



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104283473 B

(45)授权公告日 2017.02.15

(21)申请号 201310275541.0

审查员 王伯恩

(22)申请日 2013.07.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104283473 A

(43)申请公布日 2015.01.14

(73)专利权人 广东美的制冷设备有限公司

地址 528311 广东省佛山市顺德区北滘镇
林港路

(72)发明人 童怀 黄直峰 刘社旺 吴海明

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 张大威

(51)Int.Cl.

H02P 21/00(2016.01)

H02P 5/68(2006.01)

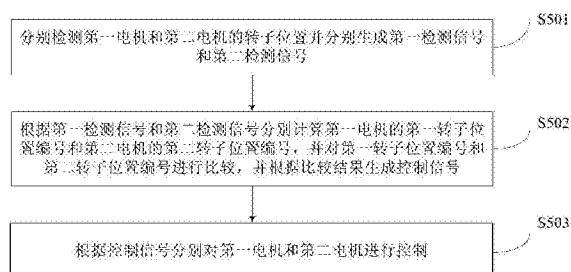
权利要求书2页 说明书12页 附图5页

(54)发明名称

电机控制装置和方法及空调系统

(57)摘要

本发明公开一种电机控制装置及控制方法，所述控制方法包括以下步骤：分别检测第一电机和第二电机的转子位置并分别生成第一检测信号和第二检测信号；根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机的第一转子位置编号和第二电机的第二转子位置编号，并对第一转子位置编号和第二转子位置编号进行比较，并根据比较结果生成控制信号；根据控制信号分别对第一电机和第二电机进行控制。本发明的电机控制装置和控制方法通过一个控制器模块控制两电机同步运行，可以降低成本，提高电机的运行平稳性，降低电机的噪声。本发明还公开一种具有该电机控制装置的空调系统。



1. 一种电机控制装置,其特征在于,包括:

第一转子位置检测模块,所述第一转子位置检测模块检测第一电机的转子位置并生成第一检测信号;

第二转子位置检测模块,所述第二转子位置检测模块检测第二电机的转子位置并生成第二检测信号;

控制器模块,所述控制器模块在微处理器内部,所述控制器模块具有多个控制输出管脚,所述控制器模块分别与所述第一转子位置检测模块和第二转子位置检测模块相连,所述控制器模块根据所述第一检测信号和所述第二检测信号分别计算所述第一电机的第一转子位置编号和所述第二电机的第二转子位置编号,并根据所述第一转子位置编号、所述第二转子位置编号以及所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号的差值生成控制信号,其中,第一转子位置编号和第二转子位置编号分别为与电机的绕组的不同通电组态对应的电机转子位置的编号;

第一IPM模块,所述第一IPM模块和所述多个控制输出管脚相连,所述第一IPM模块根据所述控制信号对所述第一电机进行控制;以及

第二IPM模块,所述第二IPM模块和所述多个控制输出管脚相连,所述第二IPM模块根据所述控制信号对所述第二电机进行控制;

其中,当所述第一转子位置编号等于所述第二转子位置编号时,所述控制器模块根据所述第一转子位置编号或者所述第二转子位置编号生成所述控制信号;

当所述第一转子位置编号大于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,所述控制器模块根据所述第二转子位置编号生成所述控制信号;

当所述第一转子位置编号小于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,所述控制器模块根据所述第一转子位置编号生成所述控制信号。

2. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,当所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号之间的差值大于1时,所述控制器模块判断所述第一电机和/或所述第二电机发生故障。

3. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号与所述第一转子位置检测模块和所述第二转子位置检测模块的逻辑信号及所述第一电机和所述第二电机的绕组的通电状态一一对应。

4. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,所述IPM模块进一步包括:

驱动单元,所述驱动单元与所述多个控制输出管脚相连,用于根据所述控制信号生成驱动信号;

驱动桥,所述驱动桥包括6个IGBT和3个输出端,每个IGBT与所述驱动单元相连,所述3个输出端分别与对应的电机的三相定子绕组相连,所述每个IGBT在所述驱动信号控制下导通或关断。

5. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,所述控制信号为PWM信号。

6. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,所述转子位置检测模块包括3个霍尔元件。

7. 如权利要求1所述的电机控制装置,其特征在于,所述第一电机和第二电机为直流无刷电机。

8. 如权利要求7所述的电机控制装置,其特征在于,所述第一电机和第二电机的三相定子绕组采用星形连接。

9. 一种空调系统,其特征在于,包括如权利要求1-8任一项所述的电机控制装置。

10. 一种电机控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

分别检测第一电机和第二电机的转子位置并分别生成第一检测信号和第二检测信号;

根据所述第一检测信号和所述第二检测信号分别计算所述第一电机的第一转子位置编号和所述第二电机的第二转子位置编号,并根据所述第一转子位置编号、所述第二转子位置编号以及所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号的差值生成控制信号,其中,第一转子位置编号和第二转子位置编号分别为与电机的绕组的不同通电组态对应的电机转子位置的编号;以及

根据控制信号分别对所述第一电机和所述第二电机进行控制;

其中,当所述第一转子位置编号等于所述第二转子位置编号时,根据所述第一转子位置编号或者所述第二转子位置编号生成所述控制信号;

当所述第一转子位置编号大于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,根据所述第二转子位置编号生成所述控制信号;

当所述第一转子位置编号小于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,根据所述第一转子位置编号生成所述控制信号。

11. 如权利要求10所述的电机控制方法,其特征在于,当所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号之间的差值大于1时,判断所述第一电机和/或所述第二电机发生故障。

12. 如权利要求10所述的电机控制方法,其特征在于,所述第一电机和所述第二电机的相绕组满足以下电压方程式:

$$\begin{pmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_a + pL_u & pM_{uv} & pM_{wu} \\ pM_{uv} & R_a & pM_{vw} \\ pM_{wu} & pM_{vw} & R_a + pL_w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_u \\ e_v \\ e_w \end{pmatrix}$$

其中, v_u 、 v_v 、 v_w 为相绕组上的端电压, R_a 为绕组的等效电阻, L_u 、 L_v 、 L_w 分别为三相绕组的等效自感, M_{uv} 、 M_{vw} 、 M_{wu} 分别为三相绕组的等效互感, i_u 、 i_v 、 i_w 分别为三相绕组电流, e_u 、 e_v 、 e_w 分别为三相绕组中的等效反电势。

13. 如权利要求12所述的电机控制方法,其特征在于,按照以下公式计算所述第一电机和所述第二电机的电磁转矩:

$$T = P_n \{ \phi_a i_q + (L_d - L_q) i_d i_q \} = P_n \left\{ \phi_a i_a \cos \beta + \frac{1}{2} (L_q - L_d) i_a^2 \sin 2\beta \right\}$$

其中, T 表示电机产生的电磁转矩, P_n 为电机的极对数, i_d 、 i_q 、 i_a 分别为直轴电流、交轴电流及定子电流合成矢量, L_d 、 L_q 为电机的直轴电感和交轴电感, ϕ_a 为电枢交链磁通矢量, β 为定子电流合成矢量 i_a 的相位角。

电机控制装置和方法及空调系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电机控制技术领域,特别涉及一种电机控制装置和方法以及一种具有该电机控制装置的空调系统。

背景技术

[0002] 人们熟知,无刷直流电机的运行是通过逆变器功率器件随转子的不同位置相应改变其不同触发组合状态来实现的。其中,无刷直流电机的驱动控制系统主要包括微处理器、转子位置检测电路、电流检测电路、IPM(Intelligent Power Module,智能功率模块)以及驱动单元、驱动及控制电源等部件组成。微处理器根据转子的不同位置改变功率器件不同触发组合状态,对电机实施不同的控制算法,是系统控制的关键部件。

[0003] 目前,对于双电机或多电机控制系统,首先是对电机的转子位置进行检测。如图1所示,为现有的空调系统中双无刷直流电机驱动系统的通常所采用的一种结构图,其中,双电机系统可以共用一个微处理器,该微处理器包括两个电机控制单元例如电机控制单元(A)和电机控制单元(B),但是每一个电机都需要一套独立的转子位置检测电路、IPM模块等。并且,无刷直流电机的位置检测通常采用HALL(霍尔)元件进行位置检测,一般一个电机采用2个或是3个HALL元件来检测电机的转子位置,这种检测方法成本较低。对于3个HALL元件的电机,对应于转子一个极对数可以获得6个转子位置信号,因此这种位置检测方法的无刷直流电机通常采用方波驱动方案,方波驱动的无刷直流电机转矩脉动较大,尤其在低速运行时,电机的运行平稳性较差,同时电机的噪声也较大,限制了电机的应用。

