(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108462274 B
(45)授权公告日 2022.01.04

(21)申请号 201810145080.8
(22)申请日 2018.02.12
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108462274 A
(43)申请公布日 2018.08.28
(30)优先权数据
15/435,777 2017.02.17 US
(73)专利权人 福特全球技术公司
地址 美国密歇根州迪尔伯恩市
(72)发明人 唐春 梁峰 吴畏
迈克尔·W·德格内尔
(74)专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限公司 11286
代理人 王秀君 鲁恭诚
(51)Int.Cl.
H02K 3/28(2006.01)
H02K 1/16(2006.01)
(56)对比文件
CN 104969448 A,2015.10.07
CN 102809440 A,2012.12.05
CN 202218072 U,2012.05.09
CN 101369751 A,2009.02.18
EP 1257040 A2,2002.11.13
US 2011043069 A1,2011.02.24
审查员 刘景辉

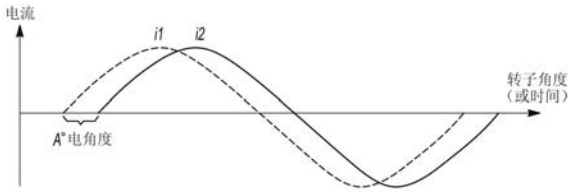
权利要求书1页 说明书4页 附图7页

(54)发明名称

具有减少了转矩波动的定子绕组的电机

(57)摘要

本公开涉及一种具有减少了转矩波动的定子绕组的电机。一种电机包括定子，所述定子承载两组多相绕组。所述两组多相绕组彼此电隔离并且具有与N次谐波的转矩波动对应的A°电角度的角空间位移。响应于具有A°电角度相移的电流流过所述两组多相绕组，产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消，以阻止N次谐波的转矩波动的形成。



CN 108462274 B

1.一种电机，包括：

定子，承载两组多相绕组，所述两组多相绕组彼此电隔离并且具有与转矩波动的N次谐波对应的A°电角度的角空间位移，使得：响应于具有A°电角度相移的电流流过所述两组多相绕组，产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消，以阻止转矩波动的N次谐波的形成，

其中，N的值是6的倍数，并且所述A°电角度的值等于180°与N的商。

2.根据权利要求1所述的电机，其中，所述定子磁场的基波阶次是同相的。

3.根据权利要求1所述的电机，其中，所述两组多相绕组被布置为单层构造。

4.根据权利要求1所述的电机，其中，所述两组多相绕组被布置为双层构造。

5.一种车辆动力传动系统，包括：

电机，被配置为向车轮提供推进力，并且包括承载两组多相绕组的定子，所述两组多相绕组彼此电隔离并且具有A°电角度的角空间位移，使得：响应于具有A°电角度相移的电流流过所述两组多相绕组，产生的定子磁场的基波阶次同相，并且产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消，以阻止转矩波动的N次谐波的形成，

其中，N的值是6的倍数，并且所述A°电角度的值等于180°与N的商。

6.根据权利要求5所述的车辆动力传动系统，其中，所述两组多相绕组被布置为单层构造。

7.根据权利要求5所述的车辆动力传动系统，其中，所述两组多相绕组被布置为双层构造。

8.根据权利要求5所述的车辆动力传动系统，其中，所述电机是48槽、4极的电机。

9.根据权利要求5所述的车辆动力传动系统，其中，每个多相绕组均为3相绕组。

10.一种电机，包括：

定子；

多组多相绕组，被缠绕在定子上以彼此电隔离且具有A°电角度的角空间位移，并且被配置为：响应于具有A°电角度相移的电流流过所述多组多相绕组，产生具有相互抵消的N±1次谐波的定子磁场，以阻止转矩波动的N次谐波的形成，

其中，N的值是6的倍数，并且所述A°电角度的值等于180°与N的商。

11.根据权利要求10所述的电机，其中，所述定子磁场的基波阶次是同相的。

12.根据权利要求10所述的电机，其中，所述多组多相绕组被布置为单层构造。

13.根据权利要求10所述的电机，其中，所述多组多相绕组被布置为双层构造。

具有减少了转矩波动的定子绕组的电机

技术领域

[0001] 本公开涉及电机的绕组构造。

背景技术

[0002] 混合动力电动车辆(HEV)和电池电动车辆(BEV)可包括向用于推进的牵引马达提供电力的牵引电池以及牵引电池与牵引马达之间的用于将直流(DC)电力转换为交流(AC)电力的电力逆变器。典型的AC牵引马达是三相马达,所述三相马达可由3个正弦信号提供电力,所述3个正弦信号中的每个以120度的相位分离被驱动。

