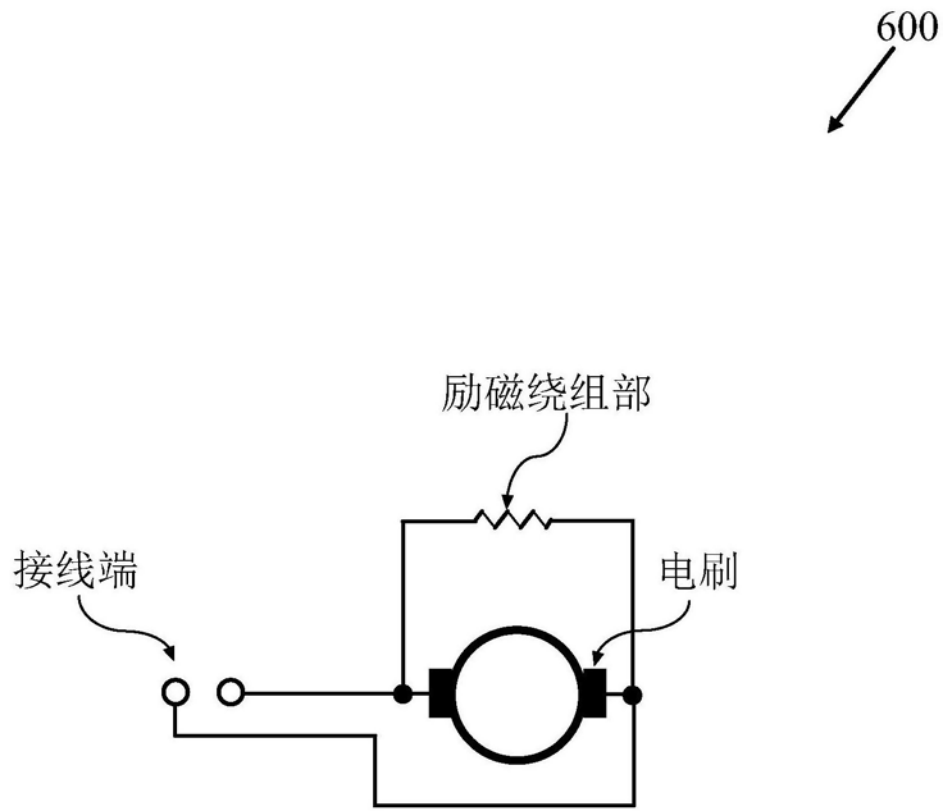


图6