[0004] 随着国家节能减排政策的推行,目前在很多应用领域可以由直流电机代替原来的交流电机,以提高电机系统的效率。很多情况下一个系统需要用到多个电机,因此为了提高系统的效率,同时应用两个甚至更多直流电机的场合也越来越多,例如全直流变频空调室外机,压缩机电机和室外风扇电机都采用无刷直流电机(或永磁同步电机),两种电机的型号不同,压缩机电机的功率在1~3KW范围,而室外风机电机的功率在100W以内。又如一种空调室内双贯流风机调速系统,室内风机采用了两个型号相同的无刷直流电机,两个电机的负载基本相同,每个电机功率约40W。

[0005] 随着技术的进步,对于无刷直流电机的控制出现了无编码器、无HALL元件的转子位置检测方法,这种方法的基本原理是:通过检测或计算电机的反电势来估算电机转子的位置,即所谓的“反电势位置检测方案”。此方法可以包括两种方案实现,第一种方案是直接检测反电势,即通过专用的模拟信号电路来直接检测反电势,从而估算电机的转子位置,通过这种方案只能获得粗略的转子位置信息,配合低成本的单片机可以对电机实施方波驱动,目前,家电类电机调速系统中很多采用这种低成本方案。另一种母线电流单电阻位置检测、两相电流位置检测等方案,此类方案本质上是一种间接反电势检测方案,即先通过对电机相电流的检测,推算出电机的反电势,最后估算出电机的转子位置,此方案采用性能强大的高速单片机或DSP(Digital Signal Processor,数字信号微处理器),可以获得精细的转子位置信息,应用永磁同步电机的矢量控制模型,可以对电机实施转子FOC(Field

Oriented Control,场定向控制)控制,获得正弦波相电流,即所谓的“正弦波控制”。目前,此方案在变频空调压缩机控制中常被采用,但要求高性能的单片机或DSP,成本较高。

[0006] 综上所述,现有技术存在的缺点是,双电机控制系统采用两个电机控制单元的微处理器,成本高。并且,方波驱动的无刷直流电机转矩脉动较大,电机的运行平稳性较差,同时电机的噪声也较大。此外,采用无编码器、无HALL元件的转子位置检测方法,精确度低或者成本高。

发明内容

[0007] 本发明的目的旨在至少在一定程度上解决上述的技术问题之一。

[0008] 为此,本发明的一个目的在于提出一种电机控制装置,该电机控制装置可以降低成本,提高电机的运行平稳性,降低电机的噪声。

[0009] 本发明的另一个目的在于提出一种空调系统。

[0010] 本发明的再一个目的在于提出一种电机控制方法。

[0011] 为达到上述目的,本发明一方面实施例提出的一种电机控制装置,包括:第一转子位置检测模块,所述第一转子位置检测模块检测第一电机的转子位置并生成第一检测信号;第二转子位置检测模块,所述第二转子位置检测模块检测第二电机的转子位置并生成第二检测信号;控制器模块,所述控制器模块在微处理器内部,所述控制器模块具有多个控制输出管脚,所述控制器模块分别与所述第一转子位置检测模块和第二转子位置检测模块相连,所述控制器模块根据所述第一检测信号和所述第二检测信号分别计算所述第一电机的第一转子位置编号和所述第二电机的第二转子位置编号,并对所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号进行比较,以及根据比较结果生成控制信号;第一IPM模块,所述第一IPM模块和所述多个控制输出管脚相连,所述第一IPM模块根据所述控制信号对所述第一电机进行控制;第二IPM模块,所述第二IPM模块和所述多个控制输出管脚相连,所述第二IPM模块根据所述控制信号对所述第二电机进行控制。

[0012] 根据本发明实施例的电机控制装置,控制器模块根据第一转子位置编号和第二电机的第二转子位置编号生成控制信号,并且第一电机和第二电机共用一个控制器模块即采用相同的控制信号,能够保证两个电机同步运行,并且与两个电机单独控制的效率基本相同。此外,可以提高电机运行的平稳性,同时降低电机运行的噪声,大大降低了成本。

[0013] 在本发明的一个实施例中,当所述第一转子位置编号等于所述第二转子位置编号时,所述控制器模块根据所述第一转子位置编号或者所述第二转子位置编号生成所述控制信号;当所述第一转子位置编号大于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,所述控制器模块根据所述第二转子位置编号生成所述控制信号;当所述第一转子位置编号小于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,所述控制器模块根据所述第一转子位置编号生成所述控制信号。

[0014] 在本发明的另一个实施例中,当所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号之间的差值大于1时,所述控制器模块判断所述第一电机和/或所述第二电机发生故障。

[0015] 在本发明的另一个实施例中,所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号与所述第一转子位置检测模块和所述第二转子位置检测模块的逻辑信号及所述第一电机和

所述第二电机的绕组的通电状态一一对应。

[0016] 进一步地,所述IPM模块包括:驱动单元,所述驱动单元与所述多个控制输出管脚相连,用于根据所述控制信号生成驱动信号;驱动桥,所述驱动桥包括6个IGBT和3个输出端,每个IGBT与所述驱动单元相连,所述3个输出端分别与对应的电机的三相定子绕组相连,所述每个IGBT在所述驱动信号控制下导通或关断。

[0017] 在本发明的一个实施例中,所述控制信号为PWM信号。

[0018] 在本发明的一个实施例中,所述转子位置检测模块包括3个霍尔元件。

[0019] 在本发明的实施例中,所述第一电机和第二电机可以为直流无刷电机。

[0020] 在本发明的一个实施例中,所述第一电机和第二电机的三相定子绕组采用星形连接。

[0021] 为达到上述目的,本发明第二方面实施例还提出一种空调系统,包括上述的电机控制装置。

[0022] 根据本发明实施例的空调系统,通过采用上述使用同一控制信号对双电机进行控制的电机控制装置,保证空调运行良好,降低了成本。

[0023] 为达到上述目的,本发明的再一方面实施例提出一种电机控制方法,包括以下步骤:分别检测第一电机和第二电机的转子位置并分别生成第一检测信号和第二检测信号;根据所述第一检测信号和所述第二检测信号分别计算所述第一电机的第一转子位置编号和所述第二电机的第二转子位置编号,并对所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号进行比较,并根据比较结果生成控制信号;根据控制信号分别对所述第一电机和所述第二电机进行控制。

[0024] 根据本发明实施例的电机控制方法,根据转子位置编号生成控制信号,并且第一电机和第二电机接收同一路控制信号,可以控制第一电机和第二电机同步运行。另外,可以减小电机的转矩脉动、提高电机的运行平稳性,降低电机的噪声。本发明实施例的电机控制方法实现成本低。

[0025] 在本发明的一个实施例中,当所述第一转子位置编号等于所述第二转子位置编号时,根据所述第一转子位置编号或者所述第二转子位置编号生成所述控制信号;当所述第一转子位置编号大于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,根据所述第二转子位置编号生成所述控制信号;当所述第一转子位置编号小于所述第二转子位置编号且所述第一转子位置编号与所述第二转子位置编号之间的差值为1时,根据所述第一转子位置编号生成所述控制信号。

[0026] 另外,在本发明的一个实施例中,当所述第一转子位置编号和所述第二转子位置编号之间的差值大于1时,判断所述第一电机和/或所述第二电机发生故障。

[0027] 在本发明的一个实施例中,所述第一电机和所述第二电机的相绕组的满足以下电压方程式:

$$[0028] \quad \begin{pmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_a + pL_u & pM_{uv} & pM_{wu} \\ pM_{uv} & R_a & pM_{vw} \\ pM_{wu} & pM_{vw} & R_a + pL_w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_u \\ e_v \\ e_w \end{pmatrix}$$