发明内容

[0003] 一种电机包括定子,所述定子承载两组多相绕组,所述两组多相绕组彼此电隔离并且具有与N次谐波的转矩波动对应的A°电角度的角空间位移,使得:响应于具有A°电角度相移的电流流过所述两组多相绕组,产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消,以阻止N次谐波的转矩波动的形成。

[0004] 一种车辆动力传动系统包括向车轮提供推进力的电机。所述电机包括承载两组多相绕组的定子,所述两组多相绕组彼此电隔离并且具有A°电角度的角空间位移,使得:响应于具有A°电角度相移的电流流过所述两组多相绕组,产生的定子磁场的基波阶次同相,并且产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消,以阻止N次谐波的转矩波动的形成。

[0005] 一种电机包括定子和多组多相绕组。所述多组多相绕组被缠绕在定子上以彼此电隔离且具有A°电角度的角空间位移,并且被配置为:响应于具有A°电角度相移的电流流过所述多组多相绕组,产生具有相互抵消的N±1次谐波的定子磁场,以阻止N次谐波的转矩波动的形成。

附图说明

[0006] 图1是电机绕组的示图。

[0007] 图2是流过图1的绕组和相移A°电角度的对应电流的曲线图。

[0008] 图3A和图3B是由流过图1的绕组的电流引起的磁场的N-1次和N+1次谐波的对应矢量表示。

[0009] 图4是由流过图1的绕组的电流引起的磁场的基波分量的矢量表示。

[0010] 图5、图6和图7是其它电机绕组的示图。

[0011] 图8是车辆的示意图。

具体实施方式

[0012] 在此描述本公开的各个实施例。然而,应理解的是,所公开的实施例仅为示例,并且其它实施例可采用未被明确示出或描述的各种形式和替代形式。附图不必按比例绘制;可夸大或最小化一些特征以示出特定组件的细节。因此,在此公开的具体结构和功能细节

不应被解释为具有限制性，而仅仅作为用于教导本领域普通技术人员以多种形式利用本发明的代表性基础。如本领域普通技术人员将理解的，参照任一附图示出和描述的各种特征可与在一个或更多个其它附图中示出的特征组合，以产生未明确示出或描述的实施例。示出的特征的组合提供用于典型应用的代表性实施例。然而，与本公开的教导一致的特征的各种组合和变型可被期望用于特定的应用或实施方式。

[0013] 电机背景下的转矩波动可导致噪声和振动。传统的电机具有N次谐波的转矩波动，其中，N的值是6的倍数(6、12、18等)。由流过定子绕组的电流引起的定子磁场的N±1次谐波造成这种N次谐波的转矩波动。在此预期的绕组构造有利于消除定子磁场的N±1次谐波，以阻止N次谐波的转矩波动的形成，并使定子磁场的基波分量同相对齐(in-phase alignment)，以增大平均转矩。

[0014] 图1是用于单层、48槽、4极的电机(永磁电机等)的示例绕组构造。两组绝缘多相绕组(每组具有三相)以重复的二十四槽序列缠绕。多相绕组的组数由数字“1”和“2”表示。每组的相由字母“A”、“B”和“C”表示。相的极性由符号“+”和“-”表示。而且，承载所述两组绝缘多相绕组的定子由方框集合表示。这个惯例也被用在图5、图6和图7中。

[0015] 在多相绕组的对应相之间的A°电角度的角空间位移使得A°电角度的值等于180°和N的商。如以下进一步详细解释的，限定A°电角度的角空间位移与N次谐波的转矩波动之间的关系产生以下情况：如果流过多相绕组的电流也如图2所示地被相移A°电角度，则产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消以阻止N次谐波的转矩波动的形成。而且，产生的定子磁场的基波分量是同相的，以增大平均转矩。在图1的示例中，N等于6。换言之，N被选择以阻止6次谐波的转矩波动的形成。因此，A°电角度的值为30°电角度。