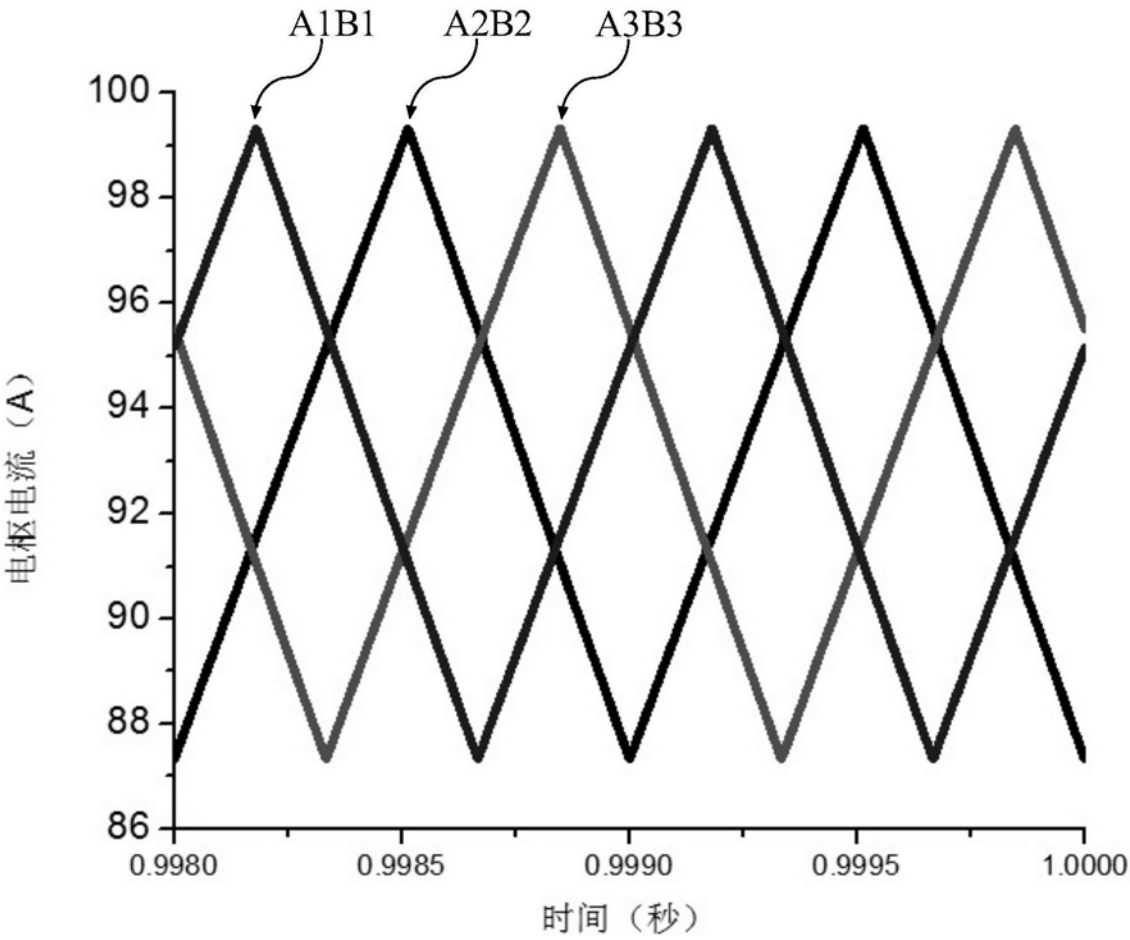


图7

