



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106257824 A

(43)申请公布日 2016. 12. 28

(21)申请号 201610444547.X

H02P 27/12(2006.01)

(22)申请日 2016.06.20

H02M 7/48(2007.01)

(30)优先权数据

62/182,108 2015.06.19 US

14/837,496 2015.08.27 US

(71)申请人 迪尔公司

地址 美国伊利诺伊州

(72)发明人 大卫·M·洛肯 吴隆 付天均

罗伯特·B·肖

尼尔·D·克莱蒙斯

(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 汪洋

(51)Int. Cl.

H02P 27/06(2006.01)

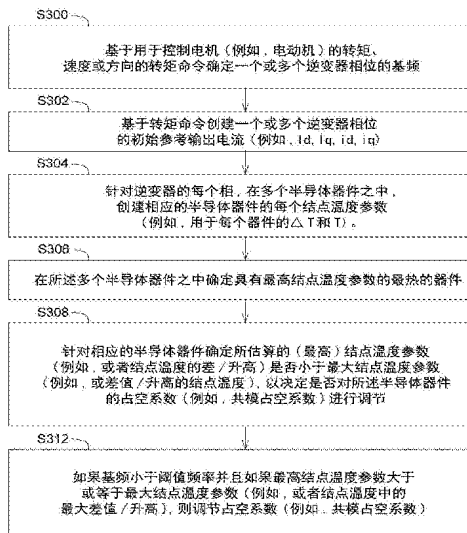
权利要求书3页 说明书22页 附图16页

(54)发明名称

用于控制电机的方法和具有热管理的逆变器

(57)摘要

本发明披露了一种用于控制电机的方法和具有热管理的逆变器。温度估算模块针对逆变器的每个相估算多个半导体器件中的相应的半导体器件的每个结点温度。温度估算模块或数据处理系统确定这些半导体器件中的具有最高结点温度的最热的器件。温度调节模块或数据处理系统确定是否最高结点温度参数小于最大结点温度参数,或决定是否调节半导体器件的占空因数。



1. 一种用于操作逆变器以控制电机的方法,所述方法包括:
 基于用于控制电机的转矩、速度或方向的转矩命令确定逆变器的一个或多个相的基频;
 基于所述转矩命令建立初始参考输出电流;
 针对逆变器的每个相,估算多个半导体器件中的对应的半导体器件的每个结点温度;
 确定所述逆变器中的所述多个半导体器件中的具有最高结点温度的最热的器件;和
 确定所述最高结点温度参数是否小于用于相应的半导体器件的最大结点温度参数,以决定是否调节半导体器件的占空因数。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
 如果基频低于阈值频率以及如果最高结点温度大于或等于最大结点温度参数,则调节所述占空因数。
3. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
 确定占空因数的调节是否为在最大值处的调节;以及
 如果占空因数的调节不是在最大值处的调节,并且如果估算的结点温度参数大于或等于最大结点温度参数,则调节所述占空因数以限制处于输出电流电平的最热的器件的结点温度。
4. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
 如果结点温度低于最大结点温度,则认可所述初始参考输出电流的增大的有效性,所述增大的有效性取决于所述转矩命令。
5. 根据权利要求1所述的方法,还包括:
 确定占空因数的调节是否为最大值或极限值处的调节;以及
 如果占空因数的调节不是在最大值或极限值处的调节,并且如果所述多个半导体器件中的最热的器件不是高侧开关或不是高侧二极管,则将所述占空因数向上调节以限制所述结点温度。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,基于以下项确定所述占空因数:
 所述多个半导体器件中的具有最高电流的一个半导体器件中的最大电流或具有最高电流的输出相中的最大电流;
 具有比所述最大电流低的电流并且与具有最小电流的半导体器件或输出相不同的半导体器件或输出相中的中等电流;和
 峰值经调节的占空因数,
 其中,所述峰值经调节的占空因数被储存于数据储存装置中并且能够通过所述逆变器的特征化加以确定。
7. 根据权利要求5所述的方法,其中,根据下列公式调节所述占空因数:

$$|\text{经调节的占空}| = 3 \times \frac{|I_{\max}| - |I_{\text{medium}}|}{|I_{\max}| + |I_{\text{medium}}|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

其中“峰值经调节的占空”是期望的峰值经调节的占空因数数据, I_{\max} 是具有最高电流的半导体器件的最大电流,并且 I_{medium} 是一个不同的相中的另一半导体器件的、比最大电流小的中等电流。

8. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

确定占空因数的调节是否为最大值处的调节;以及

如果占空因数的调节不是最大值处的调节,并且如果所述多个半导体器件中的最热的器件是高侧开关或是高侧二极管,则将所述占空因数向下调节以限制所述结点温度。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述占空因数是基于最大电流、中等电流、和峰值经调节的占空参数确定的,其中所述峰值经调节的占空参数被储存于数据储存装置中并且能够通过逆变器的特征化加以确定。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中,根据下列公式调节所述占空因数:

$$|\text{经调节的占空}| = 3 \times \frac{|I_{\max}| - |I_{\text{medium}}|}{|I_{\max}| + |I_{\text{medium}}|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

其中“峰值经调节的占空”是期望的峰值经调节的占空因数数据, I_{\max} 是具有最高电流的半导体器件的最大电流,并且 I_{medium} 是一个不同的相中的另一半导体器件的、比最大电流小的中等电流。

11. 一种用于操作逆变器以控制电机的方法,所述方法包括:

基于用于控制电机的转矩、速度或方向的转矩命令确定逆变器的一个或多个相的基频;

基于多个半导体器件中每个半导体器件的动态热阻抗和功率耗散的特征化,针对逆变器的每个相,估算所述多个半导体器件中的相应的半导体器件的每个结点温度;

