



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101657962 B

(45) 授权公告日 2012. 12. 05

(21) 申请号 200880007971. 1

H02K 16/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2008. 02. 26

H02P 27/04 (2006. 01)

H02K 21/24 (2006. 01)

(30) 优先权数据

105560/2007 2007. 04. 13 JP

(56) 对比文件

EP 1508955 A1, 2003. 05. 26, 说明书第

0111-0112 段、图 3、图 13.

(85) PCT 申请进入国家阶段日

2009. 09. 11

US 2007/0046124 A1, 2007. 03. 01, 说明书第

0027 段、图 2、图 3、图 13.

(86) PCT 申请的申请数据

PCT/JP2008/053279 2008. 02. 26

US 5864197 A, 1999. 01. 26, 说明书第 10 栏

第 25 行至 33 行、图 1、图 2、图 10、图 12.

(87) PCT 申请的公布数据

W02008/129904 JA 2008. 10. 30

US 2007/0046124 A1, 2007. 03. 01, 说明书第

0027 段、图 2、图 3、图 13.

(73) 专利权人 本田技研工业株式会社

地址 日本东京都

JP 特开平 5-236714 A, 1993. 09. 10, 全文.

US 6049149 A, 2000. 04. 11, 全文.

(72) 发明人 新博文

审查员 查洁立

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 李贵亮

(51) Int. Cl.

H02P 6/08 (2006. 01)

H02P 21/00 (2006. 01)

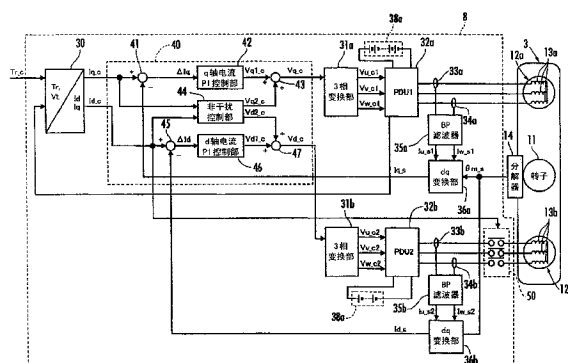
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 5 页

(54) 发明名称

电动机的控制装置

(57) 摘要

一种轴向间隙型电动机 (3) 的控制装置, 具备具有永久磁铁的转子 (11)、和在转子 (11) 的旋转轴心方向上经转子 (11) 相对设置的第 1 定子 (12a) 和第 2 定子 (12b), 其中, 控制装置具备通电控制部件 (8), 向第 1 定子 (12a) 的电枢绕组 (13a) 提供使之产生旋转驱动转子 (11) 的磁场之转矩电流 (I_q), 并且向第 2 定子 (12b) 的电枢绕组 (13b) 提供增强转子 (11) 的永久磁铁产生的磁通之磁场电流 ($+I_d$) 或减弱该磁通的磁场电流 ($-I_d$)。由此, 可扩大轴向间隙型电动机的可控制范围, 使轴向间隙型电动机以更高旋转、更高转矩动作。



1. 一种电动机的控制装置,是具备具有永久磁铁的转子、和在该转子的旋转轴心方向上隔着该转子相对设置的第 1 定子和第 2 定子的轴向间隙型的电动机的控制装置,其特征在于具备:

切换开关,将所述第 2 定子的电枢绕组与该第 2 定子的电枢绕组的驱动电路间切换为导通状态或截断状态;和

通电控制部件,向所述第 1 定子的电枢绕组提供使其产生旋转驱动所述转子的磁场的转矩电流,并且向所述第 2 定子的电枢绕组提供增强所述转子的永久磁铁产生的磁通的磁场电流或减弱该磁通的磁场电流,所述通电控制部件在不向所述第 2 定子的电枢绕组提供产生使所述转子的永久磁铁的磁通减弱的磁通的磁场电流和产生使所述转子的永久磁铁的磁通增强的磁通的磁场电流时,利用所述切换开关,将所述第 2 定子的电枢绕组与所述第 2 定子的电枢绕组的驱动电路之间变为截断状态。

2. 一种电动机的控制装置,电动机的控制装置,是具备具有永久磁铁的转子、和在该转子的旋转轴心方向上隔着该转子相对设置的第 1 定子和第 2 定子的轴向间隙型的电动机的控制装置,其特征在于具备:

端子间电压检测部件,其检测所述第 1 定子的电枢绕组的端子间电压;

检测所述电动机的转速的转速检测部件;和

通电控制部件,其向所述第 1 定子的电枢绕组提供使其产生旋转驱动所述转子的磁场的转矩电流,并且向所述第 2 定子的电枢绕组提供增强所述转子的永久磁铁产生的磁通的磁场电流或减弱该磁通的磁场电流,当所述转子旋转时所述第 1 定子的电枢绕组的端子间电压为规定电压以上时,向所述第 2 定子的电枢绕组提供产生使所述转子的永久磁铁的磁通减弱的磁通的所述磁场电流,

所述通电控制部件将切换各相电枢绕组输入部的向高电位侧的导通与截断的第 1 开关元件、与切换各相电枢绕组输入部的向低电位侧的导通与截断的第 2 开关元件设置在所述第 2 定子的每个相上,构成所述第 2 定子的驱动电路,

在所述转子旋转时所述第 1 定子的电枢绕组的端子间电压为规定电压以上、且所述电动机的转速为规定转速以上时,使所述各第 1 开关元件与所述各第 2 开关元件均为 OFF 状态;或使所述各第 1 开关元件为 ON 状态,所述各第 2 开关元件为 OFF 状态;或使所述各第 1 开关元件为 OFF 状态,所述各第 2 开关元件为 ON 状态。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的电动机的控制装置,其特征在于:

将所述第 1 定子与所述第 2 定子的磁路截面积设定为相同。

电动机的控制装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种轴向间隙型电动机的控制装置。

背景技术

[0002] 以前已知具备具有永久磁铁的转子、在该转子的旋转轴心方向上设置在该转子两侧的 2 个定子、和安装在各定子上的电枢的轴向间隙型电动机（例如参照特开平 10-271784 号公报、特开 2001-136721 号公报）。根据这种轴向间隙型电动机，可在缩短电动机在转子轴向上的长度的同时，发生较高的输出转矩。

[0003] 就上述现有电动机而言，轴向间隙型电动机的通电控制通过通电到配置于转子两侧的两个定子的电枢绕组，可降低定子的电枢绕组引起的磁通泄漏，使电动机的输出转矩增大。

[0004] 另外，若使轴向间隙型电动机的输出转矩增大、轴向间隙型电动机的转速增加，则电动机的端子间产生的感应电压变大，该感应电压与对电枢绕组的施加电压之差缩小。因此，可提供给电动机的电流减少，不能控制电动机。

发明内容

[0005] 因此，本发明的目的在于提供一种电动机的控制装置，可扩大轴向间隙型电动机的可控制范围，使轴向间隙型电动机以更高旋转、更高转矩动作。

[0006] 本发明为了实现上述目的而做出，是一种轴向间隙（axial gap）型电动机的控制装置，具备具有永久磁铁的转子、和沿该转子的旋转轴心方向隔着该转子相对设置的第 1 定子和第 2 定子，其特征在于，具备通电控制部件，向所述第 1 定子的电枢绕组提供使之产生旋转驱动所述转子的磁场之转矩电流的，并且向所述第 2 定子的电枢绕组提供增强所述转子的永久磁铁产生的磁通之磁场电流或减弱该磁通的磁场电流。

