

电机的主动加热方法、装置、设备、存储介质及程序产品

5 本申请要求于 2022 年 03 月 17 日提交中国专利局、申请号为 202210264853.0、
申请名称为“电机的主动加热方法、装置、设备、存储介质及程序产品”的中国专利
申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及电动汽车领域，尤其涉及一种电机的主动加热方法、装置、设备、存
储介质及程序产品。

10

背景技术

当前电动汽车技术迅速发展，电动汽车正在逐渐替代传统燃油汽车的地位，但目
前电动汽车的发展也面临许多困难，比如在冬季电动汽车会因为气温较低导致电池性
能下降。而通过对电池进行主动加热是提高电池性能重要手段之一。

15 目前，相关技术中对电池主动加热，通常通过改变电机三相电流中一项的占空比，
实现电机铜耗增加，从而实现电机的发热，再将电机的热量传输至电池就可以实现
对电池的升温，达到提升电池性能的目的。

但是，发明人发现相关技术至少存在如下技术问题：通过增加占空比对实现电机
发热，发热效率较低，导致电池的升温较慢。

20

发明内容

本申请提供一种电机的主动加热方法、装置、设备、存储介质及程序产品，用以
解决电池升温慢的问题，增加了电机的升温速度。

25 第一方面，本申请提供一种电机的主动加热方法，包括：
接收热管理系统发送的加热指令，其中加热指令包括加热功率；
根据加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位；
持续检测电机铁耗功率，并确定电机铁耗功率与加热功率的差值，根据电机铁耗
功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至电机铁耗功率与加热功率的差
值小于预设值，以实现电机的主动加热。

30 基于上述技术内容，在接收到加热指令后，改变电机的三相脉冲的相位，可以实
现增加电机铁耗以对进行电机加热的目的，并在改变三相脉冲相位后，继续判断得到
的铁耗功率与加热指令中包含的加热功率的差值是否达到要求，以继续调整相位差，
实现让电机的铁耗功率接近加热功率，持续提高电机加热效率，进而提高电池升温速
度的效果。在一种可能的实现方式中，根据加热功率，向电机输入电流并调整三相脉
35 冲的相位，包括：向电机输入预设大小的电流，并根据加热功率，在预设第一对照表
中查找得到对应的相位差，其中预设第一对照表包括各加热功率与相位差的对应关系；
采用对应的相位差调整三相脉冲的相位。

进一步的，通过在第一对照表中查找与加热功率对应的相位差，直接获得接近或等于加热功率的相位差，减少了后续因铁耗功率不足多次调整相位的时间。

在一种可能的实现方式中，检测电机铁耗功率，包括：测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率。

- 5 进一步的，通过测量得到的电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，确定了电机铁耗功率，便于调整相位。

在一种可能的实现方式中，根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率，的计算公式如下：

$$P=C \cdot D \cdot F \cdot \Delta T \cdot A$$

- 10 其中，P 为电机铁耗功率，C 为冷却液比热容，D 为冷却液密度，F 为冷却液流量， ΔT 为进出口温度差，A 为常数。

进一步的，由冷却液比热容、冷却液密度、冷却液流量、进出口温度差及常数计算电机铁耗功率，便于调整相位，增加电机主动加热速度。

- 在一种可能的实现方式中，在调节三相脉冲的相位差之后，还包括：若三相脉冲的相位差达到最大值，且电机铁耗功率与加热功率的差值大于预设值，则持续检测电机铁耗功率，并提升电流值，直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值。

进一步的，通过在相位差达到最大值，电机铁耗功率未达到加热功率，且电机铁耗功率与加热功率的差值较大的情况下提升电流，实现进一步的提升电机发热效率的效果。

- 20 在一种可能的实现方式中，在接收热管理系统发送的加热指令，其中加热指令包括加热功率之后，还包括：根据加热功率，确定三相脉冲的各相电流值；改变三相脉冲中至少一相的占空比，以增加铜耗；测量实际铜耗功率，并根据实际铜耗功率与加热功率，调整三相脉冲的相位，以增加铁耗；持续检测由铜耗与铁耗产生的总损耗功率，并确定总损耗功率与加热功率的差值，根据总损耗功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至总损耗功率与加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。

进一步的，通过首先使用调整占空比的方法加热，在调节占空比不足以达到需要的加热功率的情况下，再使用调节相位的方法进行热量的补充的方法，可以实现进一步增加电池升温速度的效果。

- 30 在一种可能的实现方式中，根据加热功率，确定三相脉冲的各相电流值，包括：根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值。

进一步的，由电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系得到了各相电流值，可以让初始的电流值取值较大，有利于使温度更快升高。