确定所述多个半导体器件中的具有最高结点温度的最热的器件;和

基于一个或多个半导体器件的估算的结点温度参数低于所述一个或多个半导体器件的相应的最大结点温度参数,通过将热耗散转移至具有可用的或多余的热耗散的所述一个或多个半导体器件,在所述多个半导体器件之间建立热分配,以将所述多个半导体器件中的最热的器件的结点温度限制为最大温度,所述多个半导体器件包括低侧半导体开关、高侧半导体开关、低侧二极管和高侧二极管;以及

如果确定的基频低于或等于阈值频率,则根据所述热分配、通过将偏移函数波形注入到脉宽调制生成模块以生成用于每个相的高侧半导体开关和低侧半导体开关的输入端子的适当的驱动信号、以实现用于所述逆变器的每个相的大致正弦输出波形的方式,在每个相中的半导体器件与不同的相中的半导体器件之间对占空因数进行调节。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,经调节的占空因数具有用于每个相的相应的最大输出电流,并且其中基于当逆变器在最大输出电流状态下操作时的最大占空因数调节来确定所述峰值经调节的占空因数。

13. 根据权利要求11所述的方法,其中,经调节的占空因数表达为如下方程:

$$|\text{经调节的占空}| = 3 \times \frac{|I_{\max}| - |I_{\text{medium}}|}{|I_{\max}| + |I_{\text{medium}}|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

其中“峰值经调节的占空”是期望的峰值经调节的占空因数数据, I_{\max} 是具有最高电流的半导体器件的最大电流,并且 I_{medium} 是一个不同的相中的另一半导体器件的、比最大电流小的中等电流。

14. 根据权利要求11所述的方法,其中,在零(0)和零点五(0.5)之间动态地调节共模占空因数。

15. 根据权利要求11所述的方法,其中,占空因数被调节以在逆变器的一个相内、在低侧半导体器件与高侧半导体器件之间转移损耗并且因此移动热耗散。

16. 根据权利要求11所述的方法,其中,占空因数被调节以在逆变器的一个相内、在半导体开关和同一相中与相反的半导体开关相关联的相反的二极管之间转移损耗并且因此移动热耗散。

17. 根据权利要求11所述的方法,其中,占空因数被调节以在逆变器的一个相内、将损耗并且因此将热耗散从一个半导体开关向同一相中与相反的半导体开关相关联的相反的二极管转移或移动。

18. 根据权利要求11所述的方法,其中,占空因数被调节以在逆变器的一个相内将损耗并且因此将热耗散从一个二极管向同一相中与相反的二极管相关联的相反的半导体开关转移或移动。

19. 根据权利要求11所述的方法,其中,通过以对称的三次谐波方式改变共模占空因数来调整占空因数,以在不同的相中的不同的半导体器件之间对称地转移所述损耗并且因此移动热耗散,在所述对称的三次谐波方式中,第一半导体开关中的电压或电流相对于导通的第二和第三半导体器件减小。

20. 根据权利要求11所述的方法,其中,通过将所注入的共模偏移函数波形的极性或相偏移量从大致零度改变为大致360度,所述占空因数被调节以在逆变器的开关和二极管之间移动所述热耗散。

用于控制电机的方法和具有热管理的逆变器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请(包括附图)基于美国法典第35条119(e)款要求2015年6月19日提交的62/182,108号美国临时申请的优先权和申请日,该临时申请特此被引用而合并于本文中。

技术领域

[0003] 本申请涉及一种用于控制电机的方法和具有热管理的逆变器。

背景技术

[0004] 电机可能以具有永磁体的转子以及定子为特征,诸如内置式永磁体(IPM)电机或IPM同步电机。逆变器可能控制电动机或其它电机,诸如交流电机、变频电机。在某些现有技术中,能够由逆变器提供给电机的最大电流被逆变器的开关装置的结点温度(junction temperature)所限制。在停止运行以及低基频运行时,逆变器的电流输出能力被限定为较低的输出能力,该较低的输出能力比在较高基频运行时能实现的输出能力低。因而,需要一种具有用于控制电机的热管理的改进方法及逆变器。

发明内容

[0005] 根据一个实施例,提出一种用于电机控制的方法和具有热管理的逆变器。电子数据处理系统基于用于控制电机(例如,电动机)的转矩、速度或方向的转矩命令确定一个或多个逆变器相的基频。电子数据处理系统基于转矩命令或其它输入数据建立初始参考输出电流。温度估算模块针对逆变器的每个相估算多个半导体器件之中相应的半导体器件的每个结点温度。温度估算模块或数据处理系统确定了半导体器件之中具有最高结点温度的最热的器件。针对各个半导体器件,热调节模块或数据处理系统确定所述最高结点温度参数(例如,绝对结点温度,或结点温度的升高或差值)小于最大结点温度参数(例如,绝对最大结点温度,或结点温度的最大升高或最大差值)或决定是否要调节半导体器件的占空因数。

附图说明

[0006] 图1A是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的一个实施例的框图。

[0007] 图1B是比图1A更详细地示出图1A的逆变器开关电路的框图。

[0008] 图2是与图1A和图1B一致的电子数据处理系统的框图。

[0009] 图3是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第一实施例的流程图。

[0010] 图4是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第二实施例的流程图。

[0011] 图5是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第三实施例的流程图。

[0012] 图6是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第四实施例的流程图。

图。

[0013] 图7是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第五实施例的流程图。

[0014] 图8是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第六实施例的流程图。

[0015] 图9是每个相端子的电流输出波形以及作为到输入相端子之一的输入的对应的驱动波形(例如,基本上为三角波形)的图表,该驱动波形使得最大平均二极管电流基本上等于中等平均二极管电流。

[0016] 图10A示出在逆变器的输出端子处的第一相电流(例如,相A)幅度随相角(以度为单位)变化的曲线图。

[0017] 图10B示出在逆变器的输出端子处的第一相温度随相角(以度为单位)变化的曲线图,其中图10B的温度的相角与图10A的电流的相角对齐。

[0018] 图10C示出第一相偏移函数(phase offset function),其作为到第一相端子的输入以根据温度管理计划在一个或多个相的开关或二极管之间分配热耗散,其中共模偏移函数(common mode offset function)的相角与图10A的电流的相角对齐。