[0007] 根据所述本发明，所述通电控制部件当向所述第 1 定子的电枢绕组提供所述转矩电流、旋转驱动所述转子时，通过向所述第 2 定子的电枢绕组提供增强所述转子的永久磁铁产生的磁通的磁场电流，可扩大所述电动机的可控制范围的输出转矩的上限。另外，通过向所述第 2 定子的电枢绕组提供减弱所述转子的永久磁铁产生的磁通的磁场电流，可使所述第 1 定子的电枢绕组端子间产生的感应电压减少，可扩大所述电动机的可控制范围的转速上限。

[0008] 另外，其特征在于，所述通电控制部件将所述电动机变换处理为具有所述转子磁场方向、即 d 轴上的电枢、和与 d 轴正交的 q 轴上的电枢的 2 相直流 d-q 坐标系的等价电路，作为所述转矩电流，向 q 轴上的电枢绕组提供电流，作为所述磁场电流，向 d 轴上的电枢绕组提供电流。

[0009] 根据所述本发明，由于 d 轴电枢与 q 轴电枢在物理上分离构成，所以可设所述第 1 定子的规格有利于转矩输出，并且，设所述第 2 定子的规格有利于磁场减弱或磁场增强。另外，通过如此单独设定所述第 1 定子与所述第 2 定子的规格，可整体提高所述电动机的运转

效率。

[0010] 另外,其特征在于,所述通电控制部件在所述电动机的输出转矩的要求值为规定值以上时,向所述第2定子的电枢绕组提供产生增强所述转子的永久磁铁产生的磁通之磁通的所述磁场电流。

[0011] 根据所述本发明,在所述电动机的输出转矩的要求值为所述规定值以上时,通过所述通电控制部件,向所述第2定子的电枢绕组提供增强所述转子永久磁铁产生的磁通之所述磁场电流。另外,由此可使所述转子与所述第1定子的间隙间的磁通增大,使所述电动机的输出转矩增大。

[0012] 另外,其特征在于,具备端子间电压检测部件,检测所述第1定子的电枢绕组的端子间电压,所述通电控制部件当所述转子旋转时所述第1定子的电枢绕组的端子间电压为规定电压以上时,向所述第2定子的电枢绕组提供产生减弱所述转子的永久磁铁磁通之磁通的所述磁场电流。

[0013] 根据所述本发明,在所述转子旋转时所述第1定子的电枢绕组的端子间电压变为所述规定电压以上时,利用所述通电控制部件,向所述第2定子的电枢绕组提供产生减弱所述转子的永久磁铁磁通之磁通的所述磁场电流。另外,由此可使所述转子与所述第1定子的间隙间磁通减少,抑制所述第1定子的电枢绕组的端子间电压上升,维持可从所述第1定子的驱动电路向所述第1定子的电枢绕组提供所述转矩电流的状态。

[0014] 另外,其特征在于,具备切换开关,将所述第2定子的电枢绕组与该第2定子的电枢绕组的驱动电路间切换为导通状态或截断状态,所述通电控制部件在不向所述第2定子的电枢绕组提供产生减弱所述转子的永久磁铁磁通之磁通的磁场电流和产生增强所述转子的永久磁铁磁通之磁通的磁场电流时,利用所述切换开关,将所述第2定子的电枢绕组与所述第2定子的电枢绕组的驱动电路之间变为截断状态。

[0015] 根据所述本发明,所述通电控制部件在不向所述第2定子的电枢绕组提供增强所述转子磁通的磁场电流和减弱所述转子的磁通的磁场电流时,利用所述切换开关,将所述第2定子的电枢绕组与所述第2定子的电枢绕组的驱动电路之间变为截断状态。由此,可以不向所述第2定子的电枢绕组提供磁场电流,使所述第2定子的电枢绕组的通电量为0,所以可使对所述电动机的供电减少。

[0016] 另外,其特征在于,具备检测所述电动机的转速的转速检测部件,所述通电控制部件在所述转子旋转时所述第1定子的电枢绕组的端子间电压为规定电压以上、且所述电动机的转速为规定转速以上时,构成所述第2定子的驱动电路,对所述第2定子的每个相设置,使切换各相电枢绕组输入部向高电位侧的导通与截断的第1开关元件、与切换各相电枢绕组输入部向低电位侧的导通与截断的第2开关元件均为OFF状态,或使所述各第1开关元件为ON状态,所述各第2开关元件为OFF状态,或使所述各第1开关元件为OFF状态,所述各第2开关元件为ON状态。

[0017] 根据所述本发明,细节如后所述,但在所述转子旋转时所述第1定子的电枢绕组的端子间电压为规定电压以上、且所述电动机的转速为所述规定转速以上时,所述通电控制部件设所述各第1开关元件为ON状态,所述各第2开关元件为OFF状态,或设所述各第1开关元件为OFF状态,所述第2开关元件为ON状态。由此,细节如后所述,但与向所述第2定子的电枢绕组提供磁场电流的情况一样,可利用因所述第2定子的电枢绕组中产生的感

应电压而流过的电流,产生减弱所述转子的永久磁铁磁通之效果。因此,可使提供给所述电动机的功率减少。

[0018] 另外,其特征在于,个别地具备用于向所述第 1 定子的电枢绕组提供所述转矩电流的第 1 电源、和用于向所述第 2 定子的电枢绕组提供所述磁场电流的第 2 电源,所述第 2 电源的输出电压设定得比所述第 1 电源的输出电压低。

[0019] 根据所述本发明,向所述第 2 定子的电枢绕组提供用于减弱或用于增强所述转子的永久磁铁产生的磁通之较小的所述磁场电流,不提供用于旋转驱动所述转子的大电流。因此,可将所述第 2 电源的输出电压设定得比所述第 1 电源的输出电压低。另外,由此可降低所述第 2 电源与所述第 2 定子的电枢绕组和所述第 2 定子的电枢绕组驱动电路的耐压规格,所以可简化这些绝缘构造,实现容积的小型化与成本降低。

[0020] 另外,其特征在于,所述第 1 定子的电枢绕组的匝数设定得比所述第 2 定子的电枢绕组的匝数少。

[0021] 根据所述本发明,就所述第 1 定子的电枢绕组而言,可增大提供所述转矩电流而产生的转矩,就所述第 2 定子的电枢绕组而言,可提高减弱提供所述磁场电流而产生的所述转子的磁通的效果和增强该磁通的效果。

[0022] 另外,其特征在于,将所述第 1 定子与所述第 2 定子的磁路截面积设定为相同。

[0023] 根据所述本发明,由于所述第 1 定子与所述第 2 定子的磁路电阻大致相同,所以可提高减弱向所述第 2 定子的电枢绕组提供所述磁场电流引起的所述转子的永久磁铁产生的磁通之效果及增强该磁通的效果。

