(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109586624 A
(43)申请公布日 2019.04.05

(21)申请号 201811612077.9

(22)申请日 2018.12.27

(71)申请人 珠海格力电器股份有限公司
地址 519070 广东省珠海市香洲区前山金鸡西路789号

(72)发明人 宋爱 张有林 解启伟 戴彪

(74)专利代理机构 北京煦润律师事务所 11522
代理人 朱清娟

(51)Int.Cl.
H02P 6/08(2016.01)
H02P 25/18(2006.01)
H02P 6/20(2016.01)
H02H 7/085(2006.01)

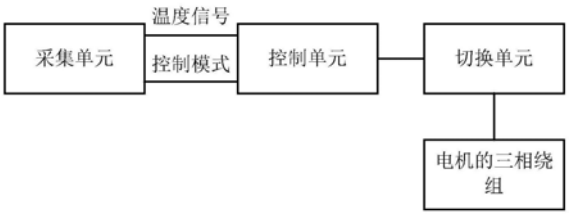
权利要求书3页 说明书13页 附图5页

(54)发明名称

一种电机的控制装置、电机及其控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种电机的控制装置、电机及其控制方法，该装置包括：采集单元，用于获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式；控制单元，用于根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式；所述运行模式，包括：用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；切换单元，用于在角型连接模式下，将电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式；或者，在星型连接模式下，将电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。本发明的方案，可以解决电机的反电动势与最高可运行频率相互矛盾而存在控制难度大的问题，达到提升控制便捷性的效果。



CN 109586624 A

1.一种电机的控制装置,其特征在于,包括:采集单元、控制单元和切换单元;其中,

所述采集单元,用于获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式;

所述控制单元,用于根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式;所述运行模式,包括:用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式,并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法;或者,用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式,并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法;

所述切换单元,用于在所述角型连接模式下,将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式;或者,在所述星型连接模式下,将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

2.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,还包括:

所述控制单元,还用于在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后,对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整;

和/或,

所述控制单元,还用于确定所述电机的延时启动时间是否到达;若所述延时启动时间到达,则控制所述电机启动。

3.根据权利要求1或2所述的装置,其特征在于,所述采集单元,包括:温度采集模块和模式输入模块;其中,

所述温度采集模块,用于采集所述电机所属环境的温度信号;

所述模式输入模块,用于接收用户输入的所述电机的控制模式。

4.根据权利要求1-3之一所述的装置,其特征在于,所述切换单元,包括:第一继电器和第二继电器;其中,

所述第一继电器的三相常开触点开关,分别与所述电机的三相绕组串联;

所述第二继电器的三相常开触点开关,分别与所述电机的三相绕组并联;

所述第一继电器的常闭触点和所述第二继电器的常闭触点,分别串联在彼此的控制回路中,用于实现互锁。

5.根据权利要求4所述的装置,其特征在于,所述切换单元,还包括:继电器驱动模块;

所述继电器驱动模块,用于在所述控制单元输出的继电器控制信号的控制下,向所述第一继电器的线圈或所述第二继电器的线圈提供继电器驱动信号。

6.根据权利要求1-5之一所述的装置,其特征在于,还包括:IPM单元和电流信号提取单元;其中,

所述IPM单元,用于基于输入的直流信号进行逆变驱动控制处理后,向所述电机的三相绕组供电;

所述电流信号提取单元,用于将所述IPM单元的内部桥臂导通时的电流信号转换为电压信号。

7.根据权利要求6所述的装置,其特征在于,还包括:保护单元;

所述保护单元,用于在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保护动作值的情况下,输出异常保护信号,以关断所述IPM单元的内部桥臂、并触发所述控制单元进入设定的过流保护模式。

8.根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述保护单元,包括:基准电压部分和电流

检测部分;其中,

所述基准电压部分,用于将设定的基准电压经DAC模块进行调节后得到的输出电压,进行电压跟随处理后得到基准电压信号;

所述电流检测部分,用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行分压处理后得到分压电压信号,并在所述分压电压信号大于所述基准电压信号的情况下输出所述异常保护信号。

9.根据权利要求8所述的装置,其特征在于,所述基准电压部分,包括:电压跟随器;所述电流检测部分,包括:分压模块和比较模块;

其中,

所述电压跟随器的同相输入端连接至DAC模块的输出端;所述电压跟随器的反相输入端连接至所述电压跟随器的输出端并连接至所述比较模块的负端;

所述分压模块,包括:串联的第一分压电阻和第二分压电阻;所述比较模块的正端,连接至所述第一分压电阻和所述第二分压电阻的公共端;所述比较模块的输出端连接至所述IPM单元的过流保护端。

10.根据权利要求9所述的装置,其特征在于,所述基准电压部分,还包括:第一滤波单元和/或第二滤波单元;其中,

所述第一滤波单元,连接在所述电压跟随器的同相输入端与地之间;和/或,

所述控制单元,包括:DPS芯片;所述第二滤波单元,连接在所述DPS芯片的过流保护触发端;所述DSP芯片的过流保护触发端还连接至所述IPM单元的FO输出端。

11.根据权利要求6-10之一所述的装置,其特征在于,还包括:PWM驱动单元和/或滤波运放保护单元;其中,

PWM驱动单元,用于将所述控制单元输出的PWM控制信号放大后驱动所述IPM单元;和/或,

所述滤波运放保护单元,用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行滤波和/或放大处理,并在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保护动作值的情况下输出异常保护信号至所述控制单元。

12.一种电机,其特征在于,包括:如权利要求1-11任一所述的电机的控制装置。

13.一种如权利要求12所述的电机的控制方法,其特征在于,包括:

获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式;

根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式;所述运行模式,包括:用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式,并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法;或者,用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式,并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法;

在所述角型连接模式下,将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式;或者,在所述星型连接模式下,将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

14.根据权利要求13所述的方法,其特征在于,还包括:

在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后,对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整;

和/或,

确定所述电机的延时启动时间是否到达；

若所述延时启动时间到达，则控制所述电机启动。

15.根据权利要求13或14所述的方法，其特征在于，还包括：

在所述电机的IPM单元的电流信号过流的情况下，输出异常保护信号，以关断所述电机的IPM单元的内部桥臂、并触发所述电机的控制单元进入设定的过流保护模式。

一种电机的控制装置、电机及其控制方法

技术领域

[0001] 本发明属于电机技术领域，具体涉及一种电机的控制装置、电机及其控制方法，尤其涉及一种变频永磁同步电机的控制策略的实现装置、电机及其控制方法。

背景技术

[0002] 永磁同步电机在变频控制中使用的范围越来越广，对于永磁同步电机来说为了减小电机电阻损耗，对于小功率的电机在设计时通常都采用星型连接方式。但是，在实际的应用中，当逆变器的母线电压一定时，电机的频率达到一定值后就会进入饱和，电机频率无法继续升高。当负载力矩一定时，反电势越高，电流越小，电机的电阻损耗也就越小，同时电机能够达到的最高频率越低，为了达到电机在高频运行，通常需要降低电机的反电动势。因此电机的反电动势与最高可运行频率相互矛盾，只能选择优先满足一种，但是实际的使用中，不同的运行情况下对高频和高效的要求不同。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于，针对上述缺陷，提供一种电机的控制装置、电机及其控制方法，以解决现有技术中电机的反电动势与最高可运行频率相互矛盾，无法同时满足高效和高频需求，存在控制难度大的问题，达到提升控制便捷性的效果。

[0004] 本发明提供一种电机的控制装置，包括：采集单元、控制单元和切换单元；其中，所述采集单元，用于获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式；所述控制单元，用于根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式；所述运行模式，包括：用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；所述切换单元，用于在所述角型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式；或者，在所述星型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

[0005] 可选地，还包括：所述控制单元，还用于在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后，对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整；和/或，所述控制单元，还用于确定所述电机的延时启动时间是否到达；若所述延时启动时间到达，则控制所述电机启动。