- 35 在一种可能的实现方式中，根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值，的计算公式如下：

$$P=(I_a^2+I_b^2+I_c^2)R+(I_a+I_b+I_c)V_{ce}+(I_a+I_b+I_c)Q \cdot F$$

其中, $-I_a = I_b + I_c$, $I_b = k \cdot I_c$

其中, I_a 为 a 相电流, I_b 为 b 相电流, I_c 为 c 相电流, R 为电机电阻, V_{ce} 为内置功率管的导通压降, Q 为内置功率管单位电流的单次开关损耗, F 为内置功率管开关频率, k 为根据转子位置确定的常数。

- 5 进一步的, 通过结合预设的公式以及三相脉冲的电流关系, 计算得到各相的电流值, 使初始电流更高, 从而提升加热速度。

在一种可能的实现方式中, 测量实际铜耗功率, 包括: 测量自身的电流值和电压值, 根据自身电流值和电压值确定实际铜耗功率; 或, 测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量, 并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机实际铜耗功率。

- 10 进一步的, 由自身电流值和电压值计算实际铜耗功率, 或由电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量计算实际铜耗功率, 便于准确确定总损耗和加热功率的差值, 便于更准确的调整加热功率。

在一种可能的实现方式中, 根据实际铜耗功率与加热功率, 调整三相脉冲的相位, 包括: 计算实际铜耗功率与加热功率的差值, 并根据实际铜耗功率与加热功率的差值,

- 15 在第二对照表中查找得到对应的相位差, 其中第二对照表包括各实际铜耗功率与加热功率的差值与相位差的对应关系; 采用对应的相位差调整三相脉冲的相位。

进一步的, 通过查找对应关系得到实际铜耗功率与加热功率的差值对应的相位差, 并采用得到的相位差调整三相脉冲的相位, 实现加快电机加热速度的效果。

第二方面, 本申请提供一种电机的主动加热装置, 包括:

- 20 指令接收模块, 用于接收热管理系统发送的加热指令, 其中加热指令包括加热功率; 第一调整模块, 用于根据加热功率, 向电机输入电流并调整三相脉冲的相位; 第二调整模块, 用于持续检测电机铁耗功率, 并确定电机铁耗功率与加热功率的差值, 根据电机铁耗功率与加热功率的差值, 调节三相脉冲的相位差, 直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值, 以实现电机的主动加热。

- 25 第三方面, 本申请提供一种电子设备, 包括: 处理器, 以及与处理器通信连接的存储器; 存储器存储计算机执行指令; 处理器执行存储器存储的计算机执行指令, 使得处理器执行如上述第一方面描述的电机的主动加热方法。

第四方面, 本申请提供一种计算机可读存储介质, 计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令, 计算机执行指令被处理器执行时用于实现如上述第一方面描述的电机的主动加热方法。

- 30 第五方面, 本申请提供一种计算机程序产品, 包括计算机程序, 该计算机程序被处理器执行时实现如上述第一方面描述的的电机的主动加热方法。

本申请提供的电机的主动加热方法、装置、设备、存储介质及程序产品, 通过在接收到加热指令后, 改变电机的三相脉冲的相位, 可以实现增加电机铁耗以对进行电机加热的目的, 并在改变三相脉冲相位后, 继续判断得到的铁耗功率与加热指令中包含的加热功率的差值是否达到要求, 以继续调整相位差, 实现让电机的铁耗功率接近加热功率, 持续提高电机加热效率, 进而提高电机升温速度的效果。

- 35

附图说明

- 图 1 为本申请实施例提供的电机的主动加热方法的应用场景示意图；
图 2 为本申请实施例提供的电机的主动加热方法的流程示意图；
图 3 为本申请实施例提供的三相脉冲相位示意图；
5 图 4 为本申请实施例提供的三相脉冲占空比示意图；
图 5 为本申请实施例提供的一种电机的主动加热装置示意图；
图 6 为本申请实施例的电子设备的结构示意图。

10 具体实施方式

这里将详细地对示例性实施例进行说明，其示例表示在附图中。下面的描述涉及附图时，除非另有表示，不同附图中的相同数字表示相同或相似的要素。以下示例性实施例中所描述的实施方式并不代表与本申请相一致的所有实施方式。相反，它们仅是与如所附权利要求书中所详述的、本申请的一些方面相一致的装置和方法的例子。

15 当前电动汽车技术发展迅速，在城市街头经常可以看到电动汽车的身影。电动汽车有着噪音低、结构简单以及零排放等优点。与此同时，电动汽车也面临着许多挑战，例如充电桩数量有待提升，以及低温情况下电池性能下降等问题。

面对电池性能下降问题，当前的主要解决办法是调节电机中三相电流中某一相的占空比，实现电机铜耗的增加，以实现电机的加热，再由装有冷却液的管路等装置将电机的热量传递至电池，实现为电池的加热。但是，当前使用占空比实现电机发热的方法发热效率较低，提升电池温度的速度较慢。