附图说明

[0024] 图 1 是搭载本发明电动机的控制装置的车辆构成图。

[0025] 图 2 是轴向间隙型电动机的构造说明图。

[0026] 图 3 是第 1 定子和第 2 定子中的电枢绕组的安装状态说明图。

[0027] 图 4 是表示电动机的控制装置的功能构成框图。

[0028] 图 5 是电动机的驱动电路的构成图。

[0029] 图 6 是比较执行磁场减弱控制的情况与设为 3 相短路状态的情况的说明图。

具体实施方式

[0030] 参照图 1- 图 6 来说明本发明的一实施方式。

[0031] 首先,参照图 1,说明搭载本实施方式电动机的车辆的示意构成。图 1 是表示该车辆的示意构成图。

[0032] 本实施方式的车辆 1 是平行型混合动力车辆,具备内燃机(发动机)2 与电动机 3,分别作为车辆 1 的主要推进力发生源、辅助推进力发生源。电动机 3 的细节如后所述,是具备转子 11 与第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 的轴向间隙型电动机。电动机 3 中配备作为检测该转子 11 的旋转角度的旋转角度检测部件之分解器(resolver)14。

[0033] 内燃机 2 的输出轴 2a 同轴直接连结于与电动机 3 的转子 11 一体自由旋转的旋转轴 3a 上。也可经减速机等动力传递机构来连接内燃机 2 的输出轴 2a 与电动机 3 的旋转轴 3a。这些输出轴 2a 和旋转轴 3a 经离合器 4 连接于变速器 5 的输入侧。变速器 5 的输出侧

经差速齿轮单元 6 连接于车辆 1 的驱动轮 7、7。

[0034] 在该车辆 1 中,内燃机 2 的输出转矩或向内燃机 2 附加了电动机 3 的输出转矩(动力转矩)的转矩作为车辆 1 的推进力,经离合器 4、变速器 5 和差速齿轮单元 6 传递到驱动轮 7、7。由此,车辆 1 行走。另外,电动机 3 也能够利用从驱动轮 7、7 侧传递到电动机 3 的车辆 1 的运动能量来执行该电动机 3 的发电,同时执行向作为电动机 3 的电源的蓄电池(省略图示)充电该发电能量的再生运转。该再生运转时该电动机 3 发生的再生转矩用作车辆 1 的制动力。

[0035] 另外,车辆 1 具备执行电动机 3 的动作控制的控制装置 8。从所述分解器 14 向该控制装置 8 输入转子 11 的旋转角度检测值 θ_{m_s} ,并且,向该控制装置 8 输入作为电动机 3 的输出转矩要求值的转矩指令值 Tr_c 。转矩指令值 Tr_c 由承担车辆 1 的统一运转控制的车辆运转控制装置(省略图示)对应于车辆 1 的加速踏板的操作量或制动踏板的操作量、车速等来确定。

[0036] 另外,控制装置 8 控制第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 的电枢绕组的通电电流,以使电动机 3 发生转矩指令值 Tr_c 的输出转矩。

[0037] 图 2(a)、(b) 是表示电动机 3 的转子 11、第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 的构造斜视图。图 2(a) 以电动机 3 的组装状态示出转子 11、第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b,图 2(b) 以电动机 3 的分解状态示出转子 11、第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b。

[0038] 转子 11 由非磁性材料构成的框体 14、和组装在该框体 14 上的多个永久磁铁 15 构成。框体 14 一体形成:圆板状基体 16;在该基体 16 的外周面与径向上存在间隔、在该基体 16 的周围同轴心设置的圆形环状体 17;和连结这些基体 16 和环状体 17 的多个隔板 18 来构成。在基体 16 上,如图 2(a) 中虚线所示,同轴心装配旋转轴 3a。

[0039] 多个隔板 18 在基体 16 的外周面与环状体 17 的内周面之间放射状延伸,绕转子 11 的轴心以等角度间隔排列。另外,在由基体 16 的外周面、环状体 17 的内周面、和转子 11 的周向上彼此相邻的隔板 18、18 包围的各空间中,嵌入与其相同形状(扇板形状)的永久磁铁 15。由此,在基体 16 与环状体 17 之间,多个永久磁铁 15 绕转子 11 的轴心以等角度间隔排列。

[0040] 各永久磁铁 15 是在其厚度方向(转子 11 的轴心方向)上的一面为 N 极、另一面为 S 极的磁铁。另外,转子 11 的周向上彼此相邻的永久磁铁 15、15 其厚度方向上相同侧的面的磁极如图 2(b) 的各永久磁铁 15 所记载的那样,彼此不同。换言之,转子 11 具有的多个永久磁铁 15 排列成在转子 11 的周向上与彼此相邻的永久磁铁 15、15 的磁通方向(转子 11 轴向上的方向)相互逆向。另外,在图示的实例中,永久磁铁 15 的个数为 12 个,转子 11 的极对数为 6。

[0041] 若补充,则也可在转子 11 的轴心方向一面侧与另一面侧分别单独排列永久磁铁。

[0042] 第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 除厚度不同外,具有相同的构造,如图 2(b) 所示,各自从环状基体 19a、19b 轴心方向上的两端面中的一个面向该基体 19a、19b 的轴心突设的多个齿(teeth) 20a、20b 绕该基体 19a、19b 的轴心以等角度间隔排列。基体 19a 与齿 20a 和基体 19b 与 20b 由磁性材料一体形成。在图示的实例中,第 1 定子 12a 的齿 20a 和第 2 定子 12b 的定子 20b 的个数分别为 36 个。

[0043] 在第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 中,如图 2(b)、图 3 所示,在作为周向上相邻的齿

20a、20a 间的沟即槽 21a 中,安装电枢绕组 22a,在作为齿 20b、20b 间的沟即槽 21b 中,安装电枢绕组 22b。图 3 是第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 的截面图。

[0044] 在本实施方式中,安装于第 1 定子 12a 上的电枢绕组 22a 与安装于第 2 定子 12b 上的电枢绕组 22b 为 3 相 (U 相、V 相、W 相)。另外,第 1 定子 12a 中的电枢绕组 22a 的安装状态与第 2 定子 12b 中的电枢绕组 22b 的安装状态彼此相同。

[0045] 例如,第 1 定子 12a 各相的电枢绕组 22a 安装于第 1 定子 12a 上,以便当沿第 1 定子 12a 的轴心方向看时,数量与转子 11 的永久磁铁 15 的个数相同的绕组环沿第 1 定子 12a 的周向以等角度间隔形成。第 2 定子 12b 侧的电枢绕组 22b 也一样。

[0046] 另外,第 1 定子 12a 侧的电枢绕组 22a 的绕组图案与第 2 定子 12b 侧的电枢绕组 22b 的绕组图案相同,第 1 定子 12a 的电枢绕组 22a 的匝数设定得比第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 的匝数少。由此,就第 1 定子 12a 的电枢绕组 22a 而言,降低交流阻抗,增大通电量,由此,使电动机 3 的输出转矩增大。另一方面,就第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 而言,增大提供电流时产生的磁通,使后述的磁场控制所需的通电量减少。

[0047] 另外,就绕组的线径而言,第 1 定子 12a 的电枢绕组 22a 的比第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 的大,由此,第 2 定子 12b 的厚度比第 1 定子 12a 薄。

[0048] 第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 在电动机 3 的组装状态下,如图 2(a) 所示,在第 1 定子 12a 与第 2 定子 12b 之间夹入转子 11,与转子 11 同轴心配置于转子 11 的轴向两侧,固定在电动机 3 未图示的外壳上。此时,第 1 定子 12a 的齿 20a 和第 2 定子 12b 的齿 20b 的顶端面接近转子 11 并面对。