[0006] 可选地，所述采集单元，包括：温度采集模块和模式输入模块；其中，所述温度采集模块，用于采集所述电机所属环境的温度信号；所述模式输入模块，用于接收用户输入的所述电机的控制模式。

[0007] 可选地，所述切换单元，包括：第一继电器和第二继电器；其中，所述第一继电器的三相常开触点开关，分别与所述电机的三相绕组串联；所述第二继电器的三相常开触点开关，分别与所述电机的三相绕组并联；所述第一继电器的常闭触点和所述第二继电器的常闭触点，分别串联在彼此的控制回路中，用于实现互锁。

[0008] 可选地，所述切换单元，还包括：继电器驱动模块；所述继电器驱动模块，用于在所述控制单元输出的继电器控制信号的控制下，向所述第一继电器的线圈或所述第二继电器的线圈提供继电器驱动信号。

[0009] 可选地，还包括：IPM单元和电流信号提取单元；其中，所述IPM单元，用于基于输入的直流信号进行逆变驱动控制处理后，向所述电机的三相绕组供电；所述电流信号提取单元，用于将所述IPM单元的内部桥臂导通时的电流信号转换为电压信号。

[0010] 可选地，还包括：保护单元；所述保护单元，用于在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保护动作值的情况下，输出异常保护信号，以关断所述IPM单元的内部桥臂、并触发所述控制单元进入设定的过流保护模式。

[0011] 可选地，所述保护单元，包括：基准电压部分和电流检测部分；其中，所述基准电压部分，用于将设定的基准电压经DAC模块进行调节后得到的输出电压，进行电压跟随处理后得到基准电压信号；所述电流检测部分，用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行分压处理后得到分压电压信号，并在所述分压电压信号大于所述基准电压信号的情况下输出所述异常保护信号。

[0012] 可选地，所述基准电压部分，包括：电压跟随器；所述电流检测部分，包括：分压模块和比较模块；其中，所述电压跟随器的同相输入端连接至DAC模块的输出端；所述电压跟随器的反相输入端连接至所述电压跟随器的输出端并连接至所述比较模块的负端；所述分压模块，包括：串联的第一分压电阻和第二分压电阻；所述比较模块的正端，连接至所述第一分压电阻和所述第二分压电阻的公共端；所述比较模块的输出端连接至所述IPM单元的过流保护端。

[0013] 可选地，所述基准电压部分，还包括：第一滤波单元和/或第二滤波单元；其中，所述第一滤波单元，连接在所述电压跟随器的同相输入端与地之间；和/或，所述控制单元，包括：DPS芯片；所述第二滤波单元，连接在所述DPS芯片的过流保护触发端；所述DSP芯片的过流保护触发端还连接至所述IPM单元的Fo输出端。

[0014] 可选地，还包括：PWM驱动单元和/或滤波运放保护单元；其中，PWM驱动单元，用于将所述控制单元输出的PWM控制信号放大后驱动所述IPM单元；和/或，所述滤波运放保护单元，用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行滤波和/或放大处理，并在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保护动作值的情况下输出异常保护信号至所述控制单元。

[0015] 与上述装置相匹配，本发明再一方面提供一种电机，包括：以上所述的电机的控制装置。

[0016] 与上述电机相匹配，本发明再一方面提供一种电机的控制方法，包括：获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式；根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式；所述运行模式，包括：用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；在所述角型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式；或者，在所述星型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

[0017] 可选地，还包括：在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星

型连接方式之后，对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整；和/或，确定所述电机的延时启动时间是否到达；若所述延时启动时间到达，则控制所述电机启动。

[0018] 可选地，还包括：在所述电机的IPM单元的电流信号过流的情况下，输出异常保护信号，以关断所述电机的IPM单元的内部桥臂、并触发所述电机的控制单元进入设定的过流保护模式。

[0019] 本发明的方案，通过根据运行场合的不同，选择星型连接模式高效运行或者选择角型连接模式高频运行，可以满足控制需求且降低控制难度。

[0020] 进一步，本发明的方案，通过对运行场景不同需求的判别，通过对电机绕组连接方式的调整，使电机绕组连接在星型或者三角模式，从而使电机工作在高频需求或者高效需求，控制便捷性好。

[0021] 进一步，本发明的方案，通过对电机运行需求的分析，判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求，然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整，使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换，控制的便捷性和可靠性均可以得到保证。

[0022] 由此，本发明的方案，通过对运行场景不同需求的判别，通过对电机绕组连接方式的调整，使电机绕组连接在星型或者三角模式，解决现有技术中电机的反电动势与最高可运行频率相互矛盾，无法同时满足高效和高频需求，存在控制难度大的问题，从而，克服现有技术中高效与高频需求无法同时满足、控制难度大和使用不方便的缺陷，实现能够根据需求进行控制、控制难度小和使用方便的有益效果。

[0023] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。

[0024] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0025] 图1为本发明的电机的控制装置的一实施例的结构示意图；

[0026] 图2为本发明的电机的控制装置的又一实施例的结构示意图，具体为PMSM电机驱动及电机反电势可调控制电路的电气原理示意图；

[0027] 图3为本发明的电机的控制装置的另一实施例的结构示意图，具体为高效工作模式下的电机控制及绕组连接等效电路的电气原理示意图；

[0028] 图4为本发明的电机的控制装置的再一实施例的结构示意图，具体为高频工作模式下的电机控制及绕组连接等效电路的电气原理示意图；

[0029] 图5为本发明的电机的控制装置的一实施例的控制流程示意图，具体为电机工作模式切换流程；

[0030] 图6为本发明的电机的控制装置的另一实施例的控制流程示意图，具体为电机启动控制流程；

[0031] 图7为本发明的电机的控制装置的再一实施例的控制流程示意图，具体为电机电流硬件保护电路。

[0032] 图8为本发明的电机的控制方法的一实施例的流程示意图；

[0033] 图9为本发明的方法中控制所述电机进行延时启动的一实施例的流程示意图。

具体实施方式

[0034] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明具体实施例及相应的附图对本发明技术方案进行清楚、完整地描述。显然，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0035] 根据本发明的实施例，提供了一种电机的控制装置。参见图1所示本发明的装置的一实施例的结构示意图。该电机的控制装置可以包括：采集单元、控制单元(如所述电机的主控单元)和切换单元。

[0036] 具体地，所述采集单元，可以用于获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式。

[0037] 可选地，所述采集单元，可以包括：温度采集模块和模式输入模块。所述温度采集模块和所述模式输入模块，分别连接至所述控制单元，具体可以连接至所述电机的主控单元。

[0038] 其中，所述温度采集模块，可以用于采集所述电机所属环境的温度信号。所述模式输入模块，可以用于接收用户输入的所述电机的控制模式。

[0039] 由此，通过温度采集模块采集电机所属环境的温度信号，采集方式简便，且采集结果的精准性和可靠性可以得到保证；通过接收模式输入模块输入的控制模式，使得对控制模式的设置和获取方便且可靠。

[0040] 具体地，所述控制单元，可以用于根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式。所述运行模式，可以包括：可以用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，可以用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法。

[0041] 具体地，所述切换单元，可以用于在所述角型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式；或者，在所述星型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

[0042] 例如：为了解决电机高频运行需求和高效率运行无法同时满足的矛盾，可以根据运行场合的不同，选择星型连接模式高效运行或者选择角型连接模式高频运行。从而，通过对运行场景不同需求的判别，通过对电机绕组连接方式的调整，使电机绕组连接在星型或者三角模式，从而使电机工作在高频需求或者高效需求，可以同时解决高效和高频需求的矛盾。

[0043] 由此，通过根据电机所属环境的温度信号和电机的控制模式，确定电机是需要运行于角型连接模式还是需要运行于星型连接模式，进而在电机需要运行于角型连接模式的情况下将电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式，或在电机需要运行于星型连接模式的情况下将电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式，实现了高频运行模式和高效运行模式的切换控制，提升了控制的便捷性和可靠性。