[0019] 图11A示出处于高于电机的停转速度的低基频下的逆变器的输出端子处的相电流幅度随时间变化的曲线图。

[0020] 图11B示出处于高于电机的停转速度的低基频下的经调节的占空比函数或直流(DC)偏移函数。

[0021] 图12A示出处于等于或接近于电机的停转速度的低速下的逆变器的输出端子处的相电流幅度随时间变化的曲线图。

[0022] 图12B示出处于等于或接近于电机的停转速度的低速下的经调节的占空比函数或直流(DC)偏移函数。

[0023] 图13A示出了用于具有各种相应的共模占空因数百分比的逆变器的说明性的相中的高侧开关(high-side switch)的功率随时间变化的曲线图。

[0024] 图13B示出了用于图13A的处于各种相应的共模占空因数百分比的高侧开关的温度随时间变化的曲线图。

[0025] 图14A示出了用于在具有各种相应的共模占空因数百分比的逆变器的说明性的相(例如,图11A中的相同的相)中的低侧二极管的功率随时间变化的曲线图。

[0026] 图14B示出了用于图12A的处于各种相应的共模占空因数百分比的低侧二极管的温度随时间变化的曲线图。

具体实施方式

[0027] 本根据一个实施例,图1A披露了用于对电机117(例如内置式永磁体(IPM)电机)或具有热管理的其他电机(例如,交流电机)进行控制的方法和逆变器。在一个实施例中,除电机117以外的系统可以被称为逆变器或电机控制器。热管理适于在逆变器的不同的半导体器件之间或之中进行热的分配和功率管理。

[0028] 所述系统包括电子模块、软件模块、或包括电子模块和软件模块二者。在一个实施例中,电机控制器包括电子数据处理系统120以支持一个或多个软件模块的软件指令的储

存、处理或执行。由图1A中的虚线指示了电子数据加工系统120,并且其将在图2中更详细示出。

[0029] 数据处理系统120联接至逆变器188。在一个实施例中,逆变器188包括半导体驱动电路,其驱动或控制一个或多个半导体器件(例如,绝缘栅双极型晶体管(IGBT)或其它功率开关晶体),以输出用于电机117的控制信号。继而,逆变器188联接至电机117。在一个实施例中,电机117与可选择的传感器115(例如,位置传感器、旋转变压器(resolver)或编码器位置传感器)相关联,该可选择的传感器115被关联至电机轴126或转子。可选择的传感器115和电机117被联接至数据处理系统120以提供反馈数据(例如,电流反馈数据,诸如 i_a 、 i_b 、 i_c)、原始位置信号、以及其他可能的反馈数据或信号。

[0030] 在替代实施例中,可选择的传感器115可以被删除或者由无传感器位置设计所替代,所述无传感器位置设计经由感测电路124使用在相输出端子处的电流和/或电压反馈。可选择的传感器115在图1A中由虚线指示为可选的。其它可能的反馈数据包括但不限于:逆变器的绕组温度读数、逆变器188的半导体温度读数、三相电压数据、或者电机117的其它的热或性能信息。

[0031] 在一个实施例中,电流控制模块107被联接至车辆数据总线118。电流控制模块107接收转矩命令(例如,经由车辆数据总线118)并且将所述转矩命令转换为 I_d 和 I_q 命令(例如,电流命令)。例如,所述 I_d 和 I_q 命令分别与输出电压 V_d^* 和 V_q^* 相关联,输出电压 V_d^* 和 V_q^* 被提供给脉宽调制生成模块112以控制所述电机或交流电机117。 D - q 轴电流是指可应用于矢量控制的交流电机(诸如电机117)中的直轴电流和正交轴电流。继而,一个或多个输出(例如,直轴电流数据(i_d^*)和正交轴电流数据(i_q^*))被提供或联接至电流调节控制器111。

[0032] 电流调节控制器111能够与脉宽调制(PWM)生成模块112(例如,空间矢量PWM生成模块)通信。电流调节控制器111接收相应的 d - q 轴电流命令(例如, i_d^* 和 i_q^*)以及实际 d - q 轴电流(例如, i_d 和 i_q)并且输出对应的 d - q 轴电压命令(例如, v_d^* 和 v_q^* 命令)用于输入至所述PWM生成模块112。

[0033] 在一个实施例中,所述PWM生成模块112将源自两相数据表示法的直轴电压和正交轴电压数据转换为三相表示法(例如,三相电压表示法,诸如 v_a^* 、 v_b^* ,和 v_c^*)例如用于控制所述电机117。所述PWM生成模块112的输出被联接至逆变器188。

[0034] 所述逆变器188包括功率电子器件,诸如开关半导体,以生成、修改和控制被施加到电机117上的脉宽调制信号或其它交流信号(例如脉冲、方波、正弦、或其它波形)。所述PWM生成模块112向逆变器188内的驱动器级提供输入。所述逆变器188的输出级提供调制信号、脉宽调制信号、脉宽调制电压波形、空间矢量脉宽调制(space-vector, pulse-width modulated, SVPWM)信号电压信号、或用于控制所述电机的其它信号。在一个实施例中,逆变器188由直流(DC)电压总线供电。

[0035] 电机117与对所述电机轴126的角位置、所述电机轴126的速度或速率、以及所述电机轴126的旋转方向中至少一个进行测量的一种可选择的传感器115(例如,旋转变压器、编码器、速度传感器、或一个或多个位置传感器)相关联。所述可选择的传感器115可以安装在电机轴126上或与电机轴126集成一体。所述传感器115的输出能够与主处理模块114(例如,位置和速度处理模块)通信。在一个实施例中,传感器115可以联接至模-数转换器(未示出),所述模-数转换器将模拟的位置数据或速率数据分别转换成数字的位置或速率数据。