[0049] 在本实施方式中,将第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 组装在电动机 3 上,以便在电动机 3 的组装状态下在转子 11 的轴心方向看时,第 1 定子 12a 的各齿 20a 的位置 (绕轴心的角度位置) 与第 2 定子 12b 的各齿 20b 的位置 (绕轴心的角度位置) 一致。

[0050] 即使第 1 定子 12a 的各个齿 20a 与第 2 定子 12b 的各个齿 20b 在转子 11 的轴心方向上正对装配。另外,将第 1 定子 12a 的各相电枢绕组 22a 与和其同相的第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 安装在第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 上,以便按每个相第 1 定子 12a 的电枢绕组 22a 的绕组环与第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 的绕组环在转子 11 的轴心方向上彼此相对 (当在转子 11 的轴心方向看时,第 1 定子 12a 侧的绕组环与第 2 定子 12b 侧的绕组环彼此存在于相同的角度位置)。

[0051] 因此,当向第 1 定子 12a 各相的电枢绕组 22a 与和其同相的第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 通电相同相位的电流时,每个相第 1 定子 12a 的电枢绕组 22a 发生的磁通与第 2 定子 12b 的电枢绕组 22b 发生的磁通为在转子 11 的轴心方向上最大限度相互增强的状态。另外,在本实施方式中,第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 除厚度不同外具有相同的构造,所以第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 各相的磁路截面积 (磁路的截面积) 彼此相同。

[0052] 下面,参照图 4,详细说明控制装置 8 的构成。图 4 是表示控制装置 8 的功能构成框图。控制装置 8 由包含微机等的电子电路单元构成。在后面的说明中,如图 4 所示,向安装在第 1 定子 12a 上的各相的电枢绕组附加参照符号 13a,向安装在第 2 定子 12b 上的各相的电枢绕组附加参照符号 13b。

[0053] 首先,说明控制装置 8 执行的电动机 3 的控制处理的概要。在本实施方式中,利用所谓的 d-q 矢量控制来控制电动机 3 的第 1 定子 12a 和第 2 定子 12b 各相的电枢绕组 13a、

13b 的通电电流（相电流）。即，控制装置 8 将电动机 3 变换处理成 2 相直流的 d-q 坐标系中的等价电路。

[0054] 该等价电路具有 d 轴上的电枢（下面称为 d 轴电枢）与 q 轴上的电枢（下面称为 q 轴电枢）。d-q 坐标系是如下旋转坐标系，即将转子 11 的永久磁铁 15 产生的磁场方向设为 d 轴，将与 d 轴正交的方向设为 q 轴，与电动机 3 的转子 11 一体旋转。

[0055] 就 d-q 矢量控制而言，通过调节 q 轴电枢的通电量，可控制电动机 3 的输出转矩。另外，通过调节 d 轴电枢的通电量，可执行增强转子 11 的永久磁铁 15 产生的磁通的控制（磁场增强控制）与减弱转子 11 的永久磁铁 15 产生的磁通的控制（磁场减弱控制）。另外，控制装置 8 将第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 设为 q 轴电枢的绕组，将第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 设为 d 轴电枢的绕组，执行 d-q 矢量控制。

[0056] 控制装置 8 控制电动机 3 的第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 和第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 的各相电流，以从电动机 3 的旋转轴 3a 输出从外部提供的转矩指令值 Tr_c 的转矩。

[0057] 控制装置 8 作为其功能构成，具备电流指令确定部 30，该电流指令确定部 30 确定 q 轴电枢的电流（相当于本发明的转矩电流。下面称为 q 轴电流）的指令值即 q 轴电流指令值 Iq_c 、和 d 轴电枢的电流（相当于本发明的磁场电流。下面称为 d 轴电流）的指令值的 d 轴电流指令值 Id_c 。

[0058] 电流指令确定部 30 向事先通过实验或计算机模拟等设定的电动机 3 的输出转矩 Tr 和第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 的端子间电压 Vt 、与 d 轴电流 Id 和 q 轴电流 Iq 的对应映射，适用转矩指令值 Tr_c ，确定 q 轴电流指令值 Iq_c 和 d 轴电流指令值 Id_c 。另外，将该对应映射的数据保持在控制装置 8 的存储器（未图示）中。

[0059] 另外，控制装置 8 具备电流控制部 40，该电流控制部 40 对应于 q 轴电流指令值 Iq_c 和 d 轴电流指令值 Id_c ，确定 d 轴电枢的绕组的电压（下面称为 d 轴电压）的指令值即 d 轴电压指令值 Vd_c 、和 q 轴电枢的绕组的电压（下面称为 q 轴电压）的指令值即 q 轴电压指令值 Vq_c 。

[0060] 并且，控制装置 8 具备电流检测部件即电流传感器 33a、34a 和 dq 变换部 36a，电流传感器 33a、34a 检测第 1 定子 12a 的 3 相电枢绕组 13a、13a、13a 中两个相、例如 U 相、W 相的电枢绕组 13a、13a 各自的相电流，dq 变换部 36a 根据通过将这些电流传感器 33a、34a 的输出通过 BP (BandPass) 滤波器 35a 得到的第 1 定子 12a 的 U 相电枢绕组 13a 的电流检测值 Iu_s1 和 W 相电枢绕组 13a 的电流检测值 Iw_s1 ，来算出作为 q 轴电流检测值（推定值）的 q 轴电流检测值 Iq_s 。BP 滤波器 35a 是用于从电流传感器 33a、34a 的输出中去除噪声分量的带通特性滤波器。

[0061] dq 变换部 36a 对应于转子 11 的电气角 θ_e （向分解器 14 检测到的转子 11 的旋转角度检测值 θ_{m_s} 乘以转子 11 的对数算出），利用下式 (1) 坐标变换第 1 定子 12a 的 U 相电枢绕组 13a 的电流检测值 Iu_s1 、W 相电枢绕组 13a 的电流检测值 Iw_s1 、和根据这两个电流检测值算出的 V 相电枢绕组 13a 的电流检测值 Iv_s1 ($= -Iu_s1 - Iw_s1$)，来算出 q 轴电流检测值 Iq_s 。

[0062] [式 1]

$$[0063] \quad \begin{bmatrix} Id_s \\ Iq_s \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot A(\theta_e) \cdot \begin{bmatrix} Iu_s1 \\ Iv_s1 \\ Iw_s1 \end{bmatrix} \quad \cdots \cdots (1)$$

$$[0064] \quad \text{其中, } A(\theta_e) = \begin{bmatrix} \cos \theta_e & \cos\left(\theta_e - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta_e + \frac{2}{3}\pi\right) \\ -\sin \theta_e & -\sin\left(\theta_e - \frac{2}{3}\pi\right) & -\sin\left(\theta_e + \frac{2}{3}\pi\right) \end{bmatrix}$$