[0016] 图3A和图3B是与图1相关联的产生的定子磁场的N-1次谐波和N+1次谐波的对应矢量表示。图3A示出：作为根据关系式(N-1)*A的角空间位移的结果，其中一个磁场相对于另一磁场之间的角度移位到虚线位置，并且根据流过对应绕组的对应电流之间的相移使所述角度进一步移位，使得磁场之间的角度为180°。同样地，图3B示出：根据关系式(N+1)*A使两个磁场之间的角度移位到虚线的位置，并且根据对应电流之间的相移使所述角度进一步移位(但是以相反方向移位)，使得磁场之间的角度为180°。因此，产生的定子磁场的N±1次谐波相互抵消。这阻止了N次谐波的转矩波动的形成。

[0017] 图4是与图1相关联的产生的定子磁场的基波分量的矢量表示。尽管绕组之间的角空间位移的作用是使其中一个基波分量相对于另一基波分量之间的角度移位，但是对应的电流之间的相移抵消了所述移位，因此基波分量保持同相。这使平均转矩增大。

[0018] 图5是双层、48槽、4极的电机的示例绕组构造。两组绝缘多相绕组(每组具有三相)以重复的二十四槽序列缠绕(使得其中一组占据槽的外部(上排)并且另一套占据槽的内部(下排))。在图5的示例中，N等于6。因此，A°电角度的值为30°电角度。换言之，第一组绕组相对于第二组绕组位移30°电角度。

[0019] 图6是单层、48槽、4极的电机的示例绕组构造。两组绝缘多相绕组(每组具有三相)以重复的二十四槽序列缠绕。在图6的示例中，N等于12。因此，A°电角度的值为15°电角度。

[0020] 图7是双层、48槽、4极的电机的示例绕组构造。两组绝缘多相绕组(每组具有三相)以重复的二十四槽序列缠绕(使得其中一组占据槽的外部(上排)并且另一组占据槽的内部(下排))。在图7的示例中，N等于12。因此，A°电角度的值为15°电角度。换言之，第一组绕组

相对于第二组绕组位移15°电角度。

[0021] 在此预期的电机和绕组构造可被用于各种情境中。一种情境是汽车。为此，图8是插电式混合动力电动车辆(PHEV)10的示意图。车辆10包括如上所述的一个或更多个电机12，所述一个或更多个电机12机械连接到传动装置14。传动装置14机械连接到发动机16和驱动轴18，所述驱动轴18机械连接到车轮20。

[0022] 电机12作为马达或发电机运转。电机12可在发动机16启动或关闭时提供推进和减速的能力，并且可通过回收在摩擦制动系统中通常将作为热损失掉的能量来提供燃料经济性。电机12还可通过允许发动机16在更高效的转速下运转来减少车辆排放。

[0023] 牵引电池或电池组22储存可由电机12使用的能量。牵引电池22提供高电压直流(DC)输出，并且选择性地电连接到电力电子模块24。一个或更多个接触器26在断开时将牵引电池22与其它组件隔离，并且在闭合时将牵引电池22连接到其它组件。电力电子模块24还电连接到电机12，并提供在牵引电池22与电机12之间双向传输能量的能力。例如，牵引电池22可提供DC电压，而电机12利用三相交流电(AC)来运转。电力电子模块24将DC电压转换为三相AC电流，以操作电机12。在再生模式下，电力电子模块24将来自电机12的三相AC电流转换为与牵引电池22兼容的DC电压。

[0024] 车辆10还包括电连接在牵引电池22与电力电子模块24之间的可变电压转换器(VVC)28。VVC 28可以是被配置为增大或提升由牵引电池22提供的电压的DC/DC升压转换器。通过增大电压，可降低电流要求，从而使得电力电子模块24和电机12的接线尺寸减小。此外，电机12可以较高的效率和较低的损耗运转。