在其它实施例中,可选择的传感器115(例如,数字位置编码器)可以为电机轴126或转子提供位置数据或速率数据的数字数据输出。

[0036] 所述主处理模块114的第一输出(例如,电机117的位置数据和速度数据)被发送至相转换器113(例如三相到两相电流Park变换模块),相转换器113将测得电流的相应的三相数字表示法转换为测得电流的相应的两相数字表示法。所述主处理模块114的第二输出(例如,速度数据)被发送至电流控制模块107。

[0037] 感测电路124的输入被联接至电机117的端子或逆变器188的输出相端子,以用于至少感测所测的三相电流。感测电路124的输入也联接至逆变器188的直流链路端子,以用于感测所述直流(DC)总线(例如,高压DC总线,其可向逆变器188提供DC功率)的电压电平。所述感测电路124的输出被联接至模-数转换器122,以用于对所述感测电路124的输出进行数字化。继而,所述模-数转换器122的数字输出被联接至副处理模块116(例如,直流(DC)总线和三相电流处理模块)。例如,所述感测电路124与所述电机117关联以用于测量三相电流(例如,施加到所述电机117的绕组的电流,感应到所述绕组内的反电动势,或这两者)。

[0038] 对于主处理模块114和副处理模块116的某些输出馈送给所述相转换器113。例如,所述相转换器113可以应用Park变换或其它换算公式(例如,对于本领域普通技术人员而言已知的某些适当的换算公式),以基于来自副处理模块116的数字三相电流数据和来自传感器115的位置数据将测得的电流的三相表示法转换为电流的两相表示法。所述相转换器113模块的输出被联接至电流控制模块107。此外,所述副处理模块可以提供所述逆变器188的直流总线的输入数据或直流电压电平给电流控制模块107。

[0039] 在一个实施例中,温度估算模块104估算所述逆变器中的一个或多个半导体开关、二极管、或它们二者的温度参数。温度参数可以指的是源自环境温度、逆变器关闭温度、或参考温度的绝对温度或温度变化。例如,温度估算模块可以基于处于稳态操作的半导体器件(例如开关或二极管)的热阻抗(Θ),和/或利用半导体器件的在低基频包括停转状况的动态输入(例如,实际或模型化的电流)、以及利用半导体器件的功率耗散(P)(例如,相电流的一个周期范围内的传导损耗和开关损耗)来估算开关、二极管或这二者的温度参数,其中所述器件的所估算的温度参数等于热阻抗乘以功率耗散,或者与热阻抗乘以功率耗散成比例。温度估算模块104可以使用所述热阻抗(Θ)的动态模型,包括,例如,所述逆变器188中的特定半导体器件的热时间常数和电阻。

[0040] 温度估算模块104可以与温度传感器103相关联,所述温度传感器103感测出被循环以用于冷却所述逆变器188的冷却剂的温度参数(例如绝对温度或温度变化),或者所述温度传感器103被安装在所述逆变器188的一个或多个半导体器件中、周围或附近。例如,温度传感器103可包括热敏电阻,红外热传感器、或其他热传感器。

[0041] 在一个实施例中,温度估算模块104和峰值经调节的周期数据(peak adjusted cycle data)131(例如,查找表)被联接至热调节模块130。所述热调节模块130可以使用来自以下一项或多项的输入数据:温度估算模块104、温度传感器、峰值经调节的周期数据131、和相转换器113。所述热调节模块130的输出数据可以被发送至脉宽调制生成模块112、逆变器188、或这两者。基于前述输入数据,热调节模块130可以调节(例如,经由所述脉宽调制生成模块112所输出的载波波形而间接地进行)以下一项或多项:(1)占空因数(duty cycle),诸如共模占空因数,其也称为多相输出199的DC(直流)偏移或零态,(2)所述逆变器

188的一个或多个相输出199的占空因数,用以管理在所述逆变器188的一个或多个高侧半导体器件(例如,高侧开关和高侧二极管)与一个或多个低侧半导体器件(例如,低侧开关和低侧半导体)之间的热耗散的分配,(3)所述逆变器188的一或多相输出的占空因数,用以管理在逆变器188的一个或多个相中在所述逆变器的一个或多个二极管与一个或多个半导体开关之间的热耗散的分配,(4)所述共模占空因数波形或经调节的占空因数波形的峰值幅度或注入百分比(即,占空因数的变化范围是从0到1,而注入百分比将占空因数表示为百分比),以在一个或多个相的高侧和低侧半导体器件之间分配热耗散,以及(5)共模偏移波形或经调节的占空因数波形相对于输出相的相偏移(例如,注入偏移函数中的大约(正或负10%)零度至大约360度的移位),以在逆变器188的一个或多个相输出199的半导体开关和半导体二极管之间分配热耗散。结合图1B更详细地描述所述逆变器188的半导体器件。

[0042] 在一个实施例中,方法或系统可以按如下方式操作。所述电流控制模块107在车辆数据总线118上接收输入控制数据讯息,诸如速度控制数据讯息、电压控制数据讯息、或转矩控制数据讯息。

[0043] 所述电流控制模块107选择或确定与相应的转矩控制命令数据和相应的电机轴126速度数据相关联的直轴电流命令数据和正交轴电流命令数据。电机117上的可选择的传感器115便利了电机轴126的所检测得的速度数据的提供,其中所述主处理模块114可以由传感器115所提供的位置数据转换为速度数据。在一个实施例中,电机117可以包括内置式永磁体(IPM)电机或IPM同步电机(IPMSM)。IPMSM相比于常规感应电机或表面安装永磁体(SMPM)电机具有许多有利的优点,诸如以高效率、高功率密度、宽恒定功率操作区域、以及无需维修为例。在一个实施例中,电机117可包括交流三相变频驱动电机。

[0044] 可选择的传感器115(例如轴或转子速度检测器)通常包括但不限于以下中的一种或多种:光学编码器、磁场传感器(例如,霍尔效应传感器)、磁阻传感器、或旋转变压器(例如,无刷旋转变压器)。在一种构造中,传感器115包括位置传感器,其中位置数据和相关联的时间数据被处理以确定电机轴126的速度或速率数据。在另一构造中,可选择的传感器115包括速度传感器,或速度传感器与积分器的组合,以确定电机轴的位置。可选择的传感器115也可被移除并且无传感器位置检测方法可以用来获得位置和速率信息。