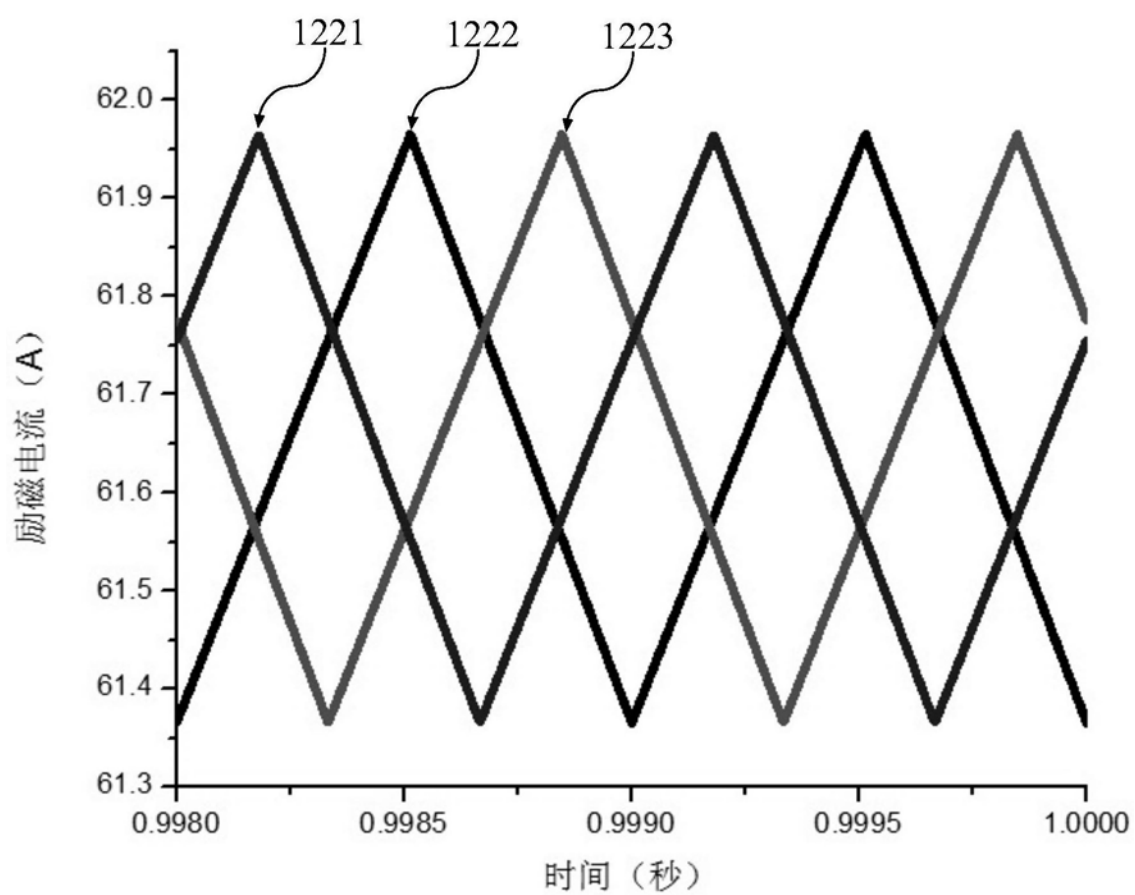


图8

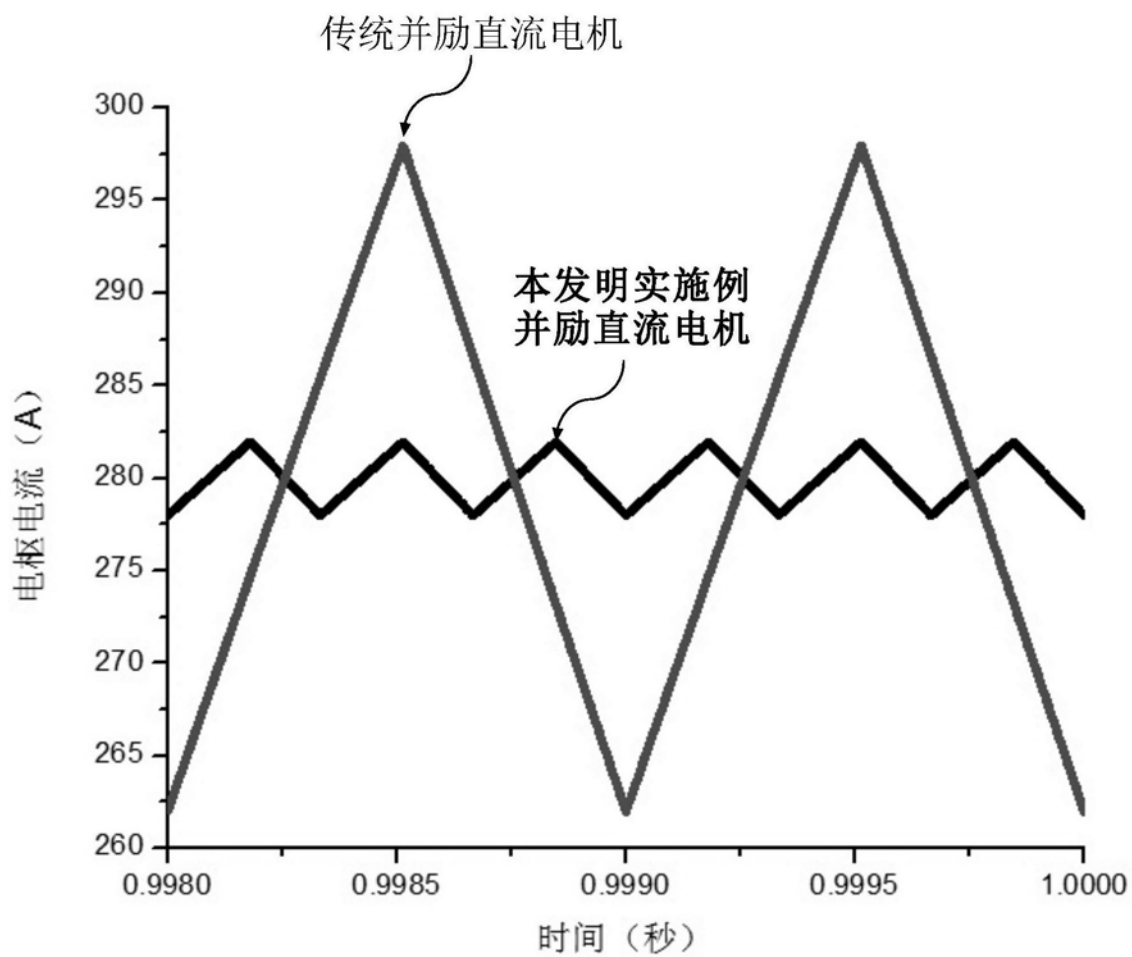