[0029] 其中, v_u 、 v_v 、 v_w 为相绕组上的端电压, R_a 为绕组的等效电阻, L_u 、 L_v 、 L_w 分别为三相绕组的等效自感, M_{uv} 、 M_{vw} 、 M_{wu} 分别为三相绕组的等效互感, i_u 、 i_v 、 i_w 分别为三相绕组电流, e_u 、

e_v 、 e_w 分别为三相绕组中的等效反电势。

[0030] 在本发明的另一个实施例中,按照以下公式计算所述第一电机和所述第二电机的电磁转矩:

$$[0031] \quad T = P_n \left\{ \phi_a i_q + (L_d - L_q) i_d i_q \right\} = P_n \left\{ \phi_a i_a \cos \beta + \frac{1}{2} (L_d - L_q) i_a^2 \sin 2\beta \right\}$$

[0032] 其中,T表示电机产生的电磁转矩, P_n 为电机的极对数, i_d 、 i_q 、 i_a 分别为直轴电流、交轴电流及定子电流合成矢量, L_d 、 L_q 为电机的直轴电感和交轴电感, ϕ_a 为电枢交链磁通矢量, β 为定子电流合成矢量 i_a 的相位角。

[0033] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0034] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0035] 图1为现有的空调系统中双无刷直流电机驱动系统的结构示意图;

[0036] 图2为根据本发明实施例的电机控制装置的结构示意图;

[0037] 图3为根据本发明一个实施例的电机控制装置的进一步结构示意图;

[0038] 图4为根据本发明实施例的空调系统的示意图。

[0039] 图5为根据本发明实施例的电机控制方法的流程图;

[0040] 图6为根据本发明的一个实施例的获得第一转子位置编号和第二转子位置编号的时序图;

[0041] 图7为根据本发明的一个实施例的电机控制方法的操作的基本流程图;

[0042] 图8为根据本发明的另一个实施例的电机控制方法的终端程序的流程图;以及

[0043] 图9为根据本发明的一个实施例的电机控制方法的矢量控制示意图。

[0044] 附图标记:

[0045] 第一转子位置检测模块201、第二转子位置检测模块202、控制器模块203、第一IPM模块204和第二IPM模块205,第一电机M1和第二电机M2,驱动单元301和驱动桥302,第一IPM模块204的输出端子UA、VA、WA和第一电机M1的三相定子绕组端子U1、V1、W1端子,第二IPM模块205的输出端子UB、VB、WB和第二电机M2的三相定子绕组端子U2、V2、W2端子。

具体实施方式

[0046] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,仅用于解释本发明,而不能解释为对本发明的限制。

[0047] 下文的公开提供了许多不同的实施例或例子用来实现本发明的不同结构。为了简化本发明的公开,下文中对特定例子的部件和设置进行描述。当然,它们仅仅为示例,并且目的不在于限制本发明。此外,本发明可以在不同例子中重复参考数字和/或字母。这种重复是为了简化和清楚的目的,其本身不指示所讨论各种实施例和/或设置之间的关系。此外,本发明提供了的各种特定的工艺和材料的例子,但是本领域普通技术人员可以意识到

其他工艺的可应用于性和/或其他材料的使用。另外,以下描述的第一特征在第二特征之“上”的结构可以包括第一和第二特征形成为直接接触的实施例,也可以包括另外的特征形成在第一和第二特征之间的实施例,这样第一和第二特征可能不是直接接触。

[0048] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是机械连接或电连接,也可以是两个元件内部的连通,可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语的具体含义。

[0049] 参照下面的描述和附图,将清楚本发明的实施例的这些和其他方面。在这些描述和附图中,具体公开了本发明的实施例中的一些特定实施方式,来表示实施本发明的实施例的原理的一些方式,但是应当理解,本发明的实施例的范围不受此限制。相反,本发明的实施例包括落入所附加权利要求书的精神和内涵范围内的所有变化、修改和等同物。

[0050] 下面参照附图描述根据本发明实施例提出的电机控制装置和控制方法以及具有该电机控制装置的空调系统。

[0051] 如图2所示,本发明一个实施例提出的电机控制装置包括第一转子位置检测模块201、第二转子位置检测模块202、控制器模块203、第一IPM模块204和第二IPM模块205。其中,第一转子位置检测模块201检测第一电机M1的转子位置并生成第一检测信号,第二转子位置检测模块202检测第二电机M2的转子位置并生成第二检测信号。控制器模块203在微处理器内部,控制器模块203具有多个控制输出管脚,并且控制器模块203分别与第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202相连,控制器模块203根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机M1的第一转子位置编号M和第二电机M2的第二转子位置编号N,其中,第一转子位置编号M和第二转子位置编号N可以理解为与电机的绕组的不同通电组态对应的电机转子位置的不同编号,并对第一转子位置编号M和第二转子位置编号N进行比较,以及根据比较结果生成控制信号。第一IPM模块204和控制器模块203的多个控制输出管脚相连,第一IPM模块204根据控制信号对第一电机M1进行控制。第二IPM模块205同样和控制器模块203的多个控制输出管脚相连,第二IPM模块205根据控制信号对第二电机M2进行控制。其中,第一电机M1和第二电机M2可以为直流无刷电机。

[0052] 在本发明的一个实施例中,控制器模块203可以是电机控制单元,微处理器接收到第一检测信号和第二检测信号,并将此检测信号经过处理发送给控制器模块203,控制器模块203根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机M1的第一转子位置编号M和第二电机M2的第二转子位置编号N生成的控制信号,控制信号可以为PWM(Pulse Width Modulation,脉宽调制)信号。并且控制器模块203可以通过调节PWM信号的占空比来控制第一电机M1和第二电机M2转速。

[0053] 具体地,在本发明的实施例中,第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202分别检测第一电机M1和第二电机M2的转子位置信息,并分别生成两个电机的转子位置信号(即第一检测信号和第二检测信号),并将两个电机的转子位置信号反馈给微处理器,微处理器经过处理再发送给控制器模块203。控制器模块203根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机M1的第一转子位置编号M和第二电机M2的第二转子位置编号N,并对第一转子位置编号M和第二转子位置编号N进行比较,以及根据比较结果生成控制信号即PWM信号,在本发明的一个实施例中,当第一转子位置编号M等于第二转子位置编号N即 $M=N$

N时,控制器模块203根据第一转子位置编号M或者第二转子位置编号N生成控制信号;当第一转子位置编号M大于第二转子位置编号N且第一转子位置编号M与第二转子位置编号N之间的差值为1即 $M-N=1$ 时,控制器模块203根据第二转子位置编号N生成控制信号;当第一转子位置编号M小于第二转子位置编号N且第一转子位置编号M与第二转子位置编号N之间的差值为1即 $M-N=-1$ 时,控制器模块203根据第一转子位置编号M生成控制信号。在本发明的另一个实施例中,当第一转子位置编号M和第二转子位置编号N之间的差值大于1时,控制器模块203判断第一电机M1和/或第二电机M2发生故障。

[0054] 在本发明的一个实施例中,如图3所示,第一IPM模块204和第二IPM模块205进一步包括驱动单元301和驱动桥302。其中,驱动单元301与多个控制输出管脚相连,用于根据控制信号生成驱动信号。驱动桥302包括6个IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor,绝缘栅双极型晶体管)和3个输出端,每个IGBT均与驱动单元301相连,3个输出端分别与对应的电机的三相定子绕组相连,每个IGBT在驱动信号控制下导通或关断。当第一IPM模块204和第二IPM模块205接收到控制器模块203发送的控制信号时,驱动单元301根据控制信号生成驱动信号,并将驱动信号发送给驱动桥302,驱动桥302根据驱动信号控制6个IGBT的不同触发组合状态,从而实现第一电机M1和第二电机M2的同时控制。在本发明的一个实施例,控制器单元203根据检测信号计算出第一转子位置编号M和第二转子位置编号N,并且根据转子位置编号M和N决定改变功率器件不同触发组合状态,具体地,在本发明的一个实施例中,转子位置检测模块可以包括3个霍尔元件。如表1所示,

[0055]

M 或 N	HALL3	HALL2	HALL1	绕组通电状态
2	0	0	1	$U \bar{V}$
3	0	1	1	错误! 未找到引用源。 $\bar{V}W$
4	0	1	0	错误! 未找到引用源。 $W \bar{U}$
5	1	1	0	错误! 未找到引用源。 $\bar{U}V$
6	1	0	0	错误! 未找到引用源。 $V \bar{W}$
1	1	0	1	错误! 未找到引用源。 $\bar{W}U$
2	0	0	1	$U \bar{V}$