[0044] 可选地，所述切换单元，可以包括：第一继电器和第二继电器。

[0045] 其中，所述第一继电器的三相常开触点开关，分别与所述电机的三相绕组串联。所述第二继电器的三相常开触点开关，分别与所述电机的三相绕组并联。所述第一继电器的线圈和所述第二继电器的线圈，分别连接至所述控制单元。所述第一继电器的常闭触点和

所述第二继电器的常闭触点，分别串联在彼此的控制回路中，可以用于实现互锁，以在所述角型连接模式下禁止所述星型连接模式运行，或在所述星型连接模式下禁止所述角型连接模式运行。

[0046] 例如：主控单元通过对电机运行需求的分析，判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求，然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整，使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换，控制电路具有互锁功能。如图2所示，KA1为第一继电器的线圈，KM1为对应的常开主触点，KM11为对应的常闭辅助触点；KA2为第二继电器的线圈，KM2为对应的常开主触点，KM21为对应的常闭辅助触点。其中，在电机运行期间，主控单元禁止对第一继电器和第二继电器的输出信号进行改变，以防止绕组电流突变引发的打火或拉弧现象。继电器K1和K2(即第一继电器和第二继电器)的常闭触点分别串接在另一继电器的控制回路中用于继电器的互锁，防止两个继电器同时吸合引起绕组断路故障。继电器都未吸合时，单个线圈互不相连，相当于开路。

[0047] 例如：在主控单元开始工作前，通过温度采集单元对环境温度进行监测，根据环境温度和输入模式确定电机需要工作在高效模式还是工作在高频模式。当电机需要进入高效模式时，主控单元输出第一继电器的驱动信号，使第一继电器的线圈KA1得电，第一继电器的三相常开触点KM1吸合，常闭辅助触点KM11断开，防止第二继电器线圈得电，此时电机的三相绕组成星型连接，第一继电器吸合后，主控单元开始启动，通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号，通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调节，进入高效模式后的电机绕组连接方式及其对应的控制电路原理如图3所示。

[0048] 例如：当电机需要进入高频模式时，主控单元输出第二继电器的驱动信号，使第二继电器的线圈KA2得电，第二继电器的三相常开触点KM2吸合，常闭辅助触点KM21断开，防止第一继电器线圈得电，此时电机的三相绕组成三角型连接，第二继电器吸合后，主控单元开始启动，通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号，通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调解，进入高频模式后电机的及其对应的控制电路原理如图4所示。

[0049] 由此，通过设置两个能够相互实现互锁的继电器对电机的三相绕组的连接方式进行切换，切换方式简便，且切换的可靠性高、安全性好。

[0050] 更可选地，所述切换单元，还可以包括：继电器驱动模块。所述继电器驱动模块的输入端连接至所述控制单元，所述继电器驱动模块的输出端分别连接至所述第一继电器的线圈和所述第二继电器的线圈。

[0051] 例如：如图2所示，继电器驱动信号控制单元，可以用于对三相继电器(如第一继电器和第二继电器)进行控制。

[0052] 其中，所述继电器驱动模块，可以用于在所述控制单元输出的继电器控制信号的控制下，向所述第一继电器的线圈或所述第二继电器的线圈提供继电器驱动信号。

[0053] 由此，通过继电器驱动模块在控制单元的控制下对两个继电器进行驱动，有利于提升继电器驱动的可靠性和稳定性。

[0054] 在一个可选实施方式中，还可以包括以下至少一种控制过程。

[0055] 第一种控制过程：对所述电机的电机模型和/或驱动参数进行调整的过程，具体可以包括：所述控制单元，还可以用于在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后，对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整，以

使所述电机正常运行。

[0056] 例如:主控单元通过对电机运行需求的分析,判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求,然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整,使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换,主控单元根据电机绕组连接方式的不同选择不同的电机参数和驱动参数,使电机在两种方式下都可以正常、稳定的运行。

[0057] 例如:电机在星型和三角形连接方式切换时,控制单元根据电机的连接方式不同建立对应的控制模型以实现对电机的稳定控制,在驱动单元的硬件保护电路上设计了可自动调整保护值的保护电路。在控制策略上对永磁同步电机采用无位置传感器检测的闭环控制方式,当电机绕组连接方式发生变化时,控制的电机模型参数和驱动参数也要进行调整,以保证电机正常运行。电机的启动控制流程如下图6。

[0058] 由此,通过对所述电机的电机模型和/或驱动参数进行调整,可以保证电机正常运行,有利于提升电机运行的稳定性和可靠性。

[0059] 第二种控制过程:控制所述电机进行延时启动的过程,具体可以包括:所述控制单元,还可以用于在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后,或者甚至在对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整之后,确定所述电机的延时启动时间是否到达。若所述延时启动时间到达,则控制所述电机启动。

[0060] 例如:电机控制的工作时序如图5所示,在主控单元开始工作时,首先对控制模式和温度信号进行判断,以便根据逻辑确定电机的具体工作模式,在模式确定后对应的继电器吸合,继电器的吸合需要一定的时间,因此在主控给出驱动信号后需要延时一定的时间t1,t1的作用时间应大于继电器动作时间,只有在继电器可靠吸合后,主控单元才进入启动。

[0061] 由此,通过控制所述电机进行延时启动,可以在确保继电器动作完成后再启动电机,有利于保证电机启动并运行的可靠性和稳定性。

[0062] 在一个可选实施方式中,还可以包括:IPM单元和电流信号提取单元。所述IPM单元和所述电流信号提取单元,依次连接至所述控制单元。

[0063] 具体地,所述IPM单元,可以用于基于输入的直流信号进行逆变驱动控制处理后,向所述电机的三相绕组供电。

[0064] 例如:如图2所示,IPM为逆变驱动控制模块;UX、VY、WZ分别为电机的三相绕组,U、V、W分别与IPM的输出信号相连。

[0065] 具体地,所述电流信号提取单元,可以用于将所述IPM单元的内部桥臂导通时的电流信号转换为电压信号后,传输至所述控制单元。

[0066] 例如:如图2所示,电流信号提取单元,可以包括:电流信号检测电路。其中,电流信号检测电路,用于将IPM内部桥臂导通时的电流信号转换为电压信号,常用的方法还可以有电流互感器、水泥电阻、电流霍尔器件等。

[0067] 由此,通过IPM单元和电流信号提取单元的设置,可以提升对电机控制的可靠性及稳定性。

[0068] 在一个可选实施方式中,还可以包括:保护单元。所述保护单元,分别与所述控制单元、所述电流信号提取单元和所述IPM单元连接。

[0069] 其中,所述保护单元,可以用于在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保

护动作值的情况下,输出异常保护信号,以关断所述IPM单元的内部桥臂、并触发所述控制单元进入设定的过流保护模式。

[0070] 由此,通过对电机的IPM单元发生过流的情况下输出异常保护信号,进而实现过流保护,可以提升电机运行的可靠性和稳定性。

[0071] 可选地,所述保护单元,可以包括:基准电压部分和电流检测部分。

[0072] 具体地,所述基准电压部分,可以用于在所述控制单元的控制下,将设定的基准电压经所述控制单元的DAC模块进行调节后得到的输出电压,进行电压跟随处理后得到基准电压信号。

[0073] 具体地,所述电流检测部分,可以用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行分压处理后得到分压电压信号,并在所述分压电压信号大于所述基准电压信号的情况下输出所述异常保护信号,以关断所述IPM单元的内部桥臂、并触发所述控制单元进入设定的过流保护模式。