[0045] 对于某些电机控制方案(例如,直接转矩控制或矢量控制)而言,基于由用户或控制器所输入的用于在电机运行模式或制动模式或发电模式中控制电动机或电机的转矩、转子速度或方向的转矩命令,确定逆变器的基频或载波频率。在某些实施例中,基频低于PWM载波频率以便利提供在基频的精确正弦波性。若逆变器的基频少于或等于(基本)阈值频率(例如,小于大约2Hz,或取决于逆变器的热时间常数的另一合适的阈值频率),或者若转子速度处于或低于一定阈值,则热调节模块130或数据处理系统120的数据处理器允许热调节(例如,共模偏移波形的占空因数调节、共模偏移波形的相偏移、或二者)。在逆变器188或电机控制器中,占空因数调节允许使得电机的停转转矩或低速转矩最小化或满负荷使用。停转转矩被限定为当电机的旋转速度为零时产生的电机转矩。如果基频大于阈值频率,则热调节模块130或数据处理器基于SVPWM算法或其他调制方案(例如,其中产生或使用了d-q轴电压命令(例如, v_d^* 和 v_q^* 命令))而确定占空因数或占空比。

[0046] 在图1B中,在一个例子中,逆变器188或逆变器具有三个输出相:相A(355)、相B(357)和相C(359)。如在整个本文档中所使用的那样,半导体器件包括半导体开关(Q1、Q2、

Q3、Q4、Q5和Q6)、二极管(D1、D2、D3、D4、D5和D6)、或同时包括半导体开关和二极管两者。每个输出相具有高侧(或高压侧)开关(Q1、Q3、Q5)和低侧(或低压侧)开关(Q2、Q4、Q6)。每个高侧开关可具有开关端子(361,362)和控制端子370。类似地,每个低侧开关可具有开关端子(363,364)和控制端子371。每个高侧开关的第一开关端子361被联接至正的直流源380或总线。每个低侧开关的第一开关端子364被联接至负的直流源381或总线。如图所示,高侧开关的第二开关端子362被联接至低侧开关的第二开关端子363以提供用于单个相的输出信号,诸如脉宽调制输出信号。每个高侧(或高压侧)二极管(D1,D3,D5)可以设置成与相应的高侧开关(Q1,Q3,Q5)的开关端子(361,362)并联,并且每个低侧(或低压侧)二极管(D2,D4,D6)可以设置成与相应的低侧开关(Q2,Q4,Q6)的开关端子(363,364)并联。

[0047] 对于每个半导体开关,如果半导体开关包括晶体管,则开关端子(361,362,363,364)可指发射极和集电极;或者,如果半导体器件包括场效应晶体管,则开关端子可指源极和漏极。半导体器件的控制端子(例如,基极或栅极)被联接至控制电路或驱动器177。

[0048] 驱动器177可包括电路、控制器、微控制器、可编程逻辑阵列、微处理器、或适于向控制端子(370,371)提供驱动信号的其他数据处理器。例如,驱动器177对于每个相为以同步或协同的方式向低侧开关(Q2,Q4,Q6)和高侧开关(Q1,Q3,Q5)的控制端子(370,371)提供一组控制信号。热调节模块130可改变或调节施加到驱动器177的控制信号的持续时间和相(或极性),以控制所述开关(Q1-Q6)的控制端子去调节所述半导体器件(包括Q1至Q6,以及包括D1至D6)之中的热分布。对于一个或多个相而言,由驱动器177施加到这些开关的控制端子(370,371)中某些控制端子上的某些控制信号的持续时间或持续时间的比率决定了在一个或多个相中用于所述半导体器件的占空因数或占空比(duty ratio)。

[0049] 例如,如果基频较低或低于阈值频率,则控制信号可合并或可源自(共模偏移函数波形或)诸如在图10、图11C、图12B或图13B中所示的经调节的占空因数(adjusted duty cycle)(例如,508、514、575、576、528、530)。在一个实施例中,端子调节模块130或PWM生成模块112在除了停转以外的情况下在所有相上对称地改变占空因数。对于不在停转状况下操作的三相系统而言,被注入以提供共模占空因数改变的共模偏移波形的频率通常是基频的三倍倍数。在一个实施例中,最佳DC偏移函数波形是半导体器件参数或特性的函数,其可以从特征化过程、测试、或制造商说明书获得。

[0050] 如在本文档全文所使用的,占空因数或占空比可指共模占空比,第一相(例如相A)占空比,第二相(例如相B)占空比、或第三相(例如相C)占空比。尽管为例示目的,占空因数或占空比可以参考空间矢量脉宽调制(SVPWM)的特定段来加以定义,但应理解的是,占空因数或占空比可施加到SVPWM或其它PWM控制方案的任何段。

[0051] 对于逆变器的单个相的脉宽调制信号而言,可以根据下列公式确定任一开关的占空因数。

$$[0052] \quad D = T_{on} / (T_{on} + T_{off}),$$

[0053] 其中 T_{on} 是用于一个周期或循环的PWM信号的脉冲宽度的开启持续时间或开启时间,并且 T_{off} 是用于该周期或循环的关断持续时间或关断时间。 $T_{on} + T_{off}$ 等于PWM信号的一个循环或周期。占空因数可以具有从0至1的范围。为获得在逆变器的输出端子处的全差分交流(AC)输出电压能力,则需要基线占空因数或0.5的占空因数。用于低侧二极管和低侧开关的占空因数为 $1-D$,其中 D 是用于高侧开关和二极管的占空因数。在通常的基于IGBT(基于绝