[0025] 牵引电池22除了提供用于推进的能量之外，还提供用于其它车辆电气系统的能量。车辆10还包括DC/DC转换器模块30，DC/DC转换器模块30将牵引电池22的高电压DC输出转换为与低电压车辆负载兼容的低电压DC供电。DC/DC转换器模块30的输出电连接至辅助电池32(例如，12V电池)，以用于对辅助电池32进行充电。低电压系统可电连接至辅助电池32。一个或更多个电气负载34连接至高电压总线。电气负载34可具有适时地操作和控制电气负载34的关联的控制器。电气负载34的示例包括风扇、电加热元件、空调压缩机等。

[0026] 车辆10被配置为通过外部电源36对牵引电池22进行再充电。外部电源36可连接到电插座。外部电源36电连接至充电器或电动车辆供电设备(EVSE)38。外部电源36可以是由公共电力公司提供的配电网络或电网。EVSE 38提供电路和控制件，以调节和管理电源36与车辆10之间的能量传输。外部电源36将DC电力或AC电力提供给EVSE 38。EVSE 38具有用于插入到车辆10的充电端口42中的充电连接器40。充电端口42可以是被配置为将电力从EVSE 38传输至车辆10的任何类型的端口。充电端口42电连接至充电器或车载电力转换模块44。电力转换模块44调节从EVSE 38供应的电力，以将适当的电压电平和电流电平提供给牵引电池22。电力转换模块44与EVSE 38接口连接，以协调对车辆10的电力传输。EVSE 38可具有与充电端口42的相应凹部紧密配合的插脚。可选地，被描述为电耦合或电连接的各种组件可使用无线感应耦合来传输电力。

[0027] 提供一个或更多个车轮制动器46以用于使车辆10减速且防止车辆10移动。车轮制动器46可以是液压致动的、电致动的或前述致动方式的某种组合。车轮制动器46是制动系统48的一部分。制动系统48可包括用于操作车轮制动器46的其它组件。为了简明，图8描绘了制动系统48与车轮制动器46中的一个之间的单个连接。隐含了制动系统48与其它车轮制

动器46之间的连接。制动系统48可包括用于监测与协调制动系统48的控制器。制动系统48监测制动组件并控制车轮制动器46以进行车辆减速。制动系统48对驾驶员命令做出响应，并且还可自主运转以实施诸如稳定性控制的功能。制动系统48的控制器可实施当被另一控制器或子功能请求时施加请求的制动力的方法。

[0028] 车辆10中的电子模块可经由一个或更多个车辆网络进行通信。车辆网络可包括用于通信的多个信道。车辆网络的一个信道可以是诸如控制器局域网(CAN)的串行总线。车辆网络的一个信道可包括由电气与电子工程师协会(IEEE)802标准族定义的以太网。车辆网络的其它信道可包括模块之间的离散连接，并且可包括来自辅助电池32的电力信号。不同的信号可通过车辆网络的不同信道进行传输。例如，视频信号可通过高速信道(例如，以太网)进行传输，而控制信号可通过CAN或者离散信号进行传输。车辆网络可包括协助在模块之间传输信号和数据的任何硬件组件和软件组件。尽管车辆网络未在图8中被示出，但是可以隐含了车辆网络可连接到车辆10中存在的任何电子模块。可存在车辆系统控制器(VSC)50，以协调各个组件的操作。

[0029] 虽然以上描述了示例性实施例，但是并不意在这些实施例描述了权利要求所涵盖的所有可能形式。单个逆变器可被用于驱动多组绕组，或者对应的逆变器可被用于驱动对应组的绕组。详细讨论了四种不同的绕组构造。然而，也可预期其它绕组构造，例如，对应于N＝18且A°电角度＝10°电角度的双层绕组构造。此外，除了48槽、4极以外的构造也是可行的。

[0030] 说明书中使用的词语为描述性词语而非限制性词语，并且应理解的是，可在不脱离本公开和权利要求的精神和范围的情况下做出各种改变。如前所述，各个实施例的特征可被组合，以形成可能未被明确描述或示出的进一步的实施例。尽管各个实施例可能已被描述为提供优点或者在一个或更多个期望的特性方面优于其它实施例或现有技术的实施方式，但是本领域普通技术人员应该认识到，一个或更多个特征或特性可被折衷，以实现期望的整体系统属性，期望的整体系统属性取决于具体的应用和实施方式。这些属性可包括但不限于成本、强度、耐久性、生命周期成本、可销售性、外观、包装、尺寸、可维护性、重量、可制造性、装配容易性等。因此，被描述为在一个或更多个特性方面不如其它实施例或现有技术的实施方式的实施例并不在本公开的范围之外，并且可被期望用于特定应用。