针对上述技术问题，本申请提出如下技术思路：通过在接收到加热指令后向电机输入三相脉冲，改变三相脉冲的相位差从而增加电机的铁耗，以实现电机的主动加热。

25 图 1 为本申请实施例提供的电机的主动加热方法的应用场景示意图。如图 1，该场景中，包括：热管理系统 101、电动汽车电控 102 以及电机 103。

在具体实现过程中，热管理系统 101，用于向电动汽车电控 102 发送加热指令，加热指令可以是温度低于某预设温度发送的，也可以是接收到外界设备的控制指令后发送的，外接设备例如服务器、电脑、手机等。

30 电动汽车电控 102，用于在接收到加热指令后，向电机 103 输入电流，并调整三相脉冲的相位差。调整三相脉冲的相位差后持续检测电机铁耗功率，若铁耗功率与加热功率相差超过预设值，则继续调整三相脉冲的相位差，直至铁耗功率与加热功率相差小于预设值，并最终通过热泵等装置将热量传输至电池。

可以理解的是，本申请实施例示意的结构并不构成对电机的主动加热方法的具体限定。在本申请另一些可行的实施方式中，上述架构可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者拆分某些部件，或者不同的部件布置，具体可根据实际应用场景确定，在此不做限制。图 1 所示的部件可以以硬件，软件，或软件与硬件的组合实现。

下面以具体地实施例对本申请的技术方案以及本申请的技术方案如何解决上述技术问题进行详细说明。下面这几个具体的实施例可以相互结合，对于相同或相似的概念或过程可能在某些实施例中不再赘述。下面将结合附图，对本申请的实施例进行描述。

图 2 为本申请实施例提供的电机的主动加热方法的流程示意图。本申请实施例的执行主体可以是图 1 中的电动汽车电控 102。如图 2 所示，该方法包括：

S201：接收热管理系统发送的加热指令，其中加热指令包括加热功率。

在本步骤中，加热指令还可以包括开始加热的指令，加热功率可以是预设的，也可以是
5 是根据环境温度得到的，本申请对此不做特殊限制。

S202：根据加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位。

在本步骤中，向电机输入电流可以是输入预设大小的电流，也可以是向电机输入大小
与加热功率成正比的电流。调整三相脉冲的相位，可以是以预设的相位值调整三相脉冲中
某一相的相位，使被调整相的相位差达到预设的相位值。调整三相脉冲的相位，也可以是，
10 以与加热功率成正比的相位值调整三相脉冲中某一相的相位，使三相脉冲的相位差随加热
功率的增加而增加。

其中，预设的相位值可以是 10° 、 15° 或 30° 等。

图 3 为本申请实施例提供的三相脉冲相位示意图。如图 3 中左侧图片所示，三相脉冲
由 A、B、C 三相组成，他们本身相位相同，相位差为零。以调整 A 相相位为例。如图 3
15 中中间图片所示，当调整其中 A 相的相位后，三相脉冲中的 A 相相位发生变化，三相的
相位差不为 0，三相不重合部分增加（如图 3 中加粗部分所示），A 相电压等于电池电压，B、
C 相电压为 0 时，电流增加，A 相电压为 0 且 B、C 相电压为电池电压时，电流快速下降，
三相脉冲重合时电流克服环路阻抗，电流缓慢下降，电流波形如脉冲波形下方所示，最高
电流例如 10A，本申请对电流达到的最大值不作限制。相位差最大调整范围如图 3 右侧图
20 片所示，此时 A 相相位调整了 $1/2$ 周期，相位差为 180° ，三相脉冲不重合的粗线部分最
长。A 相电压为电池电压时电流增加，A 相电压为电池电压为 0 时，B、C 相电压为电池
电压，电流快速下降，这种情况相对图 3 中间的情况电流峰值更高，图示为 20A，本申请
对本情况电流达到的最大值也不做限制。

S203：持续检测电机铁耗功率，并确定电机铁耗功率与加热功率的差值，根据电机铁
25 耗功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至电机铁耗功率与加热功率的差值
小于预设值，以实现电机的主动加热。

在本步骤中，检测电机铁耗功率，可以通过检测电机温度变化，或检测电驱动系统
中冷却液温度变化，再通过计算温度变化相应的热量得到点击铁耗功率。由于检测得到的
温度变化与实际功率可能有差距，所以可以加入常数进行修正。若电机铁耗功率减加热功
30 率得到的差值大于预设值，则减小相位差，若电机铁耗功率减加热功率得到的差值的绝对
值大于预设值，且差值不大于预设值，说明电机铁耗功率小于加热功率，则增加相位差。
预设值可以是一个固定数值，也可以是按加热功率的一定比例计算得到的。