缘栅双极型晶体管)的逆变器(例如,逆变器188)中,导通的半导体器件依赖于电流流动;开关器件(包括Q1-Q6)不能够反向导通,从而使得联接至非导通开关器件的反平行(anti-parallel)二极管(分别为D1-D6)将会在(例如,用于开关器件的驱动波形的)循环的这一部分期间导通。改变D可以使得传导损耗(或热耗散)在一个相的高侧与低侧半导体器件之间改变,并且可以影响所述逆变器的最大差分电压输出。当半导体器件之中的传导损耗的热平均不能将可能随着基频变化的热变化和纹波在半导体器件之间或之中保持为最小时,以上关系以对称的方式应用于三相逆变器(例如,逆变器188)(例如,用于三相逆变器的三次谐波共模注入)以使得传导损耗在逆变器(例如,188)中在半导体器件之中移转。

[0054] 对于在SVPWM的一段中的三相逆变器而言,共模占空因数将所有三个相的占空因数限定为:

$$[0055] \quad \text{共模占空比} = \frac{t_7}{T_s},$$

[0056] 其中 t_7 被限定为对于所有三个相(A、B和C)的高侧半导体器件(Q1、Q3、Q5)而言的工作或接通持续时间,并且其中 T_s 是对于任何给定SVPWM段的开关周期的总周期持续时间。例如,对于SVPWM的第一段(section one)而言, $T_s = t_0 + t_1 + t_2 + t_7$,其中 t_0 被定义为用于基本上同时处于开启状态的所有低侧开关(Q2、Q4、Q6)的工作或开启的持续时间; t_1 被定义为用于基本上同时处于开启状态的相A高侧开关(Q1)、相B低侧开关(Q4)和相C低侧开关(Q6)的工作或开启的持续时间; t_2 被定义为用于基本上同时处于开启状态的相A高侧开关(Q1)、相B高侧开关(Q3)和相C低侧开关(Q6)的工作或开启的持续时间;并且 t_7 被定义为用于基本上同时处于开启状态的高侧开关(Q1、Q3、Q5)的所有三个相的持续时间。在相输出端子处的输出电压对于 t_0 和 t_7 而言为零,使得逆变器188的驱动器级可以调节 t_0 和 t_7 而不改变在相输出端子199处提供的对电机(例如电机117)进行控制的输出电流(或其相位关系)。然而, t_1 和 t_2 的持续时间必须保持恒定,以避免在输出端子199处导致对于电机相电流的不希望的变化。在相A端子355、相B端子357、和相C端子359处的相占空比是分别通过下列公式定义的:

$$[0057] \quad \text{相位A占空比} = \frac{t_1 + t_2 + t_7}{T_s}$$

$$[0058] \quad \text{相位B占空比} = \frac{t_7}{T_s}$$

$$[0059] \quad \text{相位C占空比} = \frac{t_2 + t_7}{T_s}$$

[0060] 其中 t_1 , t_2 , t_7 和 t_0 是处于开启的或工作状态的某些半导体开关的持续时间,如上文之定义。

[0061] 相应地,对于所述SVPWM的第一段而言,所有三个高侧开关(Q1、Q3和Q5)开启或工作的矢量或模式的持续时间 t_7 和所有三个低侧开关(Q2、Q4和Q6)开启或工作的矢量或模式的持续时间 t_0 可以用来调节所述共模占空比;因此,可用于管理所述逆变器188中的半导体开关(Q1至Q6,包括在内)和二极管(D1至D6,包括在内)中每一个的温度。

[0062] 相应地,对于所述SVPWM的第一段而言,如果 t_0 持续时间增加或如果 t_7 持续时间增

加,则所述PWM共模占空比增加。相反地,对于所述SVPWM的段1,如果 t_0 减少或如果 t_7 减少,则所述共模占空比减少。

[0063] 通过改变具有(例如,基于功率损耗(P_j)和热阻抗(Θ)的乘积估算或确定的)最高温度的开关器件(例如,包括Q1-Q6在内)的占空因数,热调节模块130可以调节在开关中的峰值电流的持续时间。处于导通状态(由逆变器188的操作模式或调制所限定)的其它半导体器件(例如,与具有经改变的占空因数的最热半导体器件不同的半导体器件)将具有更大的传导损耗,这是由于共模占空因数偏移中的改变有益于最热的半导体器件。在一个时段(例如,与用于多相逆变器的一个相或每个相的相电流的一个周期同样短的时间间隔)过程中,随着所述电流峰值移动通过所述逆变器188中的不同半导体器件,则所述热调节模块130的共模调节将改变,以有益于该时段内具有最高结点温度的半导体器件。各个相之间的差分占空因数以及负载确定每个半导体器件中的平均电流。仅在低基频处、在热时间常数比基频更长的阈值频率处或以下才能观察到所述调节的益处。在高于阈值基频的较高频率处,热时间常数足以将峰至峰温度波动平均化为在逆变器的操作中通常并不非常显著的程度。

[0064] 因为共模偏移信号波形的平均值在整个周期上为0.5,因此在相输出的一个周期范围内,每个半导体器件中的平均电流将保持相同。如果平均值不是0.5,则这些半导体器件之中的平均功率损耗将不相等;即,在Q1中的功率损耗将不等于Q2中的功率损耗。如果这些器件是等效器件,则Q1中的功率损耗应等于Q2中的功率损耗。每个半导体器件将具有由平衡的或居中的占空因数(例如,相对于与0.5的占空因数相关联的中值居中的波形,)产生的、需要被耗散的热。然而,某些器件可以具有封装、布置(例如,在电路板的散热器或较冷部分附近)、内部导通电阻(例如,对于场效应晶体管而言的漏极-源极电阻 R_{DS} 、或对于双极型晶体管而言的集电极-发射极电阻 R_{CE})、或允许更大的热耗散或热性能的其它设计特征,而其它器件可以具有不同的最大操作温度或可接受的操作温度的最大升高。