[0074] 由此,通过基准电压部分和电流检测部分实现过流保护,结构简单,且使得过流保护的可靠性高、安全性好。

[0075] 更可选地,所述基准电压部分,可以包括:电压跟随器。所述电流检测部分,可以包括:分压模块和比较模块。

[0076] 具体地,所述电压跟随器的同相输入端连接至所述控制单元的DAC模块的输出端。所述电压跟随器的反相输入端连接至所述电压跟随器的输出端并连接至所述比较模块的负端。

[0077] 具体地,所述分压模块,可以包括:串联的第一分压电阻和第二分压电阻。所述比较模块的正端,连接至所述第一分压电阻和所述第二分压电阻的公共端。所述比较模块的输出端连接至所述IPM单元的过流保护端(即OC端)。

[0078] 例如:电机电流硬件保护电路如图7所示,电路由基准电压电路和电流检测输入部分组成,基准电压由主控芯片经过DAC进行调节,该输出电压通过电压跟随器IC1后进入比较器IC2负端;电流检测经过电流提取单元输出的电压值经过电阻R1、R2分压后进入比较器IC2正端,当超过基准电压后比较器IC2输出反转,输出高电平,进入IPM的OC引脚,IPM检测到OC信号后,关断所有桥臂,同时在Fo引脚输出低电平,触发主控单元进入过电流保护。当电机工作于星型模式时,电流相对较大,电流的保护值较大,此时DAC需输出设定的高电压;当电机工作与星型模式时,电流相对较小,此时需要降低电流保护值,此时DAC需要输出设定的低电压。

[0079] 由此,通过在基准电压部分中设置电压跟随器,在电流检测部分中设置分压模块和比较模块,结构简单且可靠性高。

[0080] 更进一步可选地,所述基准电压部分,还可以包括:第一滤波单元和/或第二滤波单元。其中,第一滤波单元、第二滤波单元的具体设置方式,可以包括以下至少一种设置情形。

[0081] 第一种设置情形:所述第一滤波单元,连接在所述电压跟随器的同相输入端与地之间。

[0082] 第二种设置情形:所述控制单元,可以包括:DPS芯片。所述第二滤波单元,连接在所述DPS芯片的过流保护触发端(如Fo端)。所述DSP芯片的过流保护触发端还连接至所述

IPM单元的FO输出端。

[0083] 例如:如图2所示,主控单元,负责电机工作时的信号采集及驱动信号的输出,继电器控制信号输出和温度信号采集,通常可以为DSP芯片。

[0084] 由此,通过滤波单元有利于提升过流保护的精准性和可靠性。

[0085] 可选地,还可以包括:PWM驱动单元和/或滤波运放保护单元。所述PWM驱动单元,设置在所述控制单元与所述IPM单元的PWM信号输入端之间。所述滤波运放保护单元,设置在所述控制单元与所述电流信号提取单元之间。

[0086] 其中,PWM驱动单元、滤波运放保护单元的具体处理方式,可以包括以下至少一种处理情形。

[0087] 第一种处理情形:PWM驱动单元,可以用于将所述控制单元输出的PWM控制信号放大后驱动所述IPM单元。

[0088] 例如:如图2所示,PWM驱动单元,用于将主控单元输出的PWM放大用于驱动IPM。

[0089] 第二种处理情形:所述滤波运放保护单元,可以用于将所述电流信号提取单元输出的电压信号进行滤波和/或放大处理,并在所述电流信号提取单元输出的电压信号超过保护动作值的情况下输出异常保护信号至所述控制单元。

[0090] 例如:如图2所示,滤波运放保护单元,可以用于对电流信号进行滤波和放大,以满足MCU和保护电流的要求,当超过保护幅值时发出硬件保护信号。

[0091] 由此,通过PWM驱动单元,有利于提升对IPM单元驱动的可靠性和稳定性;通过滤波运放保护单元,有利于提升对IPM单元的电流信号提取的精准性和可靠性。

[0092] 经大量的试验验证,采用本发明的技术方案,通过根据运行场合的不同,选择星型连接模式高效运行或者选择角型连接模式高频运行,可以满足控制需求且降低控制难度。

[0093] 根据本发明的实施例,还提供了对应于电机的控制装置的一种电机。该电机可以包括:以上所述的电机的控制装置。

[0094] 在一个可选实施方式中,本发明的方案提出一种方案可以同时解决高效和高频需求的矛盾,并对新方案遇到的一些难点技术问题给出了解决方案。

[0095] 可选地,为了解决电机高频运行需求和高效率运行无法同时满足的矛盾,本发明的方案,可以根据运行场合的不同,选择星型连接模式高效运行或者选择角型连接模式高频运行。从而,通过对运行场景不同需求的判别,通过对电机绕组连接方式的调整,使电机绕组连接在星型或者三角模式,从而使电机工作在高频需求或者高效需求。

[0096] 在一个可选例子中,本发明的方案中,主控单元通过对电机运行需求的分析,判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求,然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整,使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换,主控单元根据电机绕组连接方式的不同选择不同的电机参数和驱动参数,使电机在两种方式下都可以正常、稳定的运行。

[0097] 可选地,主控单元通过对电机运行需求的分析,判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求,然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整,使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换,控制电路具有互锁功能。

[0098] 可选地,电机在星型和三角形连接方式切换时,控制单元根据电机的连接方式不同建立对应的控制模型以实现对电机的稳定控制,在驱动单元的硬件保护电路上设计了可

自动调整保护值的保护电路。

[0099] 在一个可选具体实施方式中，可以参见图2至图7所示的例子，对本发明的方案的具体实现过程进行示例性说明。

[0100] 在一个可选具体例子中，PMSM(permanent magnet synchronous motor，即永磁同步电机)的电机驱动及自动可调制电路如图2所示。图2中，IPM为逆变驱动控制模块；UX、VY、WZ分别为电机的三相绕组，U、V、W分别与IPM的输出信号相连。

[0101] 图2中，电流信号提取单元，可以包括：电流信号检测电路。其中，电流信号检测电路，用于将IPM内部桥臂导通时的电流信号转换为电压信号，常用的方法还可以有电流互感器、水泥电阻、电流霍尔器件等。

[0102] 图2中，滤波运放保护单元，可以用于对电流信号进行滤波和放大，以满足MCU和保护电流的要求，当超过保护幅值时发出硬件保护信号。

[0103] 图2中，驱动即驱动单元，可以包括：继电器驱动信号控制单元。其中，继电器驱动信号控制单元，可以用于对三相继电器(如第一继电器和第二继电器)进行控制。

[0104] 图2中，PWM驱动即PWM驱动单元，用于将主控单元输出的PWM放大用于驱动IPM。

[0105] 图2中，主控单元，负责电机工作时的信号采集及驱动信号的输出，继电器控制信号输出和温度信号采集，通常可以为DSP芯片。

[0106] 图2中，KA1为第一继电器的线圈，KM1为对应的常开主触点，KM11为对应的常闭辅助触点；KA2为第二继电器的线圈，KM2为对应的常开主触点，KM21为对应的常闭辅助触点。

[0107] 图2所示的电机驱动及自动可调制电路的工作原理，可以参见以下说明。

[0108] 在主控单元开始工作前，通过温度采集单元对环境温度进行监测，根据环境温度和输入模式确定电机需要工作在高效模式还是工作在高频模式。当电机需要进入高效模式时，主控单元输出第一继电器的驱动信号，使第一继电器的线圈KA1得电，第一继电器的三相常开触点KM1吸合，常闭辅助触点KM11断开，防止第二继电器线圈得电，此时电机的三相绕组成星型连接，第一继电器吸合后，主控单元开始启动，通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号，通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调节，进入高效模式后的电机绕组连接方式及其对应的控制电路原理如图3所示。

[0109] 当电机需要进入高频模式时，主控单元输出第二继电器的驱动信号，使第二继电器的线圈KA2得电，第二继电器的三相常开触点KM2吸合，常闭辅助触点KM21断开，防止第一继电器线圈得电，此时电机的三相绕组成三角型连接，第二继电器吸合后，主控单元开始启动，通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号，通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调解，进入高频模式后电机的及其对应的控制电路原理如图4所示。