具体例如，若检测得到的电机铁耗功率为 10 kW，加热功率为 20 kW，则电机铁耗功
率减加热功率得到的差值为 -10 kW，预设值若为 5 kW，则差值的绝对值大于预设值，且差
35 值小于预设值，说明需要增加相位差。若检测得到的点击铁耗功率为 18 kW，加热功率为
20 kW，则电机铁耗功率减加热功率得到的差值为 -2 kW，预设值若为 5 kW，则差值和差
值的绝对值都小于预设值，说明达到要求，可以不再改变相位差。预设值可以是上述的 5 kW，
也可以是 3 kW 或者 2 kW 等，还可以是加热功率的预设比例，例如加热功率的 10%、7%
或 5%等。

从上述实施例的描述可知，本申请实施例通过在接收到加热指令后，改变电机的三相脉冲的相位，可以实现增加电机铁耗以对进行电机加热的目的，并在改变三相脉冲相位后，继续判断得到的铁耗功率与加热指令中包含的加热功率的差值是否达到要求，以继续调整相位差，实现让电机的铁耗功率接近加热功率，持续提高电机加热效率，进而提高电池升温速度的效果。

5 在一种可能的实现方式中，上述步骤 S202 中，根据加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位，具体包括：

S2021：向电机输入预设大小的电流，并根据加热功率，在预设第一对照表中查找得到对应的相位差，其中预设第一对照表包括各加热功率与相位差的对应关系。

10 在本步骤中，预设大小的电流，可以是电流值为预设大小，也可以是电压值为预设大小，本申请对此不作特殊限制。预设的第一对照表可以是预先通过实验测试得到的。

S2022：采用对应的相位差调整三相脉冲的相位。

本步骤，可以是调整三相脉冲的相位，使三相脉冲出现的相位差与上述对应的相位差大小相同。

15 从上述实施例的描述可知，本申请实施例提供了调整相位的具体方式，通过在第一对照表中查找与加热功率对应的相位差，直接获得接近或等于加热功率的相位差，减少了后续因铁耗功率不足多次调整相位的时间。

在一种可能的实现方式中，上述步骤 S203 中，检测电机铁耗功率，具体包括：测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率。

20 在一种可能的实现方式中，根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率，的计算公式如下：

$$P=C \cdot D \cdot F \cdot \Delta T \cdot A$$

其中，P 为电机铁耗功率，C 为冷却液比热容，D 为冷却液密度，F 为冷却液流量， ΔT 为进出口温度差，A 为常数。

25 测量电驱动系统冷却液的进出口温度差可以通过温度传感器检测得到的，冷却液流量可以是使用流量测量仪表测量得到的，也可以是由使冷却液流动的泵的功率推算得到的。

其中，温度传感器可以是接触式温度传感器也可以是非接触式温度传感器。常数 A 可以用于统一单位，还可以根据经验值做出调整以消除误差。冷却液密度 D 可以是 1.0559 kg/m³，冷却液比热容 C 可以是 3.13，不同的冷却液可以有不同的密度和比热容，本申请对此不作限制。冷却液流量可以是 10L/min，该流量的单位和数值也可以随不同情况而做出调整，这里仅作为示例。

从上述实施例的描述可知，本申请实施例通过测量得到的电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，确定了电机铁耗功率，便于调整相位。

在一种可能的实现方式中，在上述步骤 S203，调节三相脉冲的相位差之后，还包括：

35 S204：若三相脉冲的相位差达到最大值，且电机铁耗功率与加热功率的差值大于预设值，则持续检测电机铁耗功率，并提升电流值，直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值。

在本步骤中，提升电流值可以是按预设值提升电流值，也可以是根据电机铁耗功率与

加热功率的差值确定电流需要提升的大小。

具体的，可以通过在预设的第三对照表中，查找得到对应的所需提升的电流值，第三对照表中存有电机铁耗功率与加热功率的差值和电流值的关系。本步骤中“直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值”与上述步骤 S203 中类似，在这里不再赘述。

- 5 从上述实施例的描述可知，本申请实施例通过在相位差达到最大值，电机铁耗功率未达到加热功率，且电机铁耗功率与加热功率的差值较大的情况下提升电流，实现进一步的提升电机发热效率的效果。

在一种可能的实现方式中，上述步骤 S201 在接收热管理系统发送的加热指令，其中加热指令包括加热功率之后，还包括：

- 10 S202A：根据加热功率，确定三相脉冲的各相电流值。

在本步骤中，可以根据加热功率和电机以及电动汽车电控的性质，计算出三相脉冲各相电流值。也可以在预设的第四对照表中查找得到三相脉冲各相电流值，其中第四对照表存储有加热功率和三相脉冲各相的关系。