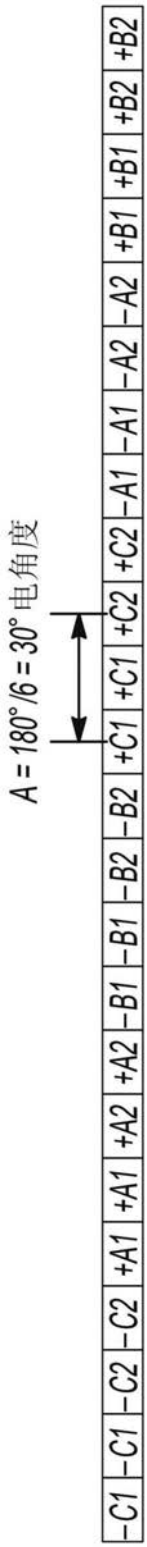

-C1
-C1
-C2
-C2
+A1
+A1
+A2
+A2
-B1
-B1
-B2
-B2
-B2
+C1
+C1
+C2
+C2
+C2
-A1
-A1
-A2
-A2
-A2
+B1
+B1
+B2
+B2
+B2
A = 180°/6 = 30° 电角度

图1

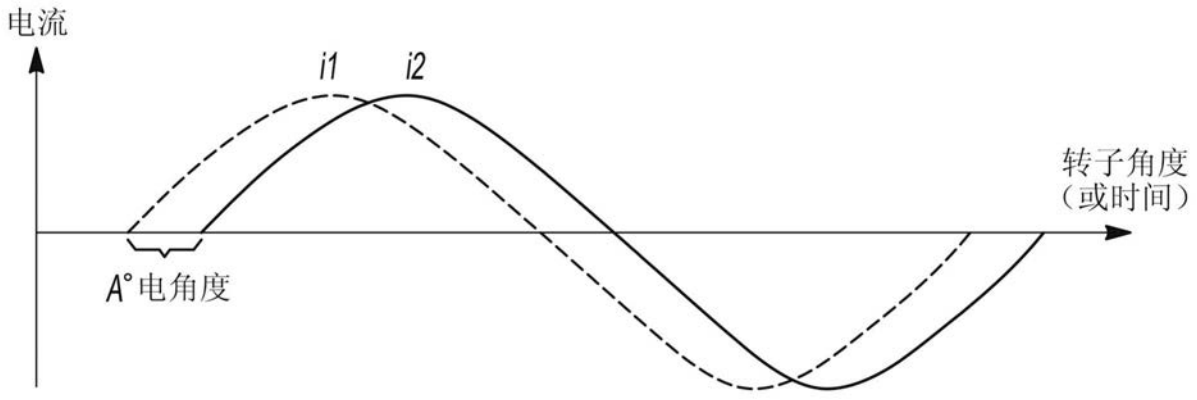

电流
i1
i2