[0110] 例如：以空调为例，在制冷模式下通常需要高效模式，而在制热模式下，尤其是在较低温度下，系统的整体效率降低，而整个空调系统需要的热量又较高，在系统一定的情况下，此时只能通过提高频率来提高制热量。

[0111] 在一个可选具体例子中，电机控制的工作时序可以参见以下说明。

[0112] 电机控制的工作时序如图5所示，在主控单元开始工作时，首先对控制模式和温度信号进行判断，以便根据逻辑确定电机的具体工作模式，在模式确定后对应的继电器吸合，继电器的吸合需要一定的时间，因此在主控给出驱动信号后需要延时一定的时间t1，t1的作用时间应大于继电器动作时间，只有在继电器可靠吸合后，主控单元才进入启动。

[0113] 在电机运行期间，主控单元禁止对第一继电器和第二继电器的输出信号进行改变，以防止绕组电流突变引发的打火或拉弧现象。

[0114] 继电器K1和K2(即第一继电器和第二继电器)的常闭触点分别串接在另一继电器的控制回路中用于继电器的互锁，防止两个继电器同时吸合引起绕组断路故障。继电器都未吸合时，单个线圈互不相连，相当于开路。

[0115] 三相绕组在不同的连接方式时，每一相的电阻由于绕线圈数没有发生变化，对于每一相绕组来说，其参数值并没有发生变化，三相绕组对称设计及绕线，在实际计算中可以认为电机每一相的参数是相等的。根据电路的参数的计算可知，从星型连接转换为三角型连接后，电机的相阻抗减小为原阻抗的1/3，反电势减小到原值的$\sqrt{3}/3$倍。由于电机参数的发生了很大的变化，电机运行中的电压和电流同时发生了变化，同等条件下输入电流增大、输入电压减小。

[0116] 在控制策略上对永磁同步电机采用无位置传感器检测的闭环控制方式，当电机绕组连接方式发生变化时，控制的电机模型参数和驱动参数也要进行调整，以保证电机正常运行。电机的启动控制流程如下图6。

[0117] 例如：由于三相绕组连接方式不同，其对外的等效电路模型也发生变化，由于是该控制采用的无位置用此电机驱动控制算法，具体的设计到的参数较为较多，且相对复杂，可以根据实际情况调整。

[0118] 例如：电机模型参数是在在电机控制中基于静止坐标系下的电机参数，包括：电阻、直轴电感、交轴电感，反电势、转动惯量等参数。

[0119] 在一个可选具体例子中，电机电流硬件保护电路如图7所示，电路由基准电压电路和电流检测输入部分组成，基准电压由主控芯片经过DAC进行调节，该输出电压通过电压跟随器IC1后进入比较器IC2负端；电流检测经过电流提取单元输出的电压值经过电阻R1、R2分压后进入比较器IC2正端，当超过基准电压后比较器IC2输出反转，输出高电平，进入IPM的OC引脚，IPM检测到OC信号后，关断所有桥臂，同时在Fo引脚输出低电平，触发主控单元进入过电流保护。

[0120] 由于本实施例的电机所实现的处理及功能基本相应于前述图1至图7所示的装置的实施例、原理和实例，故本实施例的描述中未详尽之处，可以参见前述实施例中的相关说明，在此不做赘述。

[0121] 经大量的试验验证，采用本发明的技术方案，通过对运行场景不同需求的判别，通过对电机绕组连接方式的调整，使电机绕组连接在星型或者三角模式，从而使电机工作在高频需求或者高效需求，控制便捷性好。

[0122] 根据本发明的实施例，还提供了对应于电机的一种电机的控制方法，如图8所示本发明的方法的一实施例的流程示意图。该电机的控制方法可以包括：步骤S110至步骤S130。

[0123] 在步骤S110处，获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式。

[0124] 在步骤S120处，根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式。所述运行模式，可以包括：可以用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，可以用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法。

[0125] 在步骤S130处，在所述角型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换

至三角型连接方式;或者,在所述星型连接模式下,将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式。

[0126] 例如:为了解决电机高频运行需求和高效率运行无法同时满足的矛盾,可以根据运行场合的不同,选择星型连接模式高效运行或者选择角型连接模式高频运行。从而,通过对运行场景不同需求的判别,通过对电机绕组连接方式的调整,使电机绕组连接在星型或者三角模式,从而使电机工作在高频需求或者高效需求,可以同时解决高效和高频需求的矛盾。

[0127] 例如:主控单元通过对电机运行需求的分析,判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求,然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整,使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换,控制电路具有互锁功能。如图2所示,KA1为第一继电器的线圈,KM1为对应的常开主触点,KM11为对应的常闭辅助触点;KA2为第二继电器的线圈,KM2为对应的常开主触点,KM21为对应的常闭辅助触点。其中,在电机运行期间,主控单元禁止对第一继电器和第二继电器的输出信号进行改变,以防止绕组电流突变引发的打火或拉弧现象。继电器K1和K2(即第一继电器和第二继电器)的常闭触点分别串接在另一继电器的控制回路中用于继电器的互锁,防止两个继电器同时吸合引起绕组断路故障。继电器都为吸合时,单个线圈互不相连,相当于开路。

[0128] 例如:在主控单元开始工作前,通过温度采集单元对环境温度进行监测,根据环境温度和输入模式确定电机需要工作在高效模式还是工作在高频模式。当电机需要进入高效模式时,主控单元输出第一继电器的驱动信号,使第一继电器的线圈KA1得电,第一继电器的三相常开触点KM1吸合,常闭辅助触点KM11断开,防止第二继电器线圈得电,此时电机的三相绕组成星型连接,第一继电器吸合后,主控单元开始启动,通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号,通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调节,进入高效模式后的电机绕组连接方式及其对应的控制电路原理如图3所示。

[0129] 例如:当电机需要进入高频模式时,主控单元输出第二继电器的驱动信号,使第二继电器的线圈KA2得电,第二继电器的三相常开触点KM2吸合,常闭辅助触点KM21断开,防止第一继电器线圈得电,此时电机的三相绕组成三角型连接,第二继电器吸合后,主控单元开始启动,通过对输出PWM信号的调节对电机给定不同的电压信号,通过输出不同的电压信号对电机的转速进行调解,进入高频模式后电机的及其对应的控制电路原理如图4所示。

[0130] 由此,通过根据电机所属环境的温度信号和电机的控制模式,确定电机是需要运行于角型连接模式还是需要运行于星型连接模式,进而在电机需要运行于角型连接模式的情况下将电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式,或在电机需要运行于星型连接模式的情况下将电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式,实现了高频运行模式和高效运行模式的切换控制,提升了控制的便捷性和可靠性。

[0131] 在一个可选实施方式中,还可以包括以下至少一种控制过程。

[0132] 第一种控制过程:对所述电机的电机模型和/或驱动参数进行调整的过程,具体可以包括:在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后,对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整,以使所述电机正常运行。

[0133] 例如:主控单元通过对电机运行需求的分析,判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求,然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整,使电机绕组

在星型连接和三角形连接之间相互切换，主控单元根据电机绕组连接方式的不同选择不同的电机参数和驱动参数，使电机在两种方式下都可以正常、稳定的运行。

[0134] 例如：电机在星型和三角形连接方式切换时，控制单元根据电机的连接方式不同建立对应的控制模型以实现对电机的稳定控制，在驱动单元的硬件保护电路上设计了可自动调整保护值的保护电路。在控制策略上对永磁同步电机采用无位置传感器检测的闭环控制方式，当电机绕组连接方式发生变化时，控制的电机模型参数和驱动参数也要进行调整，以保证电机正常运行。电机的启动控制流程如下图6。