[0065] 峰值经调节的周期数据(peak adjusted cycle data)131表示逆变器或其部件的特征。在一个实施例中,峰值经调节的周期数据131可以取决于逆变器的基频。峰值经调节的周期数据131的每个峰值经调节的占空因数数据(datam)可以与用于每个逆变器的相应的基频和载波频率相关联。例如,在阈值附近的低基频处,占空因数或共模偏移函数可以从其中心值偏离大约0.20至大约0.25,如图12B所示;而在停转速度处或附近的比阈值更低的基频处(例如,从大约2Hz到大约0.5Hz),占空因数或共模偏移函数(530)可以从其中心值偏离大约0.4至大约0.48,如图13B所示。如果峰值经调节的占空因数数据131被逆变器的基频或载波频率改变(或作为基频或载波频率的函数),则经调节的占空比或经调节的占空因数大于占空比或占空因数的直流偏移并且由基频或载波频率改变。例如,逆变器的每个型号可以在工厂、现场、实验室、或以其它方式而被特征化或测试,以建立峰值经调节的周期数据131。

[0066] 在一个实施例中,峰值经调节的占空因数数据131表示峰值占空因数(即, PeakDutyCycle)、或用于建立所述经调节的占空比波形或共模偏移波形的峰值幅度和斜率的权重因数,其基于下列逆变器因数中的任意因数:(1)一个或多个半导体器件的热阻抗,(2)一个或多个半导体器件的估算温度,(3)一个或多个半导体器件的功率耗散,(4)逆变器输出199的基频,以及(5)用于确定上述逆变器因数的特征化或测试。

[0067] 在一个实施例中,如果峰值经调节的周期数据131没有被储存于数据储存装置中或在数据储存装置中不可用,则热调节模块130或数据处理器可以实时地、动态地、或在传输过程中估算或确定所述峰值经调节的周期数据131。

[0068] 所述热调节模块130方便经调节的时变共模电压波形(adjusted time-varying, common mode voltage waveform)(例如,大致三角形波形、梯形波形,具有或不具有相移)的注入,这种波形可具有由逆变器的基频改变的峰值幅度和斜率。尽管所述共模偏移函数在图中(例如,图12B)被图示为大致三角形的波形,但在替代实施例中,所述共模偏移函数可以包括方波(具有或不具有相移),所述方波与可适用的半导体器件兼容(例如,器件热耗散和功率损耗)。例如,热调节模块130便利了以不改变被施加到电机的相间电压差(phase-to-phase differential voltage)的方式将源自共模电压波形(例如,图13B的528或530)的控制信号注入到PWM生成模块112。经调节的共模电压波形支持半导体器件(例如,开关Q1-Q6,二极管D1-D6,或二者)之中的热分布,以支持以比标准调制方法获得的输出电流更高的输出电流进行操作。

[0069] 在改变占空因数的一个实施例中,如果第一相(相A)低侧二极管(D2)导通,则热调节模块130可以增加所述(共模)占空因数以降低在所述第一相的低侧二极管(D2)中的电流导通时间(热生成的)的持续时间,并且增加在所述第二相高侧二极管(D3)和所述第三相高侧二极管(D5)中的电流导通时间(热生成的)的持续时间。例如,热调节模块可以将热从一个相的二极管移转至其他相的二极管,从而使得具有最高温度参数(例如,最高温度或最高温差)的最热的二极管保持低于最大目标温度参数或在一定温度范围内。

[0070] 在改变占空因数的另一实例中,如果第一相(相A)高侧开关(例如,Q1)导通,则热调节模块130可以降低占空因数以增加在(相A)低侧开关装置(例如,用于IGBT的二极管D2,或用于FET的开关Q2)中的电流导通时间(热生成的时间)的持续时间,并且增加在其它相开关装置(例如,Q3、Q5、D4和D6)中的电流导通时间(热生成的时间)的持续时间。例如,热调节模块可以将热从一个相的高侧开关器件转移至同相的低侧开关器件以及其它相的开关装置,使得(例如,处于这些相的输出电流电平的)具有最高温度的最热的器件保持低于最大目标温度或在一定温度变化范围内。开关器件是指晶体管开关,二极管,或二者。此外,热调节模块130可以利用具有下一最高温度的下一最热开关来迭代地完成上述过程,从而使得其保持低于最大目标温度或在一定温度范围内,等等,直至所有开关的温度大致相等或落入彼此的一定公差内。

[0071] 在图2中,电子数据处理系统120包括电子数据处理器264、数据总线262、数据储存装置260、以及一个或多个数据端口(268,270,272,274和276)。数据处理器264、数据储存装置260以及一个或多个数据端口被联接至数据总线262以支持在数据处理器264、数据储存装置260以及一个或多个数据端口之间或之中的数据的通讯。

[0072] 在一个实施例中,数据处理器264可包括电子数据处理器、微处理器、微控制器、可编程逻辑阵列、逻辑电路、算术逻辑单元、专用集成电路、数字信号处理器、比例积分微分控制器,或其他数据处理装置。

[0073] 数据储存装置260可包括用于储存数据的任何磁的、电子的、或光学的装置。例如,数据储存装置260可包括电子数据储存装置、电子存储器、非易失性电子随机存取存储器、一个或多个电子数据寄存器、数据锁存器、磁盘驱动器、硬盘驱动器、光盘驱动器等。

[0074] 如图2中所示,数据端口包括第一数据端口268、第二数据端口270、第三数据端口272、第四数据端口274以及第五数据端口276,当然也可使用任何合适数目的数据端口。例如,每个数据端口可包括收发器和缓冲存储器。在一个实施例中,每个数据端口可包括任意串联或并联输入/输出端口。

[0075] 在一个实施例中,如图2所示,第一数据端口268被联接至车辆数据总线118。继而,车辆数据总线118被联接至控制器266。在一种构造中,第二数据端口270可被联接至逆变器188,第三数据端口272可被联接至传感器115;第四数据端口274可被联接至模-数转换器122;并且第五数据端口276可被联接至电流控制模块107以接收来自或去往模块107的数据。模-数转换器122被联接至感测电路124。