转子角度
（或时间）
A°电角度

图2

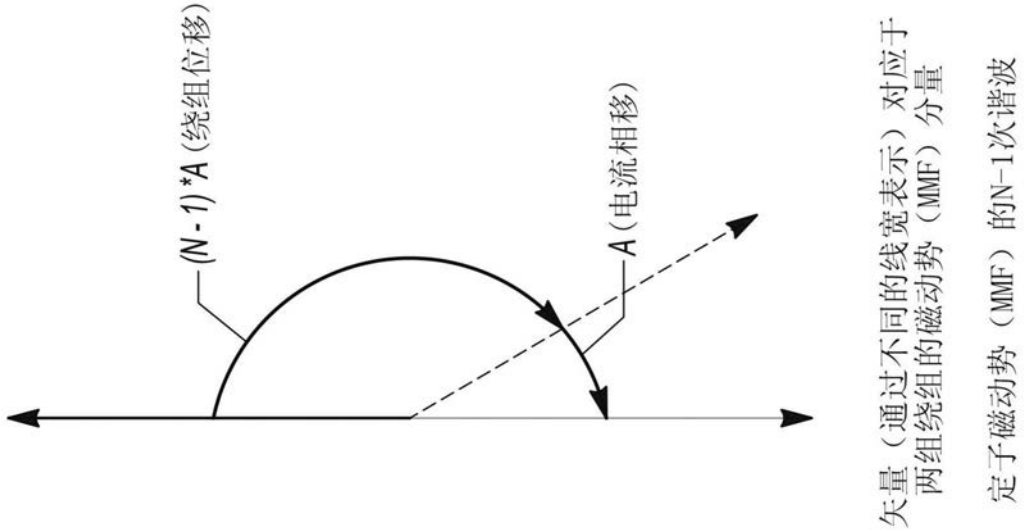

(N - 1) *A (绕组位移)
A (电流相移)
矢量（通过不同的线宽表示）对应于
两组绕组的磁动势（MMF）分量
定子磁动势（MMF）的N-1次谐波

图3A

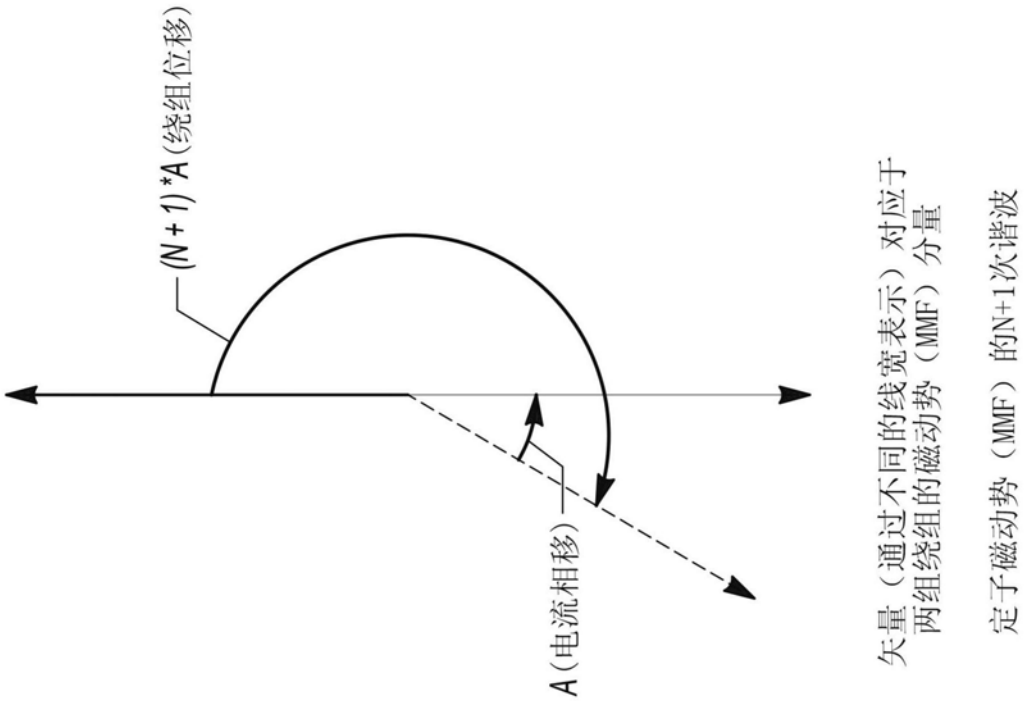
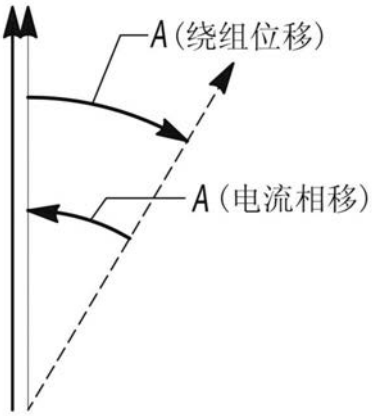