[0056] 第一转子位置编号M和第二转子位置编号N与第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202的逻辑信号及第一电机M1和第二电机M2的绕组的通电状态一一对应,即在第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202的逻辑信号不同时,控制器模块203计算的第一转子位置编号M和第二转子位置编号N不同,从而控制第一电机M1和第二电机M2的不同绕组通电。如图2所示,控制器模块203根据第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202的检测信号计算第一转子位置编号M和第二转子位置编号N,并根据第一转子位置编号M和第二转子位置编号N由6个控制输出管脚输出六路PWM信号,需要说明的是,控制器模块203根据第一电机M1和第二电机M2中转子位置编号M和N中较小的生成控制信号,例如如表1中所示,当控制器模块203计算的第一转子位置编号M和第二转子位置编号N分别为4和5时,则控制器模块203根据第一转子位置编号M生成控制信号以控制电机的w相和u线通电组态为wu。控制器模块203将控制信号发送给第一IPM模块204和第二IPM模块205,第一IPM模块204接收到的控制信号PWMA_i和第二IPM模块205接收到的控制信号PWMB_i相同,即PWM_i=PWMA_i=PWMB_i,其中,i=1、2、3……6。第一IPM模块204根据接收到的控制信号PWMA_i控制驱动第一电机M1,第二IPM模块205根据接收到的控制信号PWMB_i驱动控制第二电机M2,如此便使第一电机M1和第二电机M2的控制逻辑在任何时刻总是相同。

[0057] 在本发明的一个实施例中,控制器模块203还用于控制第一电机M1和第二电机M2进行PID(Proportion Intergration Differentiation,比例-积分-微分)调节,并计算加载到第一电机M1和第二电机M2绕组上的电压系数以调节PWM信号的占空比来控制第一电机M1和第二电机M2转速。

[0058] 在本发明的实施例中,第一电机M1和第二电机M2可以为型号相同的无刷直流电机,即电机定转子尺寸相同,电机绕组接线方式、绕组匝数、反电势数、绕组自感互感等电机参数基本相同。在本发明的一个具体示例中,采用的无刷直流电机可以为8极电机,最大输出功率为30W,电压为280V(直流),电流为0.3A,电机调速范围为300~1200转/分。在本发明的一个实施例中,如图3所示,第一电机M1和第二电机M2的三相定子绕组采用星形连接,在工作时所带的负载基本相同。

[0059] 在本发明的一个实施例中,转子位置检测模块即第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202均可以包括3个霍尔元件。即对应于转子一个极对数可以获得6个转子位置信号,则对于8极电机旋转一周可以获得48个转子位置信号。

[0060] 如图3所示,在本发明的一个具体示例中,微处理器可以为RENESAS的单电机控制芯片例如M30280,即具有一个控制器模块203即电机控制单元。下面对M30280芯片做简单介绍,M30280芯片是采用高性能硅栅CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体)工艺并且装载了M16C/60系列CPU内核的单片机,采用64引脚塑封LQFP(Low-profile Quad Flat Package,方型扁平式封装)。该单片机既有高性能指令又有高效率指令,并具备1M字节的地址空间和快速执行指令的能力。另外,M16C/28群具有乘法器和DMA(Direct Memory Access,直接内存存取)控制器,适用于需要高速算术/逻辑运算处理的OA、通信设备和工业设备的控制,该芯片能使用3个定时器输出三相电机的六路PWM信号,并且芯片具有死区时间补偿功能。此外,如图3所示,IPM模块即第一IPM模块204和第二IPM模块205可以为SANKEN的SIM6822M逆变功率模块,下面对SIM6822M逆变功率模块做简单介绍。SIM6822M逆变功率模块是一种将具有各种保护功能的预驱IC、带有限流电阻的自

举二极管以及6单元的输出功率器件封装在一起的逆变功率模块,模块的额定电流3A,额定电压600V,具有过流、过热,欠压等完善的保护功能,IPM模块由310V的直流电压供电,P为直流电压的阳极,N为直流电压的阴极。

[0061] 如图3所示,在本发明的一个实施例中,采用正弦波来驱动电机,利用低速的单片芯片例如M30280芯片就可以获得近正弦的电机相电流波形,从而减小了电机的转矩脉动,提高了电机的运行平稳,同时降低了电机的噪声。具体地,第一转子位置检测模块201对第一电机M1进行检测,并生成对于第一电机M1的第一检测信号即三路位置检测信号HA1、HA2、HA3,并将三路位置检测信号HA1、HA2、HA3反馈给微处理器,主处理器进行数据处理,将信息发送给控制器模块203即电机控制单元。同理地,第二转子位置检测模块202对第二电机M2进行检测,并生成对于第二电机M2的第二检测信号即三路位置检测信号HB1、HB2、HB3,并将三路位置检测信号HB1、HB2、HB3同样反馈给微处理器,微处理器进行数据处理,并将信息发送给控制器模块203即电机控制单元,电机控制单元根据第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202的检测信号计算第一转子位置编号M和第二转子位置编号N,并根据第一转子位置编号M和第二转子位置编号N改变功率器件不同触发组合状态,即产生6路PWM控制信号(PWM1~PWM6)同时传送给第一IPM模块204和第二IPM模块205,第一IPM模块204内部的驱动单元301将6路PWM信号变换成6路驱动信号即UAh、VAh、WAh、UAL、VAL、WAL分别驱动第一IPM模块203内的整流桥302中的6个输出功率器件即6个IGBT。同理,第二IPM模块204内部的驱动单元301将6路PWM信号变换成6路驱动信号即UBh、VBh、WBh、UBL、VBL、WBL分别驱动第二IPM模块205内的驱动桥302中的6个输出功率器件即6个IGBT。其中,第一IPM模块204的输出端子UA、VA、WA(即驱动桥301的3个输出端)分别与第一电机M1的三相定子绕组端子U1、V1、W1端子相连。第二IPM模块205的输出端子UB、VB、WB(即驱动桥301的3个输出端)分别与第二电机M2的三相定子绕组端子U2、V2、W2端子相连。其中,需要说明的是,即使第一电机M1和第二电机M2设置的参数具有离散性、两个电机的负载有一定的差异,本发明实例中的控制装置也可以正常工作。

[0062] 综上所述,根据本发明实施例的电机控制装置,控制器模块根据转子位置编号生成控制信号,并且第一电机和第二电机共用一个控制器模块即采用相同的控制信号,能够保证两个电机同步运行,并且与两个电机单独控制的效率基本相同。此外,提高了电机运行的平稳性,同时降低了电机运行的噪声,大大降低了成本。

[0063] 如图4所示,本发明另一个实施例还提出了一种空调系统1000,该空调系统1000包括上述实施例提出的电机控制装置100。其中,空调系统1000可以为具有双贯流室内风机电机的空调器。

[0064] 根据本发明实施例的空调系统,通过采用上述使用同一控制信号对双电机进行控制的电机控制装置,保证空调运行良好,降低了成本。

[0065] 下面参照附图描述根据本发明实施例的电机控制方法。

[0066] 如图5所示,本发明实施例的电机控制方法,包括以下步骤:

[0067] S501,分别检测第一电机和第二电机的转子位置并分别生成第一检测信号和第二检测信号。

[0068] 在本发明的一个实施例中,可以通过转子位置检测模块即第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202检测第一电机M1和第二电机M2的专责位置,第一转子位置

检测模块201和第二转子位置检测模块202均可以包括3个霍尔元件。即对应于转子一个极对数可以获得6个转子位置信号,则对于8极电机旋转一周可以获得48个转子位置信号。电机转子位置不同则转子位置检测模块产生的逻辑信号也会不同,根据转子位置生成第一检测信号和第二检测信号。

[0069] S502,根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机的第一转子位置编号和第二电机的第二转子位置编号,并对第一转子位置编号和第二转子位置编号进行比较,并根据比较结果生成控制信号。