S203A：改变三相脉冲中至少一相的占空比，以增加铜耗。

- 15 在本步骤中，可以是对称调制方法改变占空比，当三相脉冲中有一相的占空比与其他两项不同时，由于三相脉冲不重合，所以在不重合的部分会使电流增加，在重合的部分电流会逐渐减小。图 4 为本申请实施例提供的三相脉冲占空比示意图。如图 4 所示，在三相脉冲不重合的加粗部分，电流增加，占空比改变通常较小，电流增加较少，在三相脉冲重合部分三相的电压相同，由于电路中有阻抗，所以电流缓慢下降，此时电流最大值较
20 小，例如图中的 2A，此时铁耗较小。

S204A：测量实际铜耗功率，并根据实际铜耗功率与加热功率，调整三相脉冲的相位，以增加铁耗。

在本步骤中，测量实际同号功率的方法，也可以与上述步骤 S203 使用的方法类似，都可以采用测量冷却液温度变化得到实际功率。

- 25 在一种可能的实现方式中，测量实际铜耗功率，具体包括：

测量自身的电流值和电压值，根据自身电流值和电压值确定实际铜耗功率。或，测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机实际铜耗功率。

其中，根据自身电流值和电压值确定实际铜耗功率，的计算公式如下：

$$P_c = I_{dc} + U_{dc}$$

- 30 P_c 为实际铜耗功率， I_{dc} 为自身电流值， U_{dc} 为自身电压值。

根据进出口温度差和冷却液流量确定电机实际铜耗功率的方法与上述步骤 S203 类似，在这里不再赘述。

- 35 S205A：持续检测由铜耗与铁耗产生的总损耗功率，并确定总损耗功率与加热功率的差值，根据总损耗功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至总损耗功率与加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。

本步骤与上述步骤 S203 类似，在这里不再赘述。

从上述实施例的描述可知，本申请实施例提供了一种首先使用调整占空比的方法加热，在调节占空比不足以达到需要的加热功率的情况下，再使用调节相位的方法进行热量的补

充的方法，可以实现进一步增加电池升温速度的效果。

在一种可能的实现方式中，上述步骤 S204A 中根据加热功率，确定三相脉冲的各相电流值，具体包括：

5 根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值。

在一种可能的实现方式中，根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值，的计算公式如下：

$$P = (I_a^2 + I_b^2 + I_c^2)R + (I_a + I_b + I_c)V_{ce} + (I_a + I_b + I_c)Q \cdot F$$

其中， $-I_a = I_b + I_c$ ， $I_b = k \cdot I_c$

10 式中， I_a 为 a 相电流， I_b 为 b 相电流， I_c 为 c 相电流， R 为电机电阻， V_{ce} 为内置功率管的导通压降， Q 为内置功率管单位电流的单次开关损耗， F 为内置功率管开关频率， k 为根据转子位置确定的常数。其中， $-I_a = I_b + I_c$ ， $I_b = k \cdot I_c$ 表示了三相脉冲的电流关系。内置功率管可以是电动汽车电控内置的功率管。

15 从上述实施例的描述可知，本申请实施例提供了三相脉冲的各相电流值的计算方法，可以实现让初始的电流值取值较大的效果，有利于温度提升。

在一种可能的实现方式中，在上述步骤 S204A 中，根据实际铜耗功率与加热功率，调整三相脉冲的相位，包括：

20 S204A1：计算实际铜耗功率与加热功率的差值，并根据实际铜耗功率与加热功率的差值，在第二对照表中查找得到对应的相位差，其中第二对照表包括各实际铜耗功率与加热功率的差值与相位差的对应关系。

本步骤与上述步骤 S2021 类似，在此不再赘述。

S204A2：采用对应的相位差调整三相脉冲的相位。

本步骤与上述步骤 S2022 类似，在此不再赘述。

25 从上述实施例的描述可知，本申请实施例通过查找对应关系得到实际铜耗功率与加热功率的差值对应的相位差，并采用得到的相位差调整三相脉冲的相位，实现加快电机加热速度的效果。

图 5 为本申请实施例提供的一种电机的主动加热装置示意图。如图 5 所示，电机的主动加热装置 500，包括：指令接收模块 501、第一调整模块 502 以及第二调整模块 503。

30 指令接收模块 501，用于接收热管理系统发送的加热指令，其中加热指令包括加热功率。

第一调整模块 502，用于根据加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位。

第二调整模块 503，用于持续检测电机铁耗功率，并确定电机铁耗功率与加热功率的差值，根据电机铁耗功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。

35 本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

在一种可能的实现方式中，第一调整模块 502，具体用于：向电机输入预设大小的电流，并根据加热功率，在预设第一对照表中查找得到对应的相位差，其中预设第一对照表

包括各加热功率与相位差的对应关系。采用对应的相位差调整三相脉冲的相位。

本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

5 在一种可能的实现方式中，第二调整模块 503，具体用于：测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率。