[0135] 由此，通过对所述电机的电机模型和/或驱动参数进行调整，可以保证电机正常运行，有利于提升电机运行的稳定性和可靠性。

[0136] 第二种控制过程：控制所述电机进行延时启动的过程。

[0137] 下面结合图9所示本发明的方法中控制所述电机进行延时启动的一实施例流程示意图，进一步说明控制所述电机进行延时启动的具体过程，可以包括：步骤S210和步骤S220。

[0138] 步骤S210，在所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式或星型连接方式之后，或者甚至在对所述电机的电机模型和驱动参数中的至少之一进行调整之后，确定所述电机的延时启动时间是否到达。

[0139] 步骤S220，若所述延时启动时间到达，则控制所述电机启动。

[0140] 例如：电机控制的工作时序如图5所示，在主控单元开始工作时，首先对控制模式和温度信号进行判断，以便根据逻辑确定电机的具体工作模式，在模式确定后对应的继电器吸合，继电器的吸合需要一定的时间，因此在主控给出驱动信号后需要延时一定的时间t1，t1的作用时间应大于继电器动作时间，只有在继电器可靠吸合后，主控单元才进入启动。

[0141] 由此，通过控制所述电机进行延时启动，可以在确保继电器动作完成后再启动电机，有利于保证电机启动并运行的可靠性和稳定性。

[0142] 在一个可选实施方式中，还可以包括：在所述电机的IPM单元的电流信号过流的情况下，输出异常保护信号，以关断所述电机的IPM单元的内部桥臂、并触发所述电机的控制单元进入设定的过流保护模式。

[0143] 例如：电机电流硬件保护电路如图7所示，电路由基准电压电路和电流检测输入部分组成，基准电压由主控芯片经过DAC进行调节，该输出电压通过电压跟随器IC1后进入比较器IC2负端；电流检测经过电流提取单元输出的电压值经过电阻R1、R2分压后进入比较器IC2正端，当超过基准电压后比较器IC2输出反转，输出高电平，进入IPM的OC引脚，IPM检测到OC信号后，关断所有桥臂，同时在Fo引脚输出低电平，触发主控单元进入过电流保护。

[0144] 由此，通过在基准电压部分中设置电压跟随器，在电流检测部分中设置分压模块和比较模块，结构简单且可靠性高。

[0145] 由此，通过对电机的IPM单元发生过流的情况下输出异常保护信号，进而实现过流保护，可以提升电机运行的可靠性和稳定性。

[0146] 由于本实施例的方法所实现的处理及功能基本相应于前述电机的实施例、原理和实例，故本实施例的描述中未详尽之处，可以参见前述实施例中的相关说明，在此不做赘述。

[0147] 经大量的试验验证，采用本实施例的技术方案，通过对电机运行需求的分析，判断对电机工作需求为高频需求或者高效需求，然后通过外部电路对电机的三相绕组的联接方式进行自动调整，使电机绕组在星型连接和三角形连接之间相互切换，控制的便捷性和可靠性均可以得到保证。

[0148] 综上，本领域技术人员容易理解的是，在不冲突的前提下，上述各有利方式可以自由地组合、叠加。

[0149] 以上所述仅为本发明的实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的权利要求范围之内。

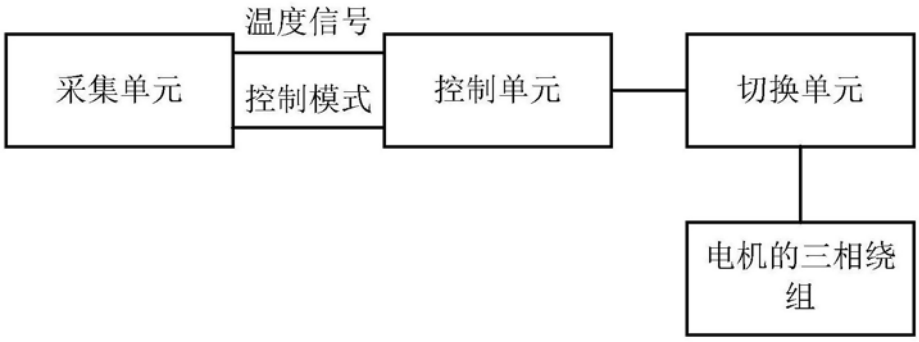

温度信号
采集单元
控制模式
控制单元
切换单元
电机的三相绕组

图1

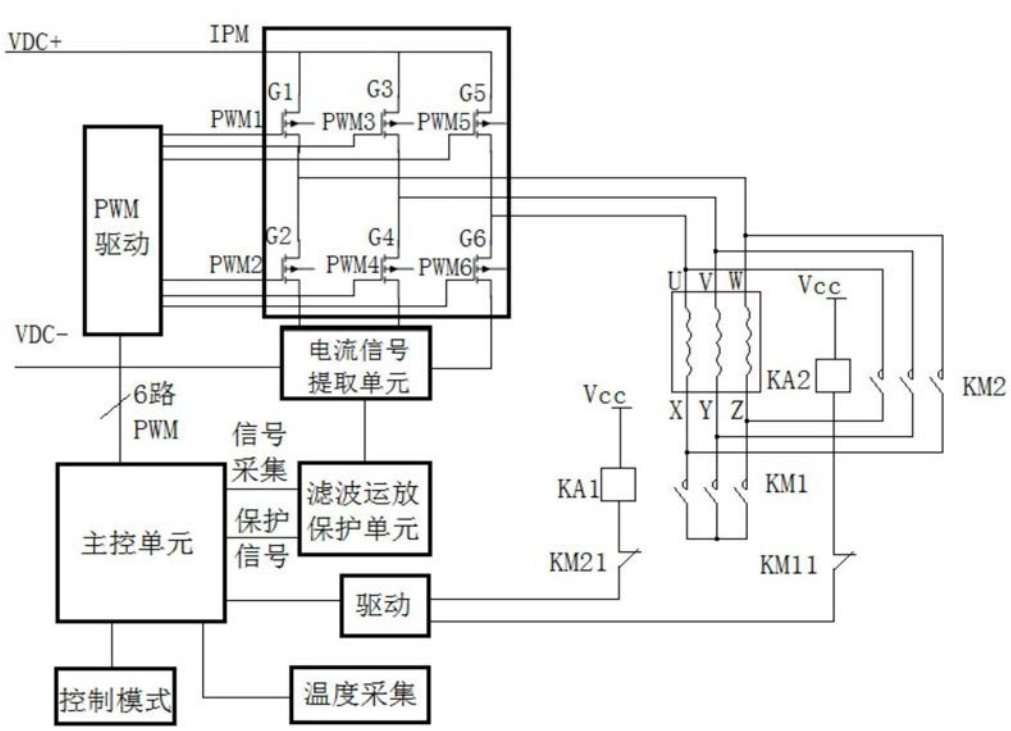

VDC+
IPM
G1
G3
G5
PWM1
PWM3
PWM5
PWM
驱动
G2
G4
G6
PWM2
PWM4
PWM6
U V W
Vcc
VDC-
电流信号
提取单元
KA2
KM2
6路
PWM
信号
采集
Vcc
X Y Z
KA1
KM1
主控单元
保护
信号
滤波运放
保护单元
KM21
KM11
驱动
控制模式
温度采集