[0070] 由步骤S501检测第一电机M1和第二电机M2的转子位置并生成第一检测信号和第二检测信号之后,根据第一检测信号和第二检测信号分别计算第一电机的第一转子位置编号M和第二电机的第二转子位置编号N,其中,第一转子位置编号M和第二转子位置编号N可以理解为对应于电机绕组的不同通电组态的电机转子位置的不同编号。如表1所示,第一转子位置编号M和第二转子位置编号N与第一转子位置检测模块和第二转子位置检测模块的逻辑信号及第一电机和第二电机的绕组的通电状态一一对应。例如,在本发明的一个实施例中,第一转子位置检测模块和第二转子位置检测模块可以分别为三个霍尔元件,如图6所示,为获得第一电机和第二电机的转子的位置编号的时序图,横坐标为时间t,纵坐标为对应三个霍尔元件的检测信号电平Q,如图6中所示,M或者N的取值可以为1、2、3……6,例如当计算的第一转子位置编号M为6时,检测信号电平对应为(100)。计算获得第一转子位置编号M和第二转子位置编号N之后,将第一转子位置编号M和第二转子位置编号N进行比较,并根据比较结果生成控制信号。在本发明的一个实施例中,当第一转子位置编号M等于第二转子位置编号N时,根据第一转子位置编号M或者第二转子位置编号N生成控制信号;当第一转子位置编号M大于第二转子位置编号N且第一转子位置编号M与第二转子位置编号N之间的差值为1时,根据第二转子位置编号N生成控制信号;当第一转子位置编号M小于第二转子位置编号N且第一转子位置编号M与第二转子位置编号N之间的差值为1时,根据第一转子位置编号M生成控制信号。在生成控制信号之后进入步骤S503。在本发明的另一个实施例中,当第一转子位置编号M和第二转子位置编号N之间的差值大于1时,判断第一电机M1和/或第二电机M2发生故障。

[0071] S503,根据控制信号分别对第一电机和第二电机进行控制。

[0072] 在步骤S502生成控制信号之后,根据控制信号对第一电机M1和第二电机M2进行控制,具体地,根据第一转子位置检测模块201和第二转子位置检测模块202的逻辑信号即检测第一电机M1和第二电机M2的转子位置的检测信号,计算获得对应的第一转子位置编号和第二转子位置编号,并根据第一转子位置编号和第二转子位置编号的比较结果生成控制信号,控制信号可以为PWM信号,根据控制信号对第一电机M1和第二电机M2进行控制,实际是根据电机转子的位置的反馈信号来控制第一电机M1和第二电机M2进行同步运行。

[0073] 在本发明的一个具体实施例中,如图7所示,两个无刷直流电机共用一个控制器模块203的电机控制方法的主要控制过程包括以下步骤:

[0074] S701,进行相关配置。

[0075] 例如微处理器I/O端口、A/D、定时器、中断配置。

[0076] S702,电机控制系统参数设置。

[0077] S703,判断是否有控制信号。

- [0078] 如果有控制信号则进入步骤S704,否则继续等待。
- [0079] S704,读取设定的电机速度信号。
- [0080] 即可以通过微处理器读取用户输入的电机速度信号。
- [0081] S705,计算电机的实际转速。
- [0082] 即可以通过微处理器计算电机的实际转速。
- [0083] S706,对电机速度进行闭环控制。
- [0084] 在本发明的一个实施例中,可以控制第一电机M1和第二电机M2进行PID调节,计算加载到第一电机M1和第二电机M2绕组上的电压系数以调节PWM信号的占空比来控制第一电机M1和第二电机M2转速。在对电机速度进行控制的同时进入步骤S707。
- [0085] S707,对电机的控制系统进行故障诊断。
- [0086] 诊断电机是否过电流、过电压、欠电压及诊断电机是否失速,如果诊断电机的控制系统存在故障则进入步骤S708,否则返回步骤S703。
- [0087] S708,关断功率模块,控制电机停机。
- [0088] 如果步骤S707诊断电机的控制系统存在故障则关断功率模块,控制电机停机。
- [0089] 以上为电机控制的主要流程,同时如果检测第一电机M1和第二电机M2的转子位置信号发生变化时,则执行中断流程,如图8所示,包括以下步骤:
- [0090] S801,计算第一电机和第二电机的转子位置编号。
- [0091] 计算获得第一电机M1的第一转子位置编号M和第二电机M2的第二转子位置编号N。
- [0092] S802,判断第一转子位置编号和第二转子位置编号是否相等或者差值为1。
- [0093] 步骤S801计算获得第一转子位置编号M和第二转子位置编号N之后,比较M和N的大小,如果 $M=1$ 或者 $M-N=\pm 1$ 则进入步骤S803,如果 $M-N>\pm 1$ 则表明两个电极中的一个或者两个电机发生了故障,则返回步骤S708,并提示电机失速故障。
- [0094] S803,电机运行正常。
- [0095] 当 $M=1$ 或者 $M-N=\pm 1$ 时,则两个电机同步运行,电机运行正常。
- [0096] S804,根据M和N中的较小值生成控制信号。
- [0097] 根据步骤S802对M和N的比较结果,选择M和N中的较小者作为当前电机的转子位置编号并生成控制信号。
- [0098] S805,根据控制信号改变功率器件的不同触发组合状态以对电机进行同步调节。
- [0099] 根据步骤S804的控制信号,实际上根据电机的转子位置编号改变功率器件的不同触发组合状态,同时根据步骤S706中获得的电压系数调节控制信号即PWM信号的占空比,对第一电机M1和第二电机M2的绕组同时供电以使电机同步运行。在第一电机M1和第二电机M2同步之后,则终止中断。
- [0100] 在本发明的一个实施例中,第一电机M1和第二电机M2共用一个控制器模块的电机控制方法中最关键的一个问题是如何保证两个电机的速度能保持同步。如图9所示,为无刷直流电机控制的基本矢量图。如图9所示, V_0 为电机电枢电压、 v_a 为电机绕组的端电压、 ω 为电角速度、 Φ_0 为电机电枢合成磁链、 Φ_a 为永磁体产生的磁链。
- [0101] 在本发明的一个实施例中,根据图9所示,第一电机M1和第二电机M2的相绕组满足以下电压方程式:

$$[0102] \quad \begin{pmatrix} v_u \\ v_v \\ v_w \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_a + pL_u & pM_{uv} & pM_{wu} \\ pM_{uv} & R_a & pM_{vw} \\ pM_{wu} & pM_{vw} & R_a + pL_w \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_u \\ i_v \\ i_w \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_u \\ e_v \\ e_w \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0103] 其中, V_u 、 V_v 、 V_w 为相绕组上的端电压, R_a 为绕组的等效电阻, L_u 、 L_v 、 L_w 分别为三相绕组的等效自感, M_{uv} 、 M_{vw} 、 M_{wu} 分别为三相绕组的等效互感, i_u 、 i_v 、 i_w 分别为三相绕组电流, e_u 、 e_v 、 e_w 分别为三相绕组中的等效反电势, p 为变量对时间的微分运算符。

[0104] 在本发明的另一个实施例中, 按照以下公式计算第一电机M1和第二电机M2的电磁转矩:

$$[0105] \quad T = P_n \left\{ \phi_a i_q + (L_d - L_q) i_d i_q \right\} = P_n \left\{ \phi_a i_a \cos \beta + \frac{1}{2} (L_q - L_d) i_a^2 \sin 2\beta \right\} \quad (2)$$

[0106] 其中, T 表示电机产生的电磁转矩, P_n 为电机的极对数, i_d 、 i_q 、 i_a 分别为直轴电流、交轴电流及定子电流合成矢量, L_d 、 L_q 为电机的直轴电感和交轴电感, ϕ_a 为电枢交链磁通矢量, β 为定子电流合成矢量 i_a 的相位角。

[0107] 在本发明的一个实施例中, 加在电机绕组两端的电压是相等的, 对第一电机M1和第二电机M2来说, 即公式(1)等号左边的量应该是相等的。当第一电机M1和第二电机M2的参数出现离散性, 即两电机的电阻 R_a 、自感 L_u 、 L_v 、 L_w , 互感 M_{uv} 、 M_{vw} 、 M_{wu} , 反电势 e_u 、 e_v 、 e_w 不完全相等, 因而会导致第一电机M1和第二电机M2的相电流不相等即:

$$[0108] \quad (i_{u1}, i_{v1}, i_{w1}) \neq (i_{u2}, i_{v2}, i_{w2}) \quad (3)$$