图9

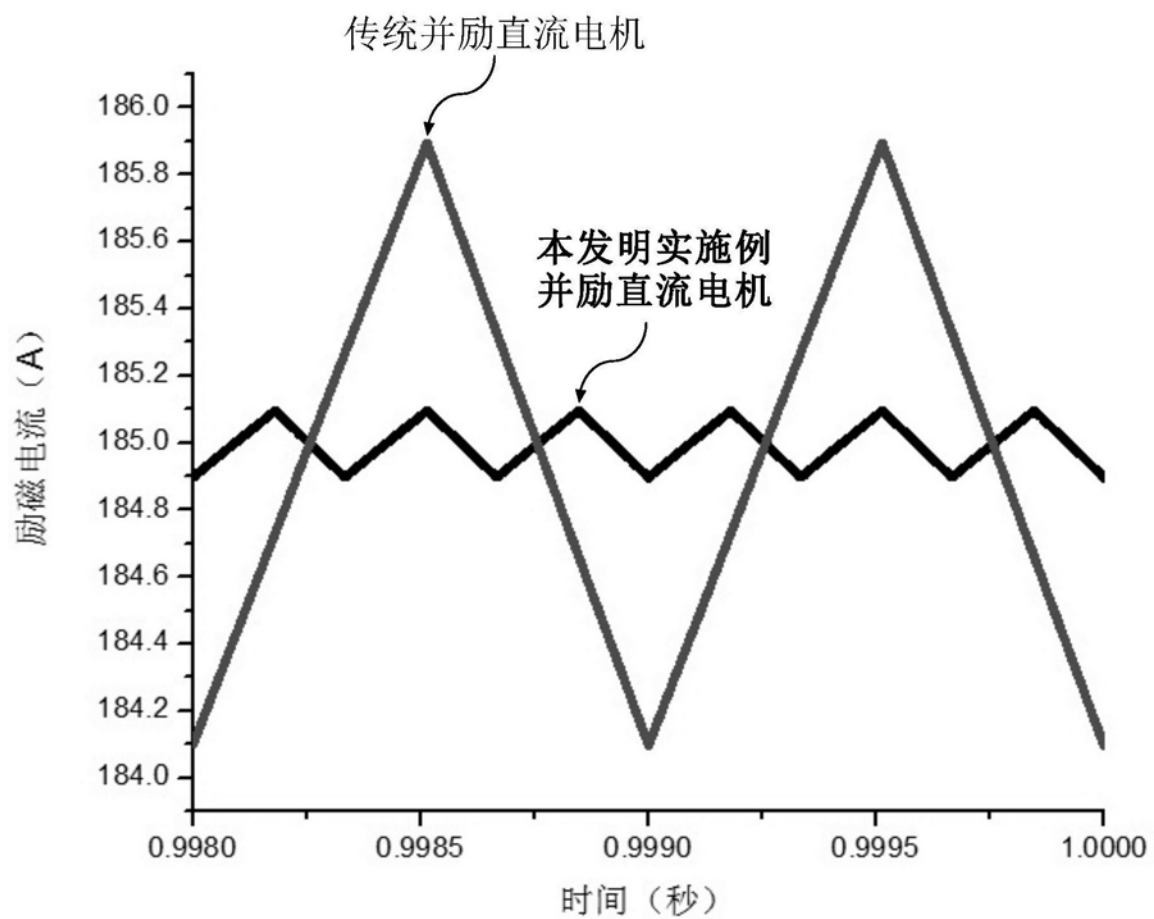