图2

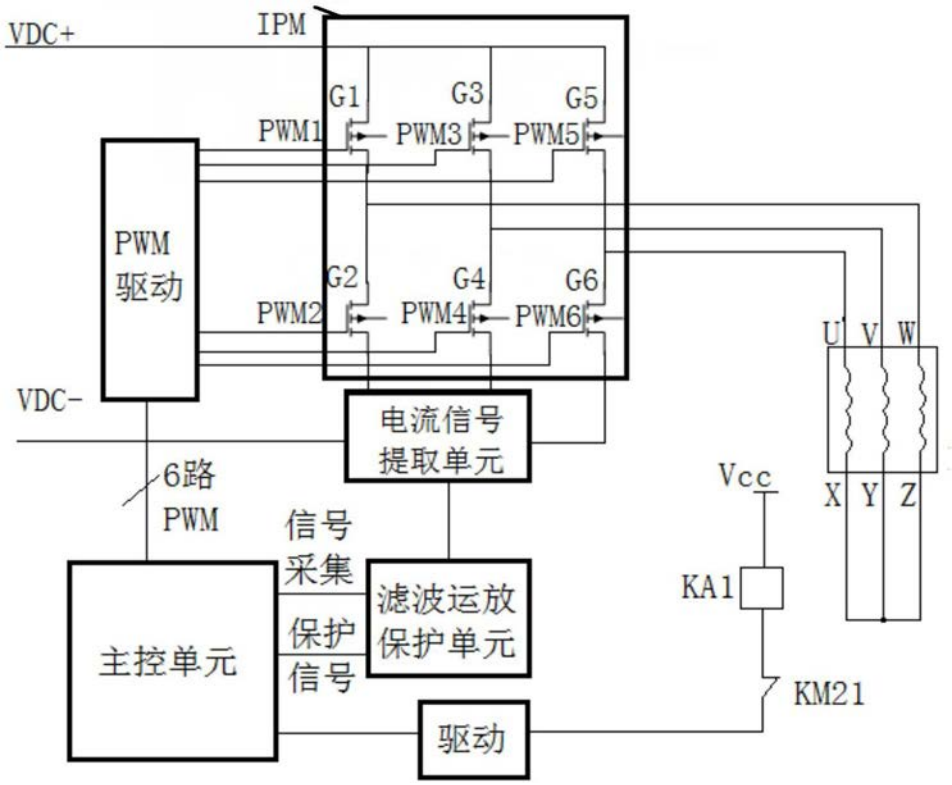

VDC+
IPM
G1
G3
G5
PWM1
PWM3
PWM5
PWM
驱动
G2
G4
G6
PWM2
PWM4
PWM6
U V W
VDC-
电流信号
提取单元
6路
PWM
信号
采集
Vcc
X Y Z
KA1
主控单元
保护
信号
滤波运放
保护单元
KM21
驱动

图3

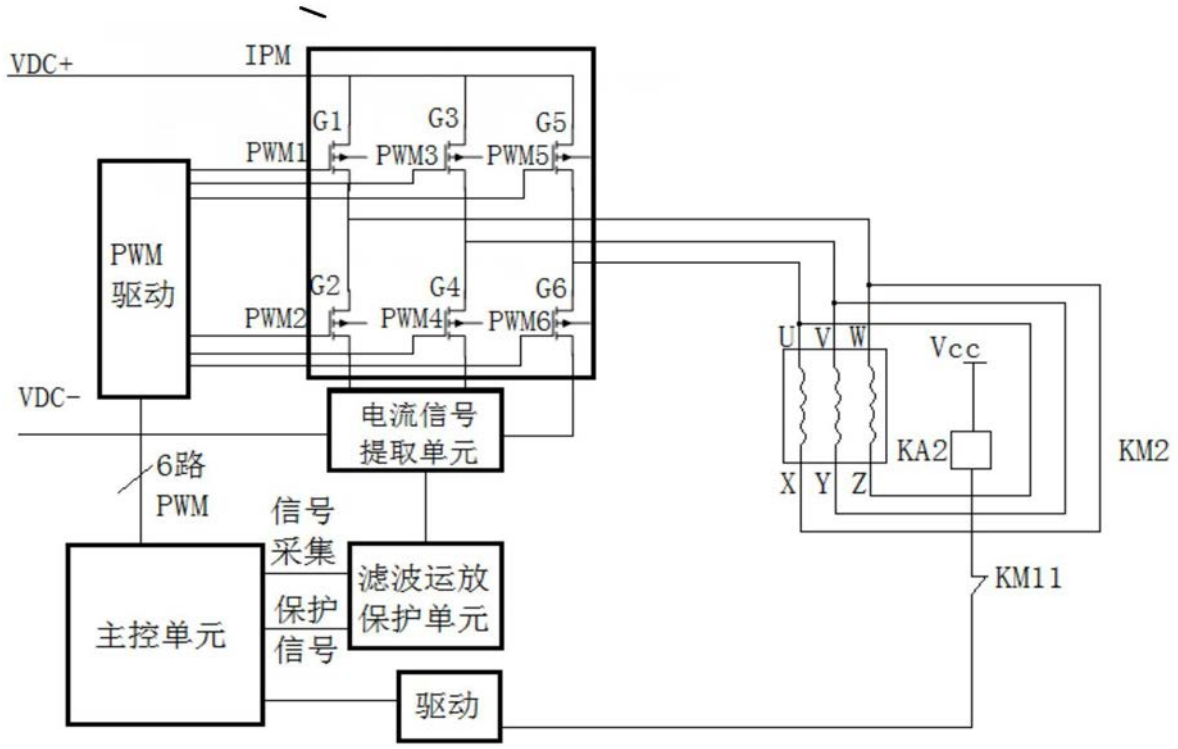

VDC+
IPM
G1
G3
G5
PWM1
PWM3
PWM5
PWM
驱动
G2
G4
G6
PWM2
PWM4
PWM6
U V W
Vcc
VDC-
电流信号
提取单元
KA2
KM2
6路
PWM
信号
采集
X Y Z
主控单元
保护
信号
滤波运放
保护单元
KM11
驱动