[0109] 如果第一电机M1和第二电机M2的相电流不相等, 如图9所示, 则第一电机M1和第二电机M2的合成电流也不相等即 $i_{a1} \neq i_{a2}$, 从公式(2)进一步可以推出两个电机产生的电磁转矩不相等即 $T1 \neq T2$, 两个电机的电流相位角不相等 $\beta1 \neq \beta2$ 。

[0110] 在本发明的一个具体实施例中, 以第二个电机M2的负载变小为例来分析第一电机M1和第二电机M2是否可能保持同步运行。当第二个电机M2的负载变小时其转速提高, 如图9所示, 第二个电机的电流相位角 $\beta2$ 增大, 直轴电流 i_d 增大, 从图9中可见 i_d 与电机永磁体产生的磁场 ϕ_a 的方向相反, 即当直轴电流 i_d 增大时, 电机的去磁效应增加, 第二个电机M2产生的电磁转矩减小。当第二个电机M2的负载变小时其产生的电磁转矩也相应减小, 从而使得第二电机M2的转速将自动降下来与第一个电机M1保持同步。

[0111] 可以看出, 不论是因为电机参数的离散性还是电机负载的变化, 按本发明实施例的控制方法将导致两台电机的电流相位角不相等即 $\beta1 \neq \beta2$, 而电流相位角的大小决定了相电流产生的磁场对电机永磁体产生的磁场去磁效应的强弱, 因而会导致电机电磁转矩的自动调节, 最终保持两个电机按相同的转速运行。

[0112] 另外, 实验证明, 即使第一电机M1和第二电机M2的参数具有离散性、第一电机M1和第二电机M2的负载有一定的差异, 本发明实施例的电机控制方法也可以使用运行。

[0113] 综上所述, 根据本发明实施例的电机控制方法, 根据转子位置编号生成控制信号, 并且第一电机和第二电机接收同一路控制信号, 可以控制第一电机和第二电机同步运行。另外, 可以减小电机的转矩脉动、提高电机的运行平稳性, 降低电机的噪声。本发明实施例的电机控制方法实现成本低。

[0114] 流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为, 表示包括

一个或更多个用于实现特定逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分,并且本发明的优选实施方式的范围包括另外的实现,其中可以不按所示出或讨论的顺序,包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序,来执行功能,这应被本发明的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

[0115] 在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤,例如,可以被认为是用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表,可以具体实现在任何计算机可读介质中,以供指令执行系统、装置或设备(如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统)使用,或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言,“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例(非穷尽性列表)包括以下:具有一个或多个布线的电连接部(电子装置),便携式计算机盘盒(磁装置),随机存取存储器(RAM),只读存储器(ROM),可擦除可编程只读存储器(EPROM或闪速存储器),光纤装置,以及便携式光盘只读存储器(CDROM)。另外,计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质,因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描,接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序,然后将其存储在计算机存储器中。

[0116] 应当理解,本发明的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中,多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。例如,如果用硬件来实现,和在另一实施方式中一样,可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现:具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路,具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路,可编程门阵列(PGA),现场可编程门阵列(FPGA)等。

[0117] 本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,该程序在执行时,包括方法实施例的步骤之一或其组合。

[0118] 在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用时,也可以存储在一个计算机可读取存储介质中。

[0119] 上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0120] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0121] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例,对于本领域的普通技术人员而言,可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型,本发明的范围由所附权利要求及其等同限定。