图10

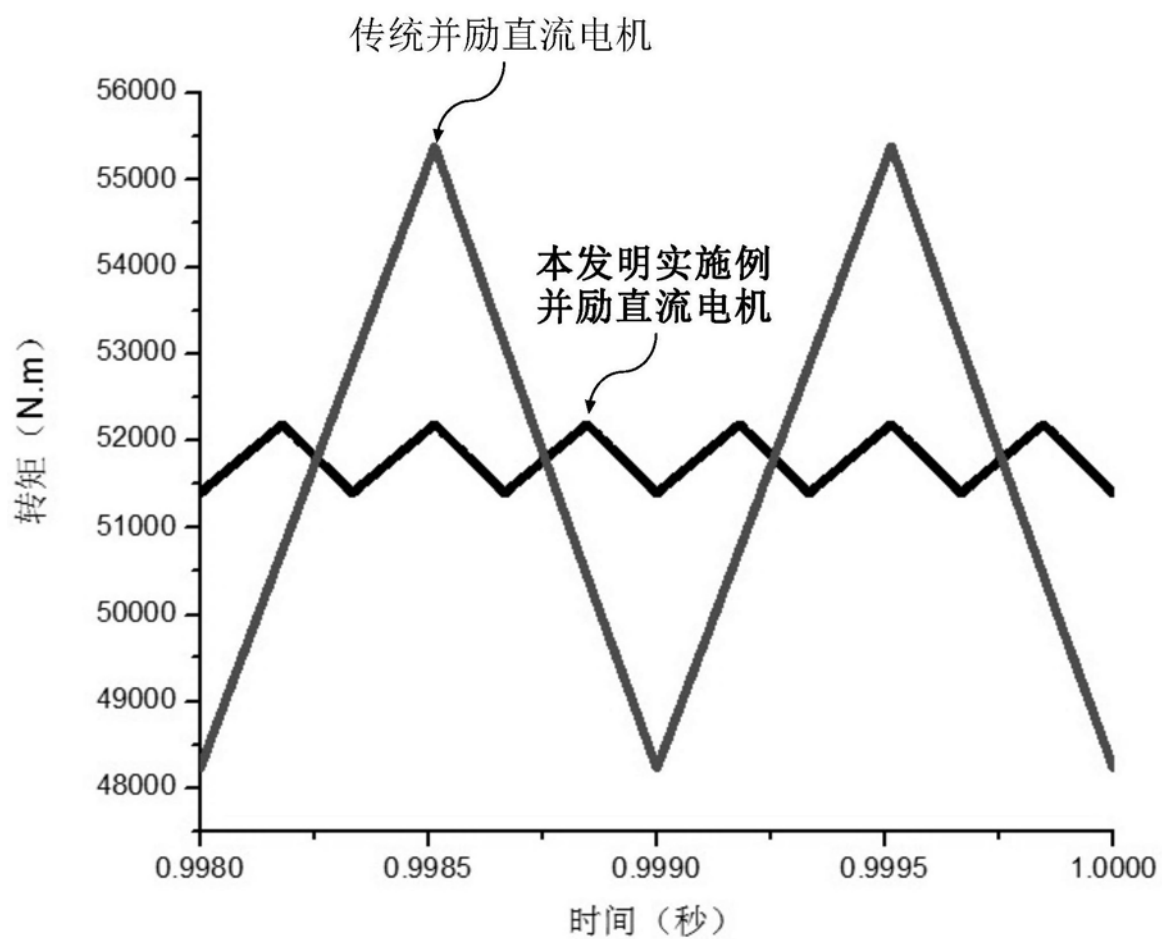


图11