本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

10 在一种可能的实现方式中，第二调整模块 503，测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率，采用的计算公式可以是：

$$P=C \cdot D \cdot F \cdot \Delta T \cdot A$$

其中，P 为电机铁耗功率，C 为冷却液比热容，D 为冷却液密度，F 为冷却液流量， ΔT 为进出口温度差，A 为常数。

本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

15 继续参考图 5。如图 5 所示，在一种可能的实现方式中，电机的主动加热装置 500，还包括：功率提升模块 504。

功率提升模块 504，用于若三相脉冲的相位差达到最大值，且电机铁耗功率与加热功率的差值大于预设值，则持续检测电机铁耗功率，并提升电流值，直至电机铁耗功率与加热功率的差值小于预设值。

20 本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

继续参考图 5。在一种可能的实现方式中，如图 5 所示，电机的主动加热装置 500，还包括：电流确定模块 505、第三调整模块 506、第四调整模块 507 以及第五调整模块 508。

电流确定模块 505，用于根据加热功率，确定三相脉冲的各相电流值。

25 第三调整模块 506，用于改变三相脉冲中至少一相的占空比，以增加铜耗。

第四调整模块 507，用于测量实际铜耗功率，并根据实际铜耗功率与加热功率，调整三相脉冲的相位，以增加铁耗。

30 第五调整模块 508，用于持续检测由铜耗与铁耗产生的总损耗功率，并确定总损耗功率与加热功率的差值，根据总损耗功率与加热功率的差值，调节三相脉冲的相位差，直至总损耗功率与加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。

本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

35 在一种可能的实现方式中，上述电流确定模块 505，具体用于：根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值。

本实施例提供的装置，可用于执行上述方法实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，本实施例此处不再赘述。

在一种可能的实现方式中，上述电流确定模块 505，采用的计算公式如下：

$$P=(I_a^2+I_b^2+I_c^2)R+(I_a+I_b+I_c)V_{ce}+(I_a+I_b+I_c)Q \cdot F$$

其中, $-I_a=I_b+I_c$, $I_b=k \cdot I_c$

式中, I_a 为 a 相电流, I_b 为 b 相电流, I_c 为 c 相电流, R 为电机电阻, V_{ce} 为内置功率管的导通压降, Q 为内置功率管单位电流的单次开关损耗, F 为内置功率管开关频率, k 为根据转子位置确定的常数。

5 本实施例提供的装置, 可用于执行上述方法实施例的技术方案, 其实现原理和技术效果类似, 本实施例此处不再赘述。

在一种可能的实现方式中, 第四调整模块 507, 具体用于: 测量自身的电流值和电压值, 根据自身电流值和电压值确定实际铜耗功率; 或, 测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量, 并根据进出口温度差和冷却液流量确定电机实际铜耗功率。

10 本实施例提供的装置, 可用于执行上述方法实施例的技术方案, 其实现原理和技术效果类似, 本实施例此处不再赘述。

在一种可能的实现方式中, 第四调整模块 507, 具体用于: 计算实际铜耗功率与加热功率的差值, 并根据实际铜耗功率与加热功率的差值, 在第二对照表中查找得到对应的相位差, 其中第二对照表包括各实际铜耗功率与加热功率的差值与相位差的对应关系。采用
15 对应的相位差调整三项脉冲的相位。

本实施例提供的装置, 可用于执行上述方法实施例的技术方案, 其实现原理和技术效果类似, 本实施例此处不再赘述。

为了实现上述实施例, 本申请实施例还提供了一种电子设备。

参考图 6, 其示出了适于用来实现本申请实施例的电子设备 600 的结构示意图, 该电子设备 600 可以为电动汽车中的数据处理设备。图 6 示出的电子设备仅仅是一个示例, 不
20 应对本申请实施例的功能和使用范围带来任何限制。

如图 6 所示, 电子设备 600 可以包括处理装置(例如中央处理器、图形处理器等)601, 其可以根据存储在只读存储器(Read Only Memory, 简称 ROM) 602 中的程序或者从存储装置 608 加载到随机访问存储器(Random Access Memory, 简称 RAM) 603 中的程序
25 而执行各种适当的动作和处理。在 RAM 603 中, 还存储有电子设备 600 操作所需的各种程序和数据。处理装置 601、ROM 602 以及 RAM 603 通过总线 604 彼此相连。输入/输出(I/O) 接口 605 也连接至总线 604。

通常, 以下装置可以连接至 I/O 接口 605: 包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、摄像头、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置 606; 包括例如液晶显示器(Liquid Crystal
30 Display, 简称 LCD)、扬声器、振动器等的输出装置 607; 包括例如磁带、硬盘等的存储装置 608; 以及通信装置 609。通信装置 609 可以允许电子设备 600 与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然图 6 示出了具有各种装置的电子设备 600, 但是应理解的是, 并不要求实施或具备所有示出的装置。可以替代地实施或具备更多或更少的装置。