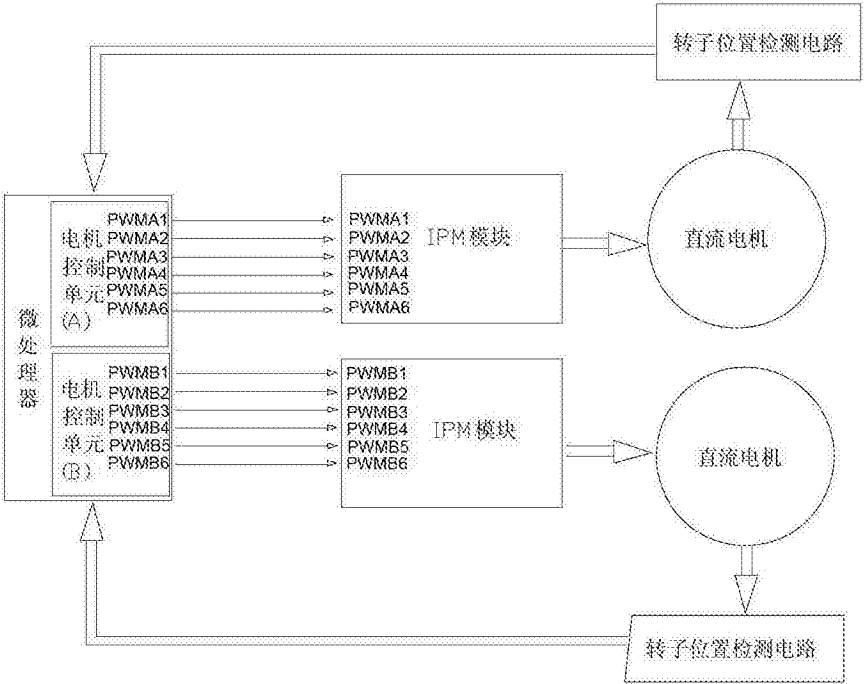


图1

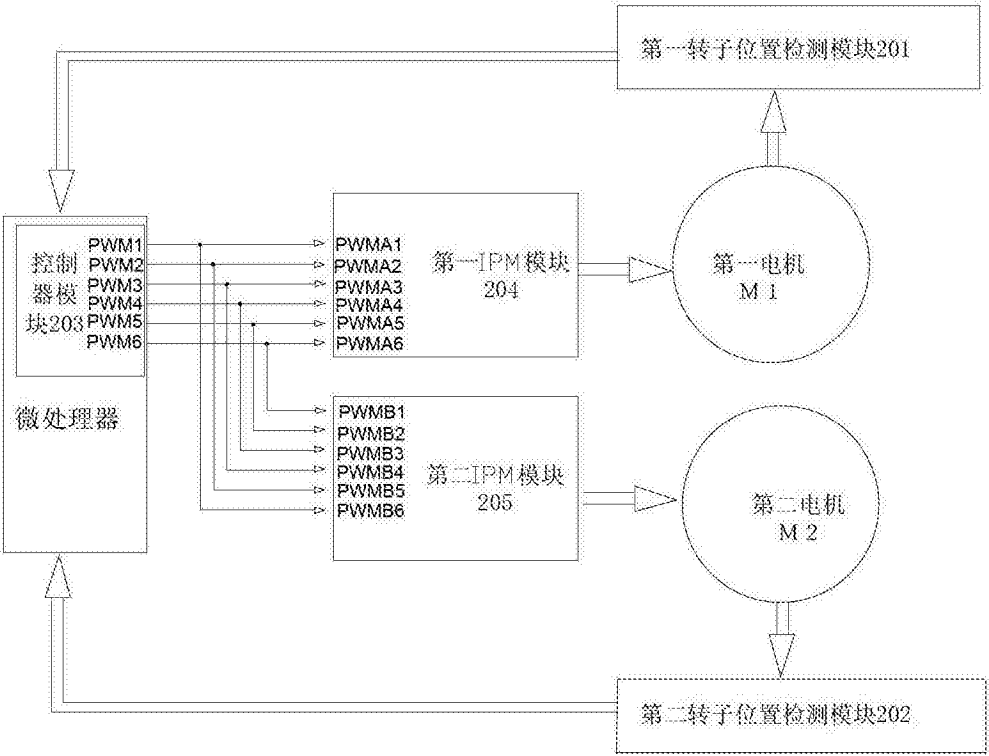


图2

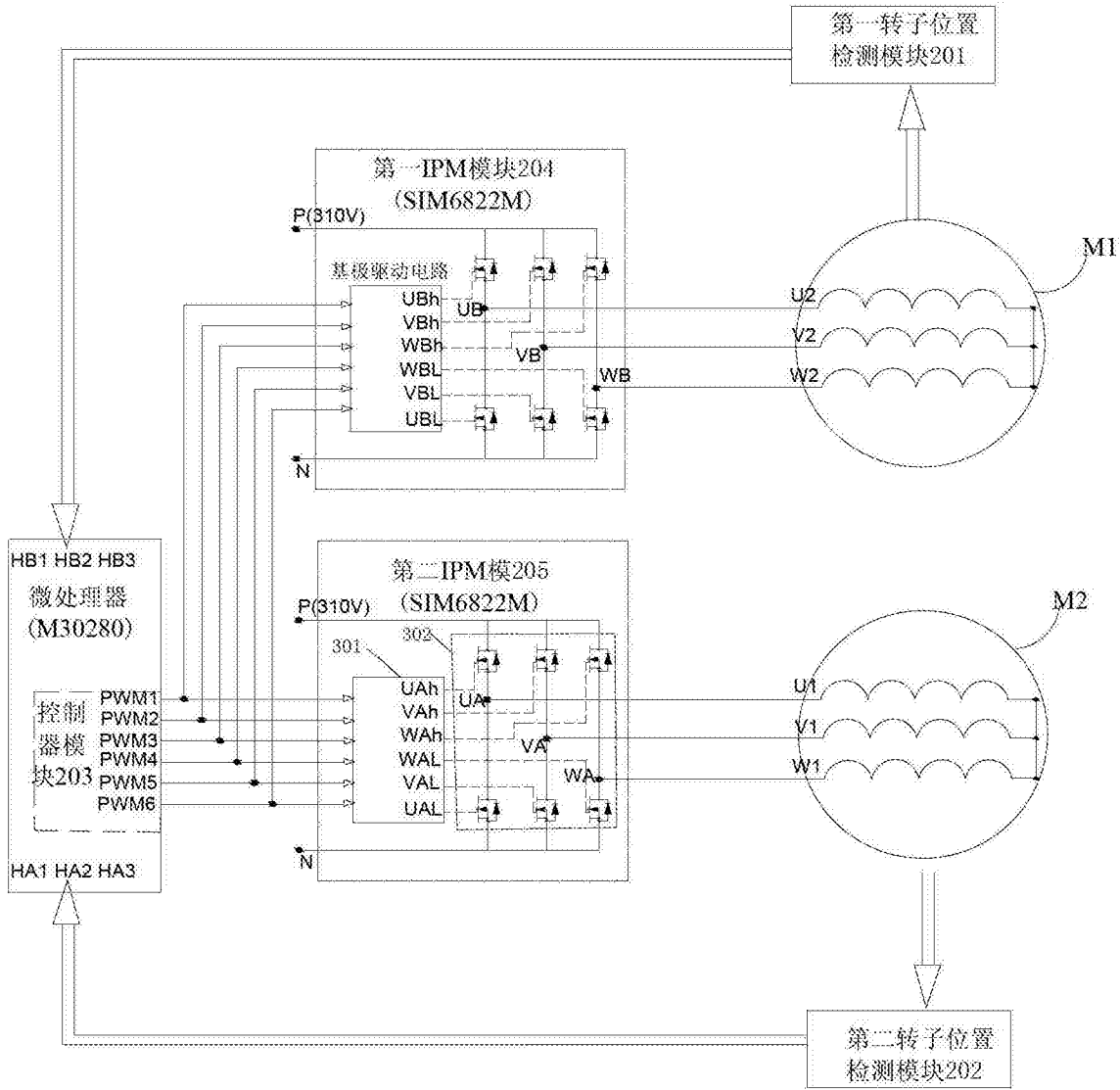


图3

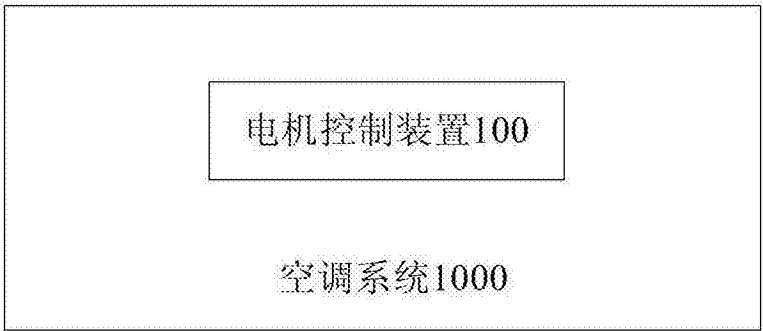


图4

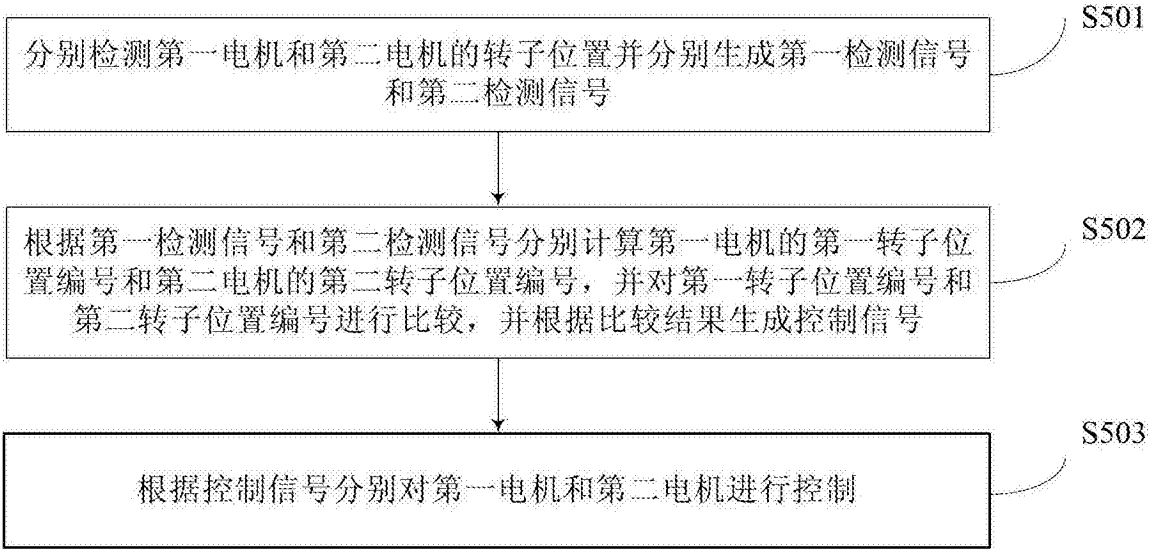