[0065] 另外,控制装置 8 具备电流传感器 33b、34b 和 dq 变换部 36b,电流传感器 33b、34b 检测第 2 定子 12b 的 3 相电枢绕组 13b、13b、13b 中 U 相、W 相的电枢绕组 13b、13b 各自的相电流,dq 变换部 36a 根据通过将这些电流传感器 34b、34b 的输出通过 BP 滤波器 35b 得到的第 2 定子 12b 的 U 相电枢绕组 13b 的电流检测值 Iu_s2 和 W 相电枢绕组 13b 的电流检测值 Iw_s2 ,与上述式 (1) 一样,算出作为 d 轴电流检测值(推定值)的 d 轴电流检测值 Id_s 。

[0066] 电流控制部 40 具备:减法部 41,求出 q 轴电流指令值 Iq_c 与 q 轴电流检测值 Iq_s 的偏差 $\Delta Iq (= Iq_c - Iq_s)$;q 轴电流 PI 控制部 42,利用基于 PI(比例、积分)控制法则的反馈控制,算出 q 轴电压的基本指令值 $Vq1_c$,以消除该偏差 ΔIq (接近于 0);减法部 45,求出 d 轴电流指令值 Id_c 与 d 轴电流检测值 Id_s 的偏差 $\Delta Id (= Id_c - Id_s)$;d 轴电流 PI 控制部 46,利用基于 PI(比例、积分)控制法则的反馈控制,算出 d 轴电压的基本指令值 $Vd1_c$,以消除该偏差 ΔId (接近于 0);和非干扰控制部 44,求出用于抵消 d 轴和 q 轴间彼此干扰的速度电动势的 q 轴电压补正量 $Vq2_c$ 和 d 轴电压补正量 $Vd2_c$ 。

[0067] 另外,非干扰控制部 44 根据 d 轴电流指令值 Id_c 与转子角速度(微分转子角度的检测值 θ_m_s 算出),算出 q 轴侧的补正量 $Vq2_c$,根据 q 轴电流指令值 Iq_c 与转子角速度,算出 d 轴侧的补正量 $Vd2_c$ 。

[0068] 并且,电压控制部 40 具备:加法部 43,向 q 轴电压的基本指令值 $Vq1_c$ 加上补正量 $Vq2_c$,求出最终的 q 轴电压指令值 Vq_c ;和加法部 47,向 d 轴电压的基本指令值 $Vd1_c$ 加上补正量 $Vd2_c$,求出最终的 d 轴电压指令值 Vd_c 。

[0069] 另外,控制装置 8 具备:3 相变换部 31a,根据 q 轴电压指令值 Vq_c ,求出第 1 定子 12a 的 U 相、V 相、W 相各自的电枢绕组 13a 的相电压指令值 Vu_c1 、 Vv_c1 、 Vw_c1 ;第 1PDU(Power Drive Unit)32a,对应于这些相电压指令值 Vu_c1 、 Vv_c1 、 Vw_c1 ,通电第 1 定子 12a 各相的电枢绕组 13a;和向第 1PDU32a 供电的电池 38a(相当于本发明的第 1 电源)。

[0070] 另外,第 1PDU32a 具备检测第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 端子间电压 Vt 的功能(实现该功能的构成相当于本发明的端子间电压检测部件),将端子间电压 Vt 的检测值输入到电流指令确定部 30。

[0071] 3 相变换部 31a 对应于转子 11 的电气角 θ_e ,利用下式 (2) 坐标变换 q 轴电压指令值 Vq_c ,由此算出所述相电压指令值 Vu_c1 、 Vv_c1 、 Vw_c1 。另外,式 (2) 中的 $A(\theta_e)^T$ 是由上述式 (1) 的其中说明定义的矩阵 $A(\theta_e)$ 的转置矩阵。

[0072] [式 2]

$$[0073] \quad \begin{bmatrix} V_{u_c1} \\ V_{v_c1} \\ V_{w_c1} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot A(\theta_e)^T \cdot \begin{bmatrix} V_{d_c1} \\ V_{q_c1} \end{bmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

[0074] 另外,控制装置 8 具备:3 相变换部 31b,根据 d 轴电压指令值 V_{d_c} ,与上述式 (2) 一样,求出第 2 定子 12b 的 U 相、V 相、W 相各自的电枢绕组 13b 的相电压指令值 V_{u_c2} 、 V_{v_c2} 、 V_{w_c2} ;第 2DPU32b,对应于这些相电压指令值 V_{u_c2} 、 V_{v_c2} 、 V_{w_c2} ,通电第 2 定子 12b 各相的电枢绕组 13b;和向第 2DPU32b 供电的电池 38b(相当于本发明的第 2 电源)。

[0075] 另外,电流指令确定部 30、电流控制部 40、3 相变换部 31a、第 1PUD32a、电流传感器 33a、34a、带通滤波器 35a、dq 变换部 36a、3 相变换部 31b、第 2DPU32b、电流传感器 33b、34b、带通滤波器 35b 和 dq 变换部 36b 构成本发明的通电控制部件。

[0076] 就电流指令确定部 30 的所述对应映射而言,当第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 的端子间电压 V_t 为根据第 1 电源 38a 的输出电压设定的规定电压以上时,执行磁场减弱控制,将 d 轴电流指令值 I_{d_c} 设定为负(-)、由此使第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 产生减弱转子 11 的永久磁铁的磁通之磁通。另外,就所述对应映射而言,当转矩指令值 T_{r_c} 为规定值以上时,执行磁场增强控制,将 d 轴电流指令值 I_{d_c} 设定为正(+)、由此使第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 产生增强转子 11 的永久磁铁的磁通之磁通。

[0077] 这样,控制装置 8 将第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 设为 d 轴电枢的绕组,将第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 设为 q 轴电枢的绕组,控制电动机 3 的启动。此时,可分别独立设定转矩控制用第 1 定子 12a 的规格与磁场控制用第 2 定子 12b 的规格。

[0078] 这里,虽然为了使转子 11 旋转而必需向第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 供给较大的电流,但只要向第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 供给转子 11 的永久磁铁 15 的磁场减弱和磁场增强控制用的小电流即可。

[0079] 因此,在本实施方式中,将向第 2 定子 12b 用的第 2DPU32b 供电的电池 38b 的输出电压设定得比向第 1 定子 12a 用的第 1DPU32a 供电的电池 38a 的输出电压低。另外,由此,可将电池 38b、第 2DPU32b、电流传感器 33b、34b 和第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 的耐压设定得低,可实现它们的小型化与成本降低。

[0080] 另外,控制装置 8 具备切换开关 50,该切换开关 50 切换第 2DPU32b 与第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 间的导通与截断。另外,切换开关 50 在 d 轴电流指令值 I_{d_c} 为 0 时 OFF,将第 2DPU32b 与第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 间设为截断状态。由此,由于不必为了使 d 轴电流为 0 而向第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 供电,所以可降低电动机 3 的功耗。

[0081] 下面,图 5 是表示第 1DPU32a 中配备的反相器 60a 与第 2DPU32b 中配备的反相器 60b 的构成图。第 1DPU32a 具备在各相的电枢绕组 13a 每个中配备切换电路 61a 的反相器 60a,切换电路 61a 具有晶体管 62a,该晶体管 62a 用于向高电位侧(图中由 H_i 表示的一侧)导通/截断第 1 定子 12a 各相的电枢绕组 13a 的输入部;和晶体管 63b,该晶体管 63b 用于向低电位侧(图中 L_o)导通/截断第 1 定子 12a 各相的电枢绕组 13a 的输入部。另外,第 1DPU32a 通过利用 PWM 控制切换各切换电路 61a 的晶体管 62a 和晶体管 63a 的 ON/OFF,变更各电枢绕组 13a 的通电量。