图3B



矢量（通过不同的线宽表示）对应于
两组绕组的磁动势（MMF）分量

定子磁动势（MMF）的基波分量

图4

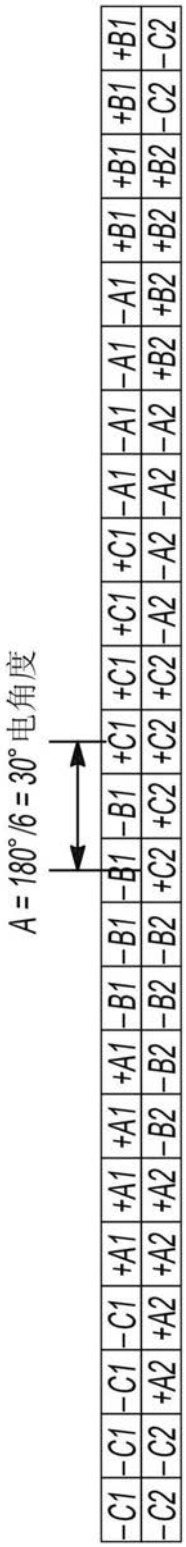

A = 180°/6 = 30° 电角度
-C1 -C1 -C1 -C1 +A1 +A1 +A1 +A1 -B1 -B1 -B1 -B1 +C1 +C1 +C1 +C1 -A1 -A1 -A1 -A1 +B1 +B1 +B1 +B1
-C2 -C2 +A2 +A2 +A2 +A2 -B2 -B2 -B2 -B2 +C2 +C2 +C2 +C2 -A2 -A2 -A2 -A2 +B2 +B2 +B2 +B2 -C2 -C2

图5

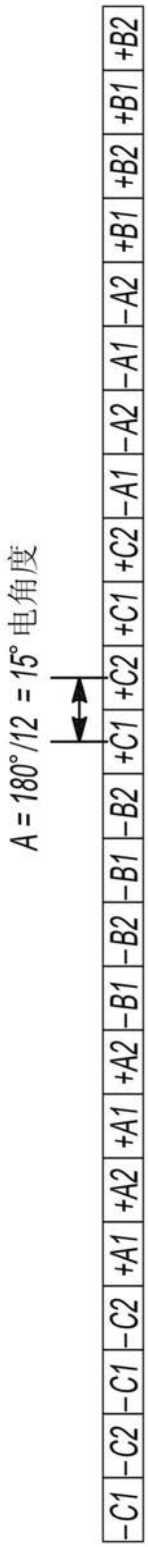

-C1
-C2
-C1
-C2
+A1
+A2
+A1
+A2
-B1
-B2
-B1
-B2
+C1
+C2
+C1
+C2
-A1
-A2
-A1
-A2
+B1
+B2
+B1
+B2
A = 180°/12 = 15° 电角度

图6

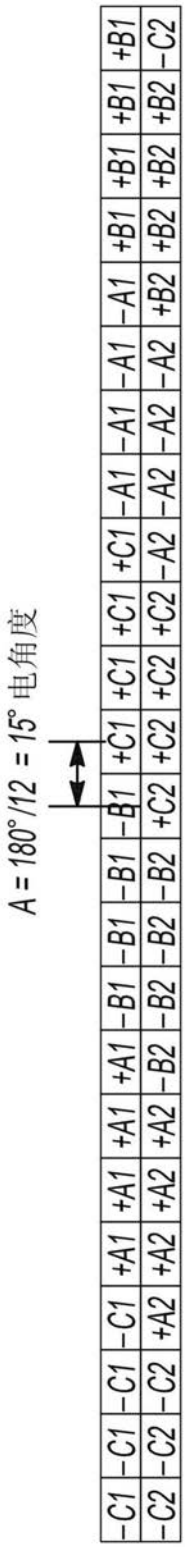

A = 180°/12 = 15° 电角度
-C1 -C1 -C1 -C1 +A1 +A1 +A1 +A1 -B1 -B1 -B1 -B1 +C1 +C1 +C1 +C1 -A1 -A1 -A1 -A1 +B1 +B1 +B1 +B1
-C2 -C2 -C2 +A2 +A2 +A2 +A2 -B2 -B2 -B2 +C2 +C2 +C2 -A2 -A2 -A2 +B2 +B2 +B2 -C2