图5

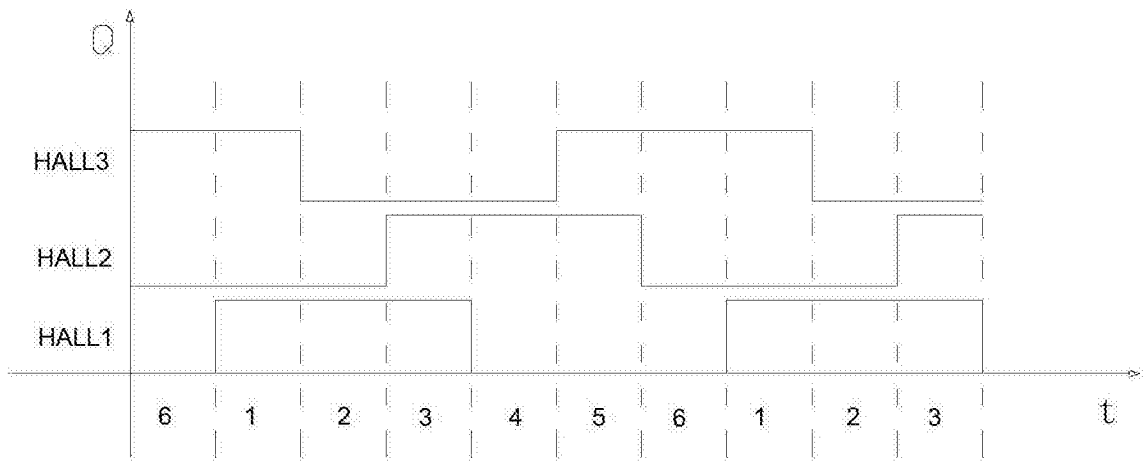


图6

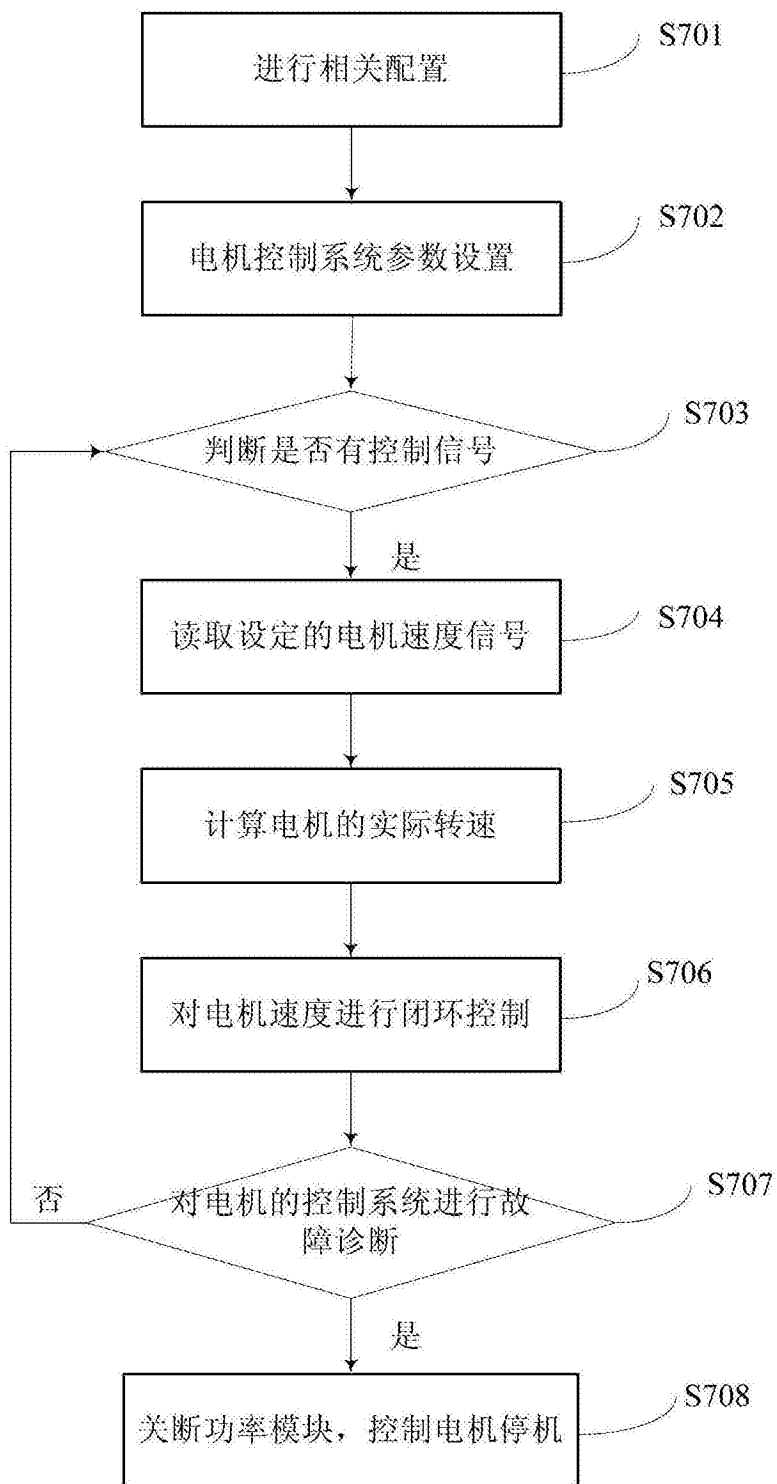


图7

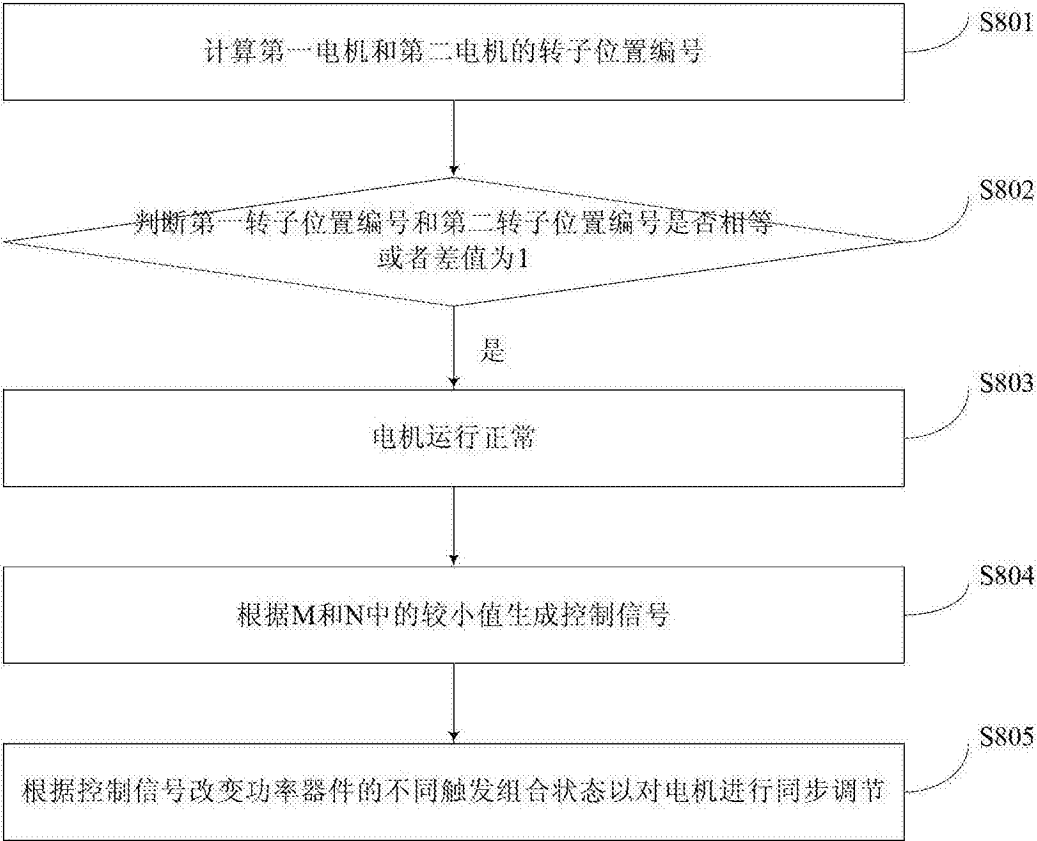


图8

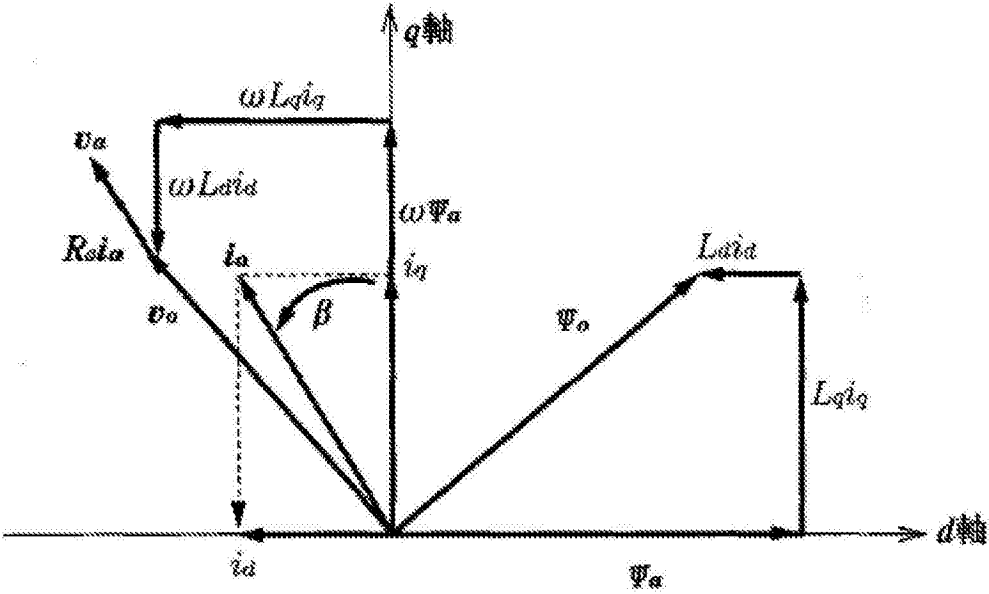


图9