特别地, 根据本申请的实施例, 上文参考流程图描述的过程可以被实现为计算机软件程序。例如, 本申请的实施例包括一种计算机程序产品, 其包括承载在计算机可读存储介质上的计算机程序, 该计算机程序包含用于执行流程图所示的方法的程序代码。在这样的
35 实施例中, 该计算机程序可以通过通信装置 609 从网络上被下载和安装, 或者从存储装置 608 被安装, 或者从 ROM 602 被安装。在该计算机程序被处理装置 601 执行时, 执行本申

请实施例的方法中限定的上述功能。

需要说明的是，本申请上述的计算机可读存储介质可以是计算机可读信号介质或者计算机存储介质或者是上述两者的任意组合。计算机可读存储介质例如可以是——但不限于——电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件，或者任意以上的组合。

- 5 计算机可读存储介质的更具体的例子可以包括但不限于：具有一个或多个导线的电连接、便携式计算机磁盘、硬盘、随机访问存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、可擦式可编程只读存储器（EPROM 或闪存）、光纤、便携式紧凑磁盘只读存储器（CD-ROM）、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。在本申请中，计算机可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质，该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。而在本申请中，计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号，其中承载了计算机可读的程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式，包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。计算机可读信号介质还可以是计算机可读存储介质以外的任何计算机可读存储介质，该计算机可读信号介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。计算机可读存储介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输，包括但不限于：15 电线、光缆、RF（射频）等等，或者上述的任意合适的组合。

上述计算机可读存储介质可以是上述电子设备中所包含的；也可以是单独存在，而未装配入该电子设备中。

- 20 上述计算机可读存储介质承载有一个或者多个程序，当上述一个或者多个程序被该电子设备执行时，使得该电子设备执行上述实施例所示的方法。

- 可以以一种或多种程序设计语言或其组合来编写用于执行本申请的操作的计算机程序代码，上述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言——诸如 Java、Smalltalk、C++，还包括常规的过程式程序设计语言——诸如“C”语言或类似的程序设计语言。程序代码可以完全地在用户计算机上执行、部分地在用户计算机上执行、作为一个独立的软件包执行、25 部分在用户计算机上部分在远程计算机上执行、或者完全在远程计算机或服务器上执行。在涉及远程计算机的情形中，远程计算机可以通过任意种类的网络——包括局域网（Local Area Network，简称 LAN）或广域网（Wide Area Network，简称 WAN）——连接到用户计算机，或者，可以连接到外部计算机（例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接）。

- 附图中的流程图和框图，图示了按照本申请各种实施例的系统、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上，流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段、或代码的一部分，该模块、程序段、或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意，在有些作为替换的实现中，方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这依所涉及的功能而定。30 也要注意的，框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合，可以用执行规定的功能或操作的专用的基于硬件的系统来实现，或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

描述于本申请实施例中所涉及到的模块可以通过软件的方式实现，也可以通过硬件的方式来实现。其中，单元的名称在某种情况下并不构成对该模块本身的限定，例如，第一

调整模块还可以被描述为“三相脉冲相位调整模块”。

本文中以上描述的功能可以至少部分地由一个或多个硬件逻辑部件来执行。例如，非限制性地，可以使用的示范类型的硬件逻辑部件包括：现场可编程门阵列（FPGA）、专用集成电路（ASIC）、专用标准产品（ASSP）、片上系统（SOC）、复杂可编程逻辑设备（CPLD）等等。

在本申请的上下文中，机器可读介质可以是有形的介质，其可以包含或存储以供指令执行系统、装置或设备使用或与指令执行系统、装置或设备结合地使用的程序。机器可读介质可以是机器可读信号介质或机器可读储存介质。机器可读介质可以包括但不限于电子的、磁性的、光学的、电磁的、红外的、或半导体系统、装置或设备，或者上述内容的任何合适组合。机器可读存储介质的更具体示例会包括基于一个或多个线的电气连接、便携式计算机盘、硬盘、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 或快闪存储器）、光纤、便捷式紧凑盘只读存储器（CD-ROM）、光学储存设备、磁储存设备、或上述内容的任何合适组合。

以上描述仅为本申请的较佳实施例以及对所运用技术原理的说明。本领域技术人员应当理解，本申请中所涉及的公开范围，并不限于上述技术特征的特定组合而成的技术方案，同时也应涵盖在不脱离上述公开构思的情况下，由上述技术特征或其等同特征进行任意组合而形成的其它技术方案。例如上述特征与本申请中公开的（但不限于）具有类似功能的技术特征进行互相替换而形成的技术方案。

本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后，将容易想到本申请的其它实施方案。本申请旨在涵盖本申请的任何变型、用途或者适应性变化，这些变型、用途或者适应性变化遵循本申请的一般性原理并包括本申请未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的，本申请的真正范围和精神由下面的权利要求书指出。

应当理解的是，本申请并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构，并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本申请的范围仅由所附的权利要求书来限制。