[0082] 同样,第 2DPU32b 具备在各相的电枢绕组 13b 每个中配备切换电路 61b 的反相器

60b, 切换电路 61b 具有晶体管 62b (相当于本发明的第 1 转换元件), 该晶体管 62b 用于向高电位侧导通 / 截断第 2 定子 12b 的各电枢绕组 13b ; 和晶体管 63b (相当于本发明的第 2 转换元件), 该晶体管 63b 用于向低电位侧导通 / 截断第 2 定子 12b 的各电枢绕组 13b。

[0083] 在本实施方式中, 当 d 轴指令电流 I_{d_c} 为 0 时, OFF 切换开关 50 的各相的开关 50, 截断第 2 DPU32b 与第 2 定子 12b 各相的电枢绕组 13b 之间, 但也可不配备切换开关 50, OFF (栅极截止) 图 5 所示的反相器 60b 的全部晶体管 62b、63b。并且, 当电动机 3 的转速超过规定转速时, 成为所谓的 3 相短路状态, 即图 5 所示的反相器 60b 的高电位侧晶体管 62b 全部 ON, 低电位侧晶体管 63b 全部 OFF, 或反相器 60b 的低电位侧晶体管 63b 全部 ON, 低 (高) 电位侧晶体管 62b 全部 OFF。

[0084] 这里, 图 6 是以提供给 d 轴电枢绕组的磁场电流大小和方向为纵轴、电动机 3 的转速 ω 为横轴来表示磁场电流与电动机 3 的转速 ω 的关系曲线。图中, a 表示控制 d 轴电流的提供、执行磁场减弱控制的情况, 控制供给第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 的电流, 以便在低转速区 ($\omega < \omega_1$), d 轴电流为 0 ($I_d = 0$)。另外, 当电动机 3 的转速 ω 超过 ω_1 时, 使 d 轴电流逐渐增加。由此, 产生减弱转子 11 的永久磁铁的磁通之磁通。

[0085] 另外, 若电动机 3 的转速 ω 为 ω_2 以上, 则若执行磁场减弱控制而变为 3 相短路状态时, d 轴电流的大小无差别。因此, 在电动机 3 的转速 ω 为 ω_2 以上的高转速区, 通过将第 2 定子 12a 的电枢绕组 13b 设为 3 相短路状态, 可不提供 d 轴电流而得到磁场减弱的效果。此时, 由于不必从控制装置 8 向第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 供电, 所以可降低功耗。

[0086] 在本实施方式中, 作为本发明的电动机的控制装置, 示出控制混合动力车辆中配备的轴向间隙型电动机动作的装置, 但本发明也可适用于其它用途中使用的轴向间隙型电动机的控制装置。

[0087] 在本实施方式中, 将第 2 定子 12b 用的第 2 电源 38b 的输出电压设定得比第 1 定子 12a 用的第 1 电源 38a 的输出电压低, 但即便不是这种设定的情况下也可得到本发明的效果。

[0088] 在本实施方式中, 将第 1 定子 12a 的电枢绕组 13a 的匝数设定得比第 2 定子 12b 的电枢绕组 13b 的匝数少, 但即便不是这种设定的情况下也可得到本发明的效果。

[0089] 在本实施方式中, 将第 1 定子与第 2 定子的磁路截面积设定为相同, 但即便不是这种设定的情况下也可得到本发明的效果。

[0090] 产业上的可利用性

[0091] 如上所述, 根据本发明的电动机控制装置, 可扩大轴向间隙型电动机的可控制范围, 使之以更高旋转、更高转矩动作, 所以有利于轴向间隙型电动机的控制。

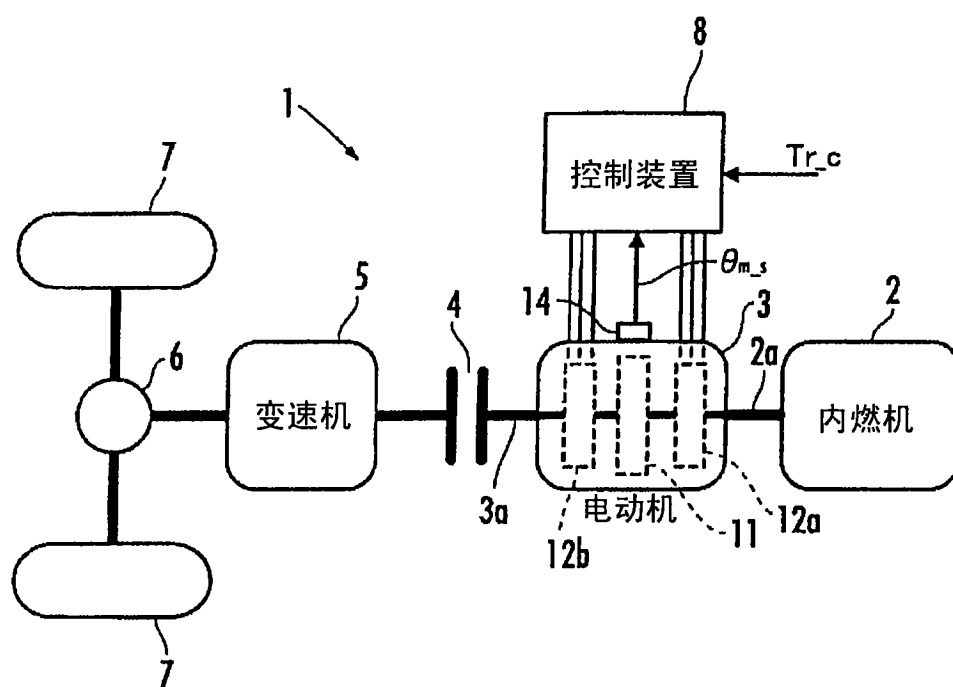


图 1

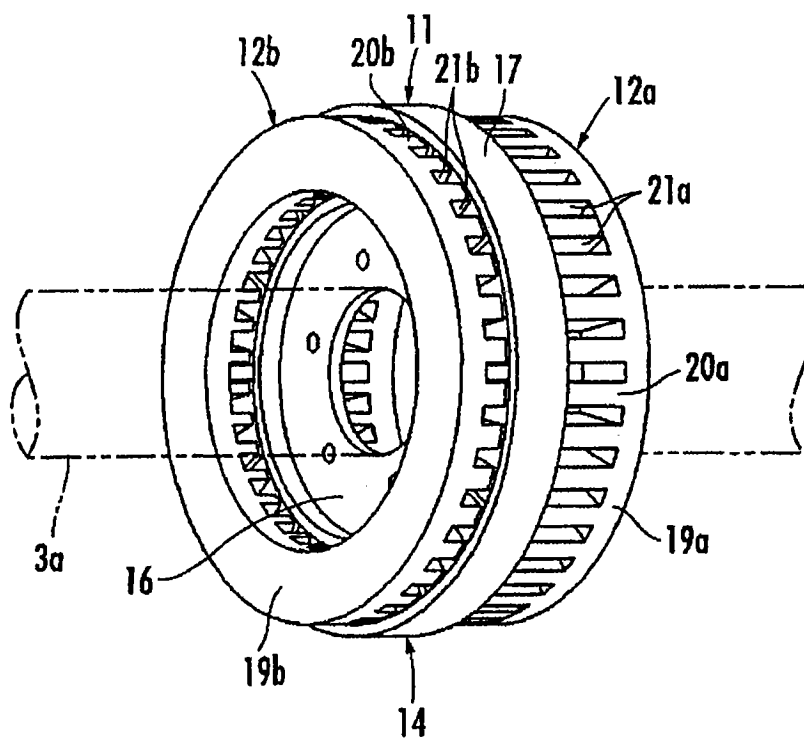


图 2(a)