图4

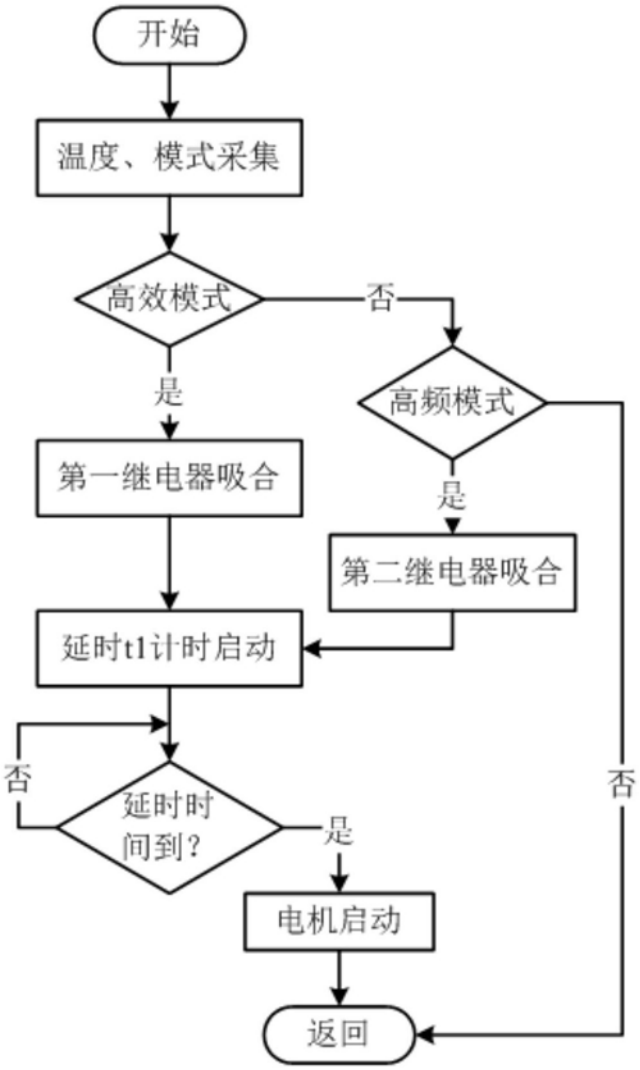

开始
温度、模式采集
高效模式
否
是
高频模式
第一继电器吸合
是
第二继电器吸合
延时t1计时启动
否
延时时间到?
是
否
电机启动
返回

图5

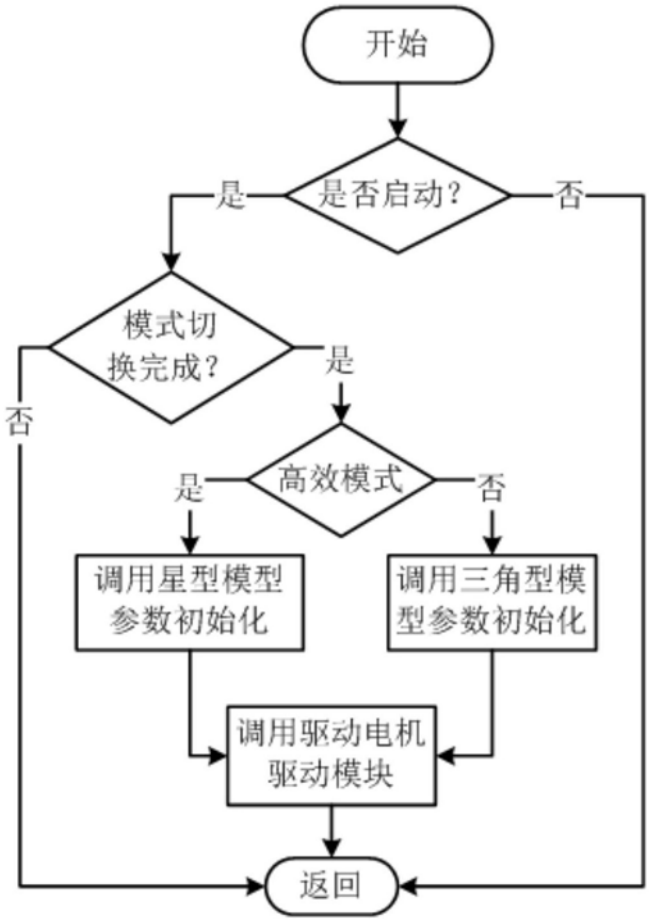

开始
是否启动?
是
否
模式切换完成?
是
否
高效模式
是
否
调用星型模型参数初始化
调用三角型模型参数初始化
调用驱动电机驱动模块
返回

图6

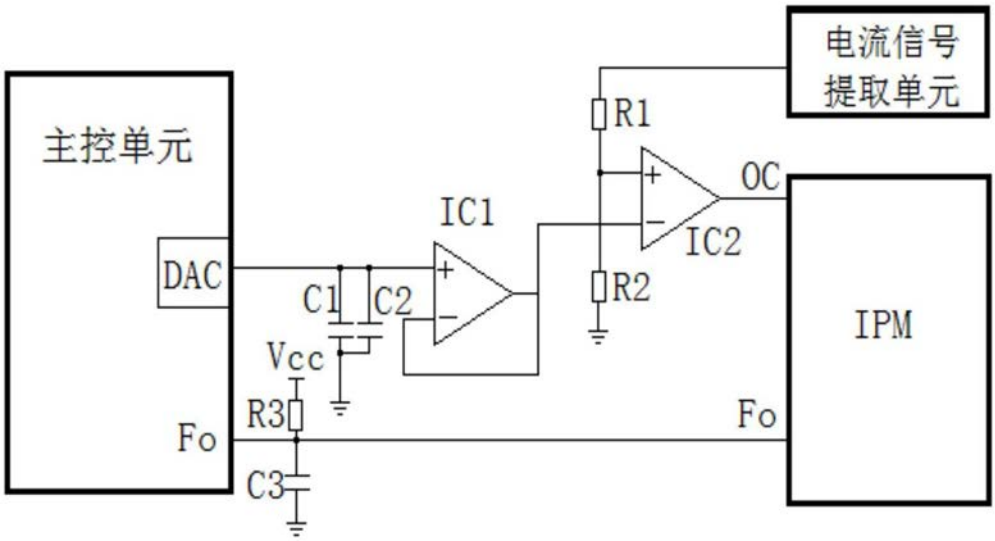

主控单元
DAC
Fo
C1
C2
Vcc
R3
C3
IC1
R1
R2
IC2
OC
电流信号提取单元
IPM
Fo

图7

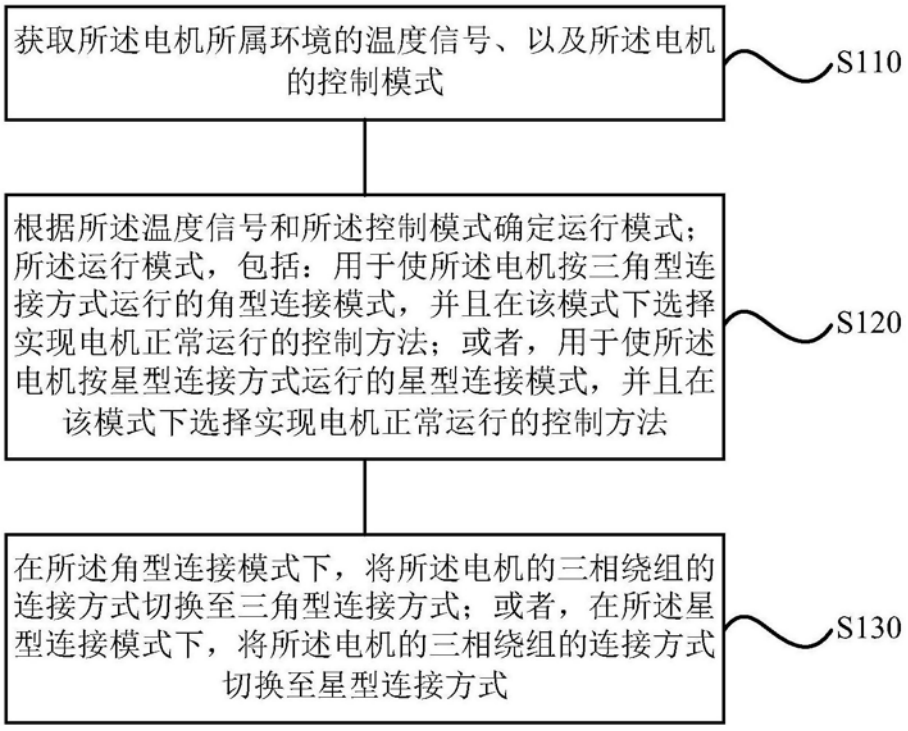

获取所述电机所属环境的温度信号、以及所述电机的控制模式
S110
根据所述温度信号和所述控制模式确定运行模式；所述运行模式，包括：用于使所述电机按三角型连接方式运行的角型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法；或者，用于使所述电机按星型连接方式运行的星型连接模式，并且在该模式下选择实现电机正常运行的控制方法
S120
在所述角型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至三角型连接方式；或者，在所述星型连接模式下，将所述电机的三相绕组的连接方式切换至星型连接方式
S130

图8

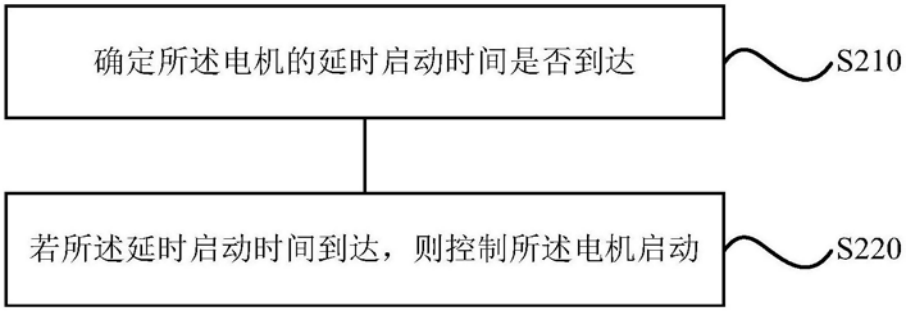

确定所述电机的延时启动时间是否到达
S210
若所述延时启动时间到达，则控制所述电机启动
S220

图9