权 利 要 求 书

- 1、一种电机的主动加热方法，其特征在于，包括：
接收热管理系统发送的加热指令，其中所述加热指令包括加热功率；
根据所述加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位；
- 5 持续检测电机铁耗功率，并确定所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值，根据所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值，调节所述三相脉冲的相位差，直至所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。
2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述根据所述加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位，包括：
- 10 向所述电机输入预设大小的电流，并根据所述加热功率，在预设第一对照表中查找得到对应的相位差，其中所述预设第一对照表包括各加热功率与相位差的对应关系；
采用所述对应的相位差调整三相脉冲的相位。
- 3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述检测电机铁耗功率，包括：
测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据所述进出口温度差和冷
- 15 却液流量确定电机铁耗功率。
4、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述根据所述进出口温度差和冷却液流量确定电机铁耗功率，的计算公式如下：
$$P=C \cdot D \cdot F \cdot \Delta T \cdot A$$

其中，P 为电机铁耗功率，C 为冷却液比热容，D 为冷却液密度，F 为冷却液流量， ΔT 为进出口温度差，A 为常数。
- 20 5、根据权利要求 1 至 4 任一项所述的方法，其特征在于，在所述调节所述三相脉冲的相位差之后，还包括：
若所述三相脉冲的相位差达到最大值，且所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值大于所述预设值，则持续检测电机铁耗功率，并提升电流值，直至所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值小于所述预设值。
- 25 6、根据权利要求 1 至 5 任一项所述的方法，其特征在于，在所述接收热管理系统发送的加热指令，其中所述加热指令包括加热功率之后，还包括：
根据所述加热功率，确定三相脉冲的各相电流值；
改变所述三相脉冲中至少一相的占空比，以增加铜耗；
测量实际铜耗功率，并根据所述实际铜耗功率与所述加热功率，调整三相脉冲的相位，
- 30 以增加铁耗；
持续检测由铜耗与铁耗产生的总损耗功率，并确定所述总损耗功率与所述加热功率的差值，根据所述总损耗功率与所述加热功率的差值，调节所述三相脉冲的相位差，直至所述总损耗功率与所述加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。
- 7、根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述根据所述加热功率，确定三相脉
- 35 冲的各相电流值，包括：
根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值。

8、根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述根据电动机电阻、内置功率管导通压降、内置功率管单位电流的单次开关损耗、内置功率管开关频率以及三相脉冲的电流关系，确定三相脉冲的各相电流值，的计算公式如下：

$$P=(I_a^2+I_b^2+I_c^2)R+(I_a+I_b+I_c)V_{ce}+(I_a+I_b+I_c)Q\cdot F$$

其中， $-I_a=I_b+I_c$ ， $I_b=k\cdot I_c$

5 式中， I_a 为 a 相电流， I_b 为 b 相电流， I_c 为 c 相电流，R 为电机电阻， V_{ce} 为内置功率管的导通压降，Q 为内置功率管单位电流的单次开关损耗，F 为内置功率管开关频率，k 为根据转子位置确定的常数。

9、根据权利要求 6 至 8 任一项所述的方法，其特征在于，所述测量实际铜耗功率，包括：

10 测量自身的电流值和电压值，根据自身电流值和电压值确定实际铜耗功率；或，
测量电驱动系统冷却液的进出口温度差和冷却液流量，并根据所述进出口温度差和冷却液流量确定电机实际铜耗功率。

10、根据权利要求 6 至 9 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述实际铜耗功率与所述加热功率，调整三相脉冲的相位，包括：

15 计算所述实际铜耗功率与所述加热功率的差值，并根据所述实际铜耗功率与所述加热功率的差值，在第二对照表中查找得到对应的相位差，其中所述第二对照表包括各实际铜耗功率与所述加热功率的差值与相位差的对应关系；

采用所述对应的相位差调整三相脉冲的相位。

11、一种电机的主动加热装置，其特征在于，包括：

20 指令接收模块，用于接收热管理系统发送的加热指令，其中所述加热指令包括加热功率；

第一调整模块，用于根据所述加热功率，向电机输入电流并调整三相脉冲的相位；

25 第二调整模块，用于持续检测电机铁耗功率，并确定所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值，根据所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值，调节所述三相脉冲的相位差，直至所述电机铁耗功率与所述加热功率的差值小于预设值，以实现电机的主动加热。

12、一种电子设备，其特征在于，包括：处理器，以及与所述处理器通信连接的存储器；

所述存储器存储计算机执行指令；

30 所述处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令，使得所述处理器执行如权利要求 1 至 10 中任一项所述的电机的主动加热方法。

13、一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，所述计算机执行指令被处理器执行时用于实现如权利要求 1 至 10 中任一项所述的电机的主动加热方法。

35 14、一种计算机程序产品，其特征在于，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 10 中任一项所述的电机的主动加热方法。