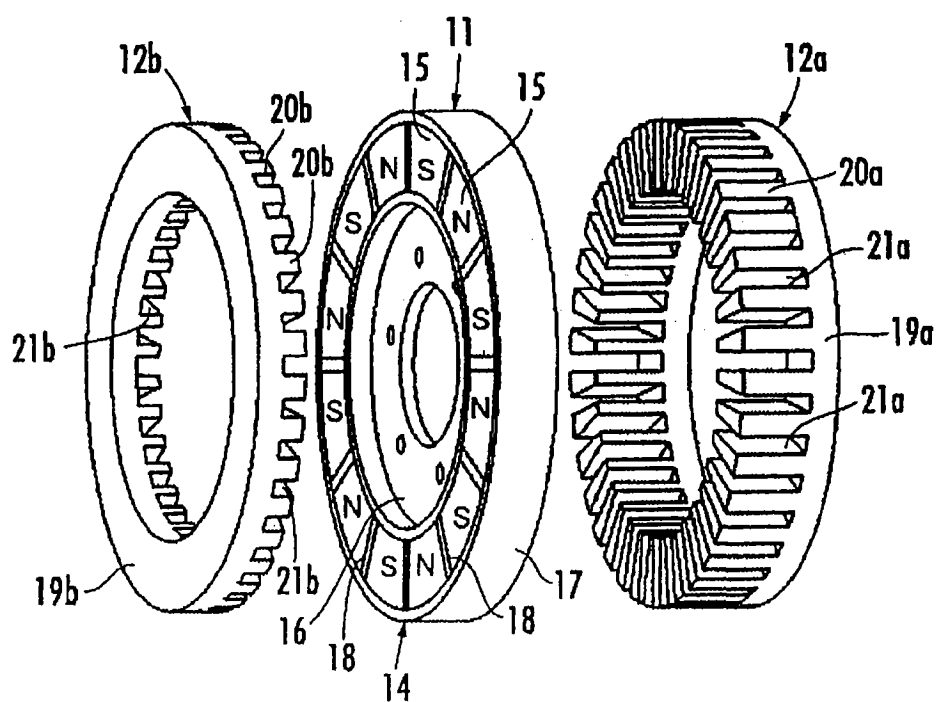


图 2(b)