图7

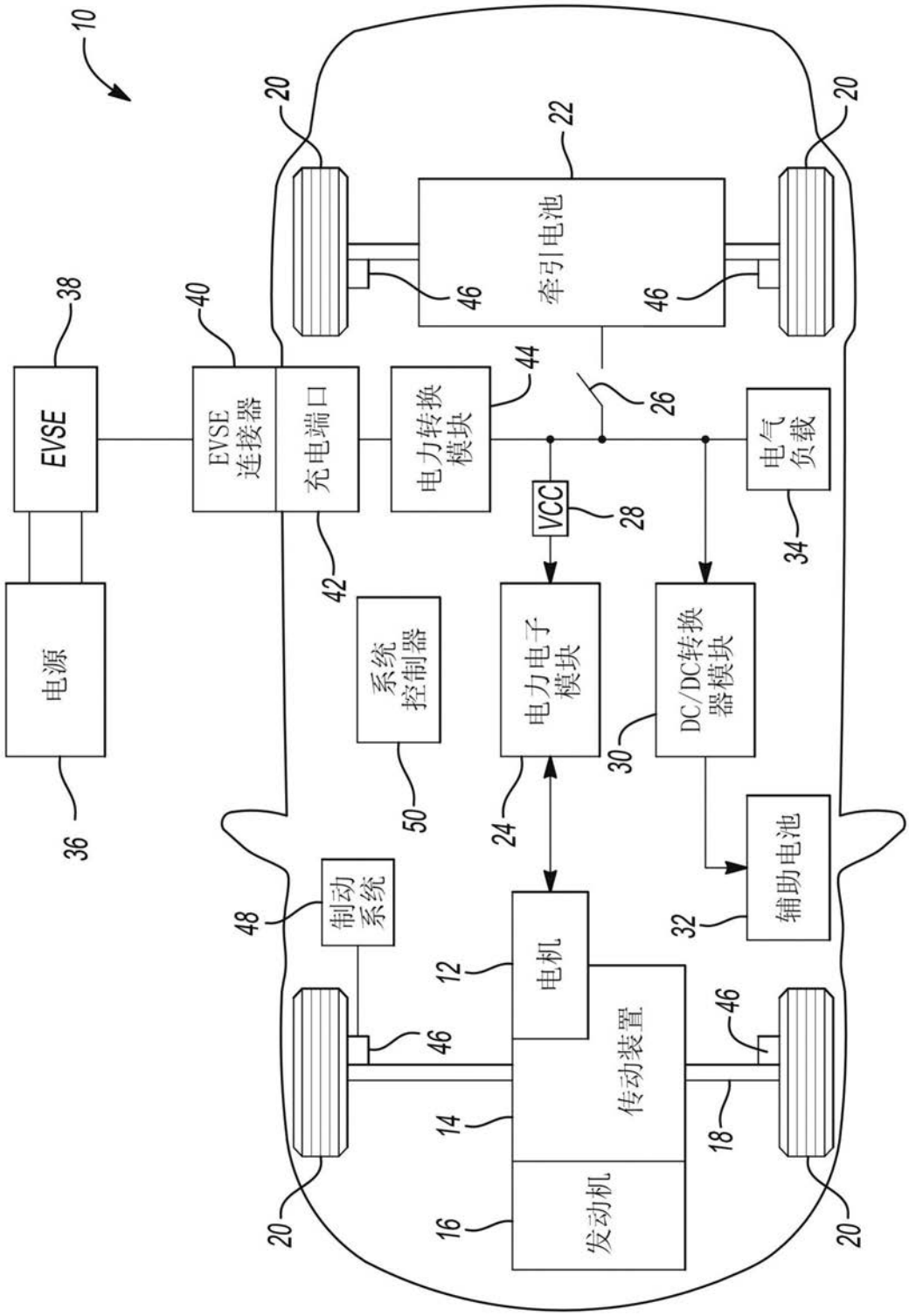

10
20
22
牵引电池
46
38
40
EVSE
EVSE
连接器
充电端口
电力转换
模块
44
26
电气
负载
VCC
28
34
42
电源
系统
控制器
电力电子
模块
DC/DC转换
器模块
30
36
50
24
制动
系统
48
辅助电池
32
电机
12
传动装置
14
发动机
16
18

图8