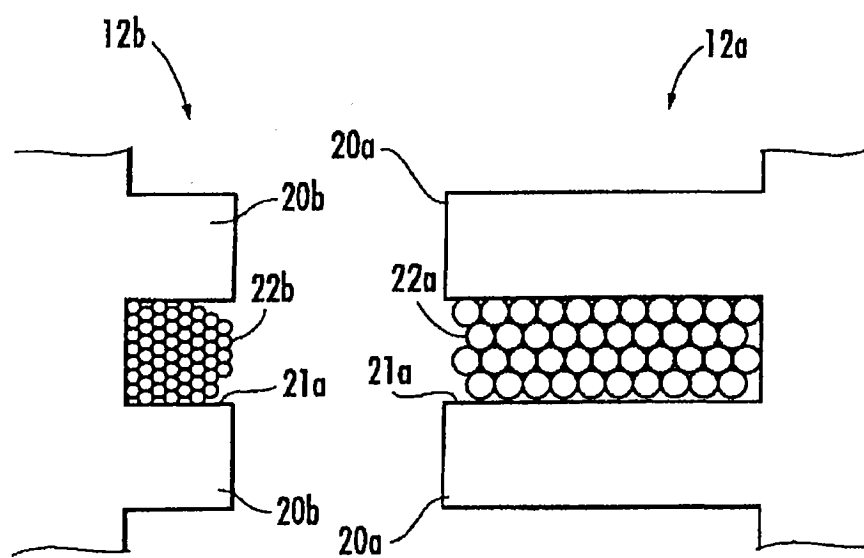


图 3

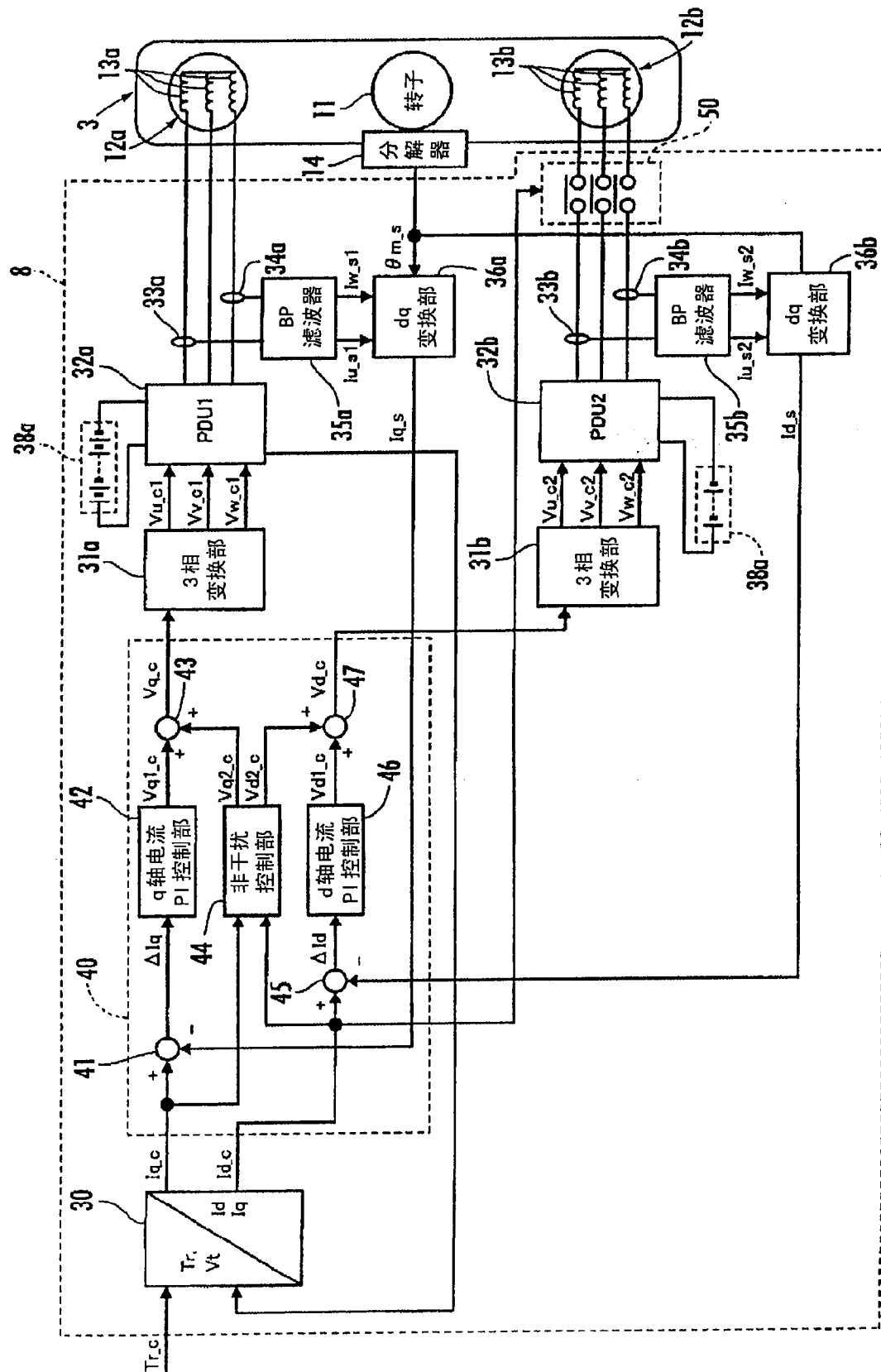


图 4

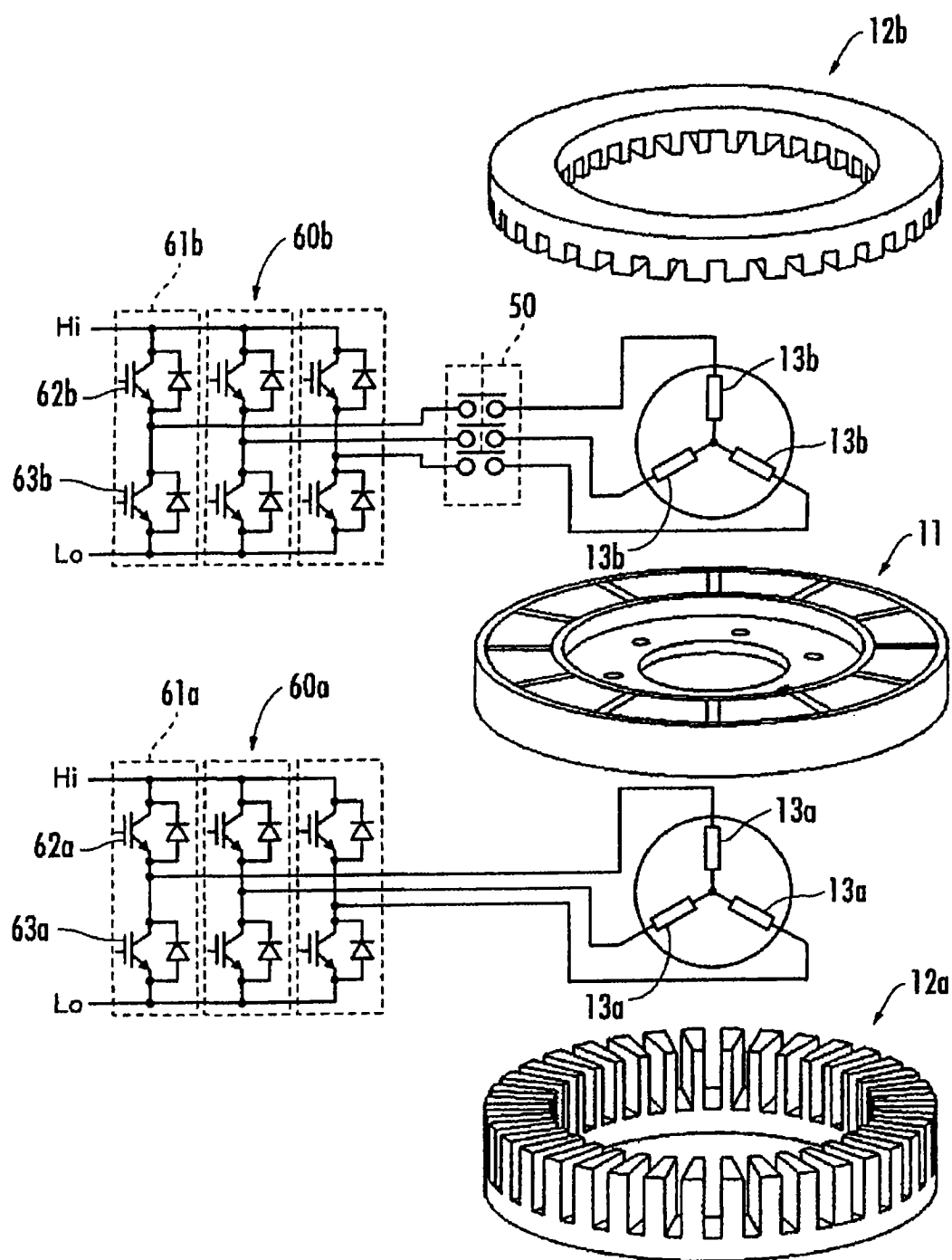


图 5

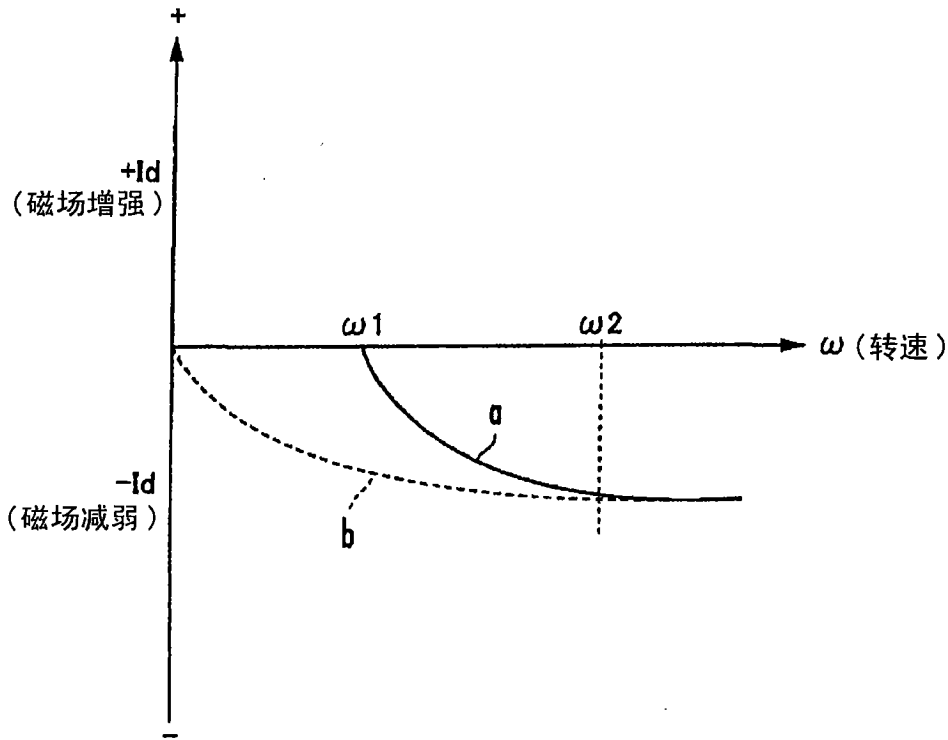


图 6