[0076] 在所述数据处理系统120的一个实施例中,电流控制模块107与电子数据处理系统120的第一数据端口268相关联或由第一数据端口268支持。第一数据端口268可被联接至车辆数据总线118,诸如控制器局域网(CAN)数据总线。车辆数据总线118可经由第一数据端口268向电流控制模块107提供具有转矩命令的数据总线讯息。车辆的操作者可以经由用户界面诸如节流阀、踏板、控制器266或其它控制装置生成转矩命令。

[0077] 在某些实施例中,传感器115和主处理模块114可与数据处理系统120的第三数据端口272相关联或由第三数据端口272支持。

[0078] 在一个实施例中,数据储存装置260在文件、数据记录、查找表、或其它数据结构中储存所述峰值经调节的周期数据130,以及将一个或多个软件模块、转换器、管理器、控制器盒/或加法器储存为软件指令、文件、数据记录、或其它数据结构。数据处理器264可以读取、存取、处理或执行所述数据储存装置260中的任何软件指令、文件、数据记录、或其它数据结构。

[0079] 图3是具有用于对电机(例如,电机117)进行控制的热管理的方法和逆变器的第一实施例的流程图。图3的方法始于步骤S300。

[0080] 在步骤S300中,电流控制模块107、数据处理器264、或数据处理系统120基于用于控制所述电机(例如电机117)的转矩、速度、或方向的转矩命令确定逆变器的一个或多个相(在逆变器输出199处)的基频。

[0081] 在步骤S302中,电流控制模块107、电流调节控制器111、或数据处理系统120基于(例如来自车辆数据总线118的)转矩命令或其它输入数据建立逆变器的一个或多个相(在逆变器输出199处的)的初始参考输出电流。例如,数据处理系统120可以基于转矩命令和下列其它可用输入数据创建一个或多个相的初始参考输出电流:(1)直流电压总线的电压(V_{DC}),其对逆变器188及其半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)进行馈电;(2)为逆变器188的一个或多个相输出199输出的脉宽调制信号的频率;(3)逆变器188的一个或多个相的输出信号(例如,基本上为正弦输出信号)的基频;(4)用于冷却一个或多个半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)的冷却系统的冷却剂的温度;(5)逆变器的功率因数(例如,通常在0.5至1的范围内);(6)逆变器是在电机模式(电机控制)还是在发电模式(发电/整流)下工作;以及(7)逆变器的调制控制方案,诸如空间矢量脉宽调制(SVPWM)。

[0082] 在步骤S304,温度估算模块104或数据处理系统120估算用于逆变器的每个相的、多个半导体器件之中的相应半导体器件的结点温度参数;其中,例如,逆变器是依据一个或多个逆变器相的初始参考输出电流操作的。正如本文全文所使用的那样,结点温度参数意

思是下列中的一个或多个,例如:(1)逆变器中的相应半导体器件或一组半导体器件的结点温度(高于参考温度,诸如环境温度或逆变器的关断温度)的差异和升高;(2)逆变器中的相应半导体器件或一组半导体器件的绝对结点温度;(3)逆变器中的一个或多个对应半导体器件的结点温度的范围;或(4)基于温度传感器103的传感器读数的观察得到的或测量得到的结点温度(例如,与一个或多个半导体器件或者安装有所述半导体器件的电路板相关联)。正如本文全文所使用的,半导体器件可指任何半导体开关(包括Q1至Q6在内),任何半导体二极管(包括D1至D6在内)、或二者。

[0083] 在步骤S306中,温度估算模块104、热调节模块130、或数据处理系统120确定半导体器件之中(例如,在Q1-Q6,以及D1-D6之中)具有最高结点温度参数的最热的器件(例如,在输出电流电平下)。

[0084] 在替代实施例中,如果图3的方法被迭代地执行,则在半导体器件之中具有下一最高结点温度的下一最热器件可以在图3的方法的每个连续迭代或者方法的步骤的子集中加以考虑。

[0085] 在步骤S308中,热调节模块130或数据处理系统120确定对于相应的半导体器件而言是否估算的结点温度参数小于最大结点温度参数,以决定是否调节半导体器件的占空因数(例如,共模占空因数)。最大结点温度参数可表示下列中的一个或多个:(1)逆变器中的相应半导体器件或一组半导体器件的结点温度的最大差值或最大升高(高于参考温度,诸如环境温度或逆变器的关断温度);(2)逆变器中的相应半导体器件或一组半导体器件的绝对最大结点温度(absolute maximum junction temperature);(3)与逆变器中的一个或多个对应半导体器件的结点温度的范围相关联的上限;(4)基于半导体制造商的规格手册的最大结点温度;或(5)基于通过对在特定逆变器的操作环境中所安装的相应半导体器件的经验测试或研究得到的操作数据的最大结点温度。

[0086] 例如,在步骤S308中,热调节模块130或数据处理系统120确定对于相应半导体器件而言是否所估算的结点温度参数小于最大结点温度参数,以决定是否将半导体器件的占空因数(例如共模占空因数)从一中性的或平衡的占空因数(例如,0.5的共模占空因数,或占空因数波形关于与0.5占空因数相关联的脉宽调制对中)或从之前的经调节的占空因数进行调节,以对下列热性能参数中一个或多个热性能参数的差值进行补偿:(1)半导体器件(例如,开关(Q1-Q6)或二极管(D1-D6))的热阻抗(Θ);和(2)半导体器件的功率耗散(P)(例如,开启(ON)状态的传导损耗或电阻)。其中,所述中性的或平衡的占空因数在逆变器的(互补的)半导体开关之间基本上相等地分配工作时间;所述之前的经调节的占空因数在半导体开关之间分配工作时间。此外,热调节模块130或数据处理系统120可以通过使占空因数波形的峰值幅度、占空因数波形的相、或上述二者进行移位的方式来调节占空因数,以在半导体器件之间或之中对称地、不对称地分配或分布所产生的热(例如,用于补偿半导体器件的热性能参数)。

[0087] 在替代实施例中,热调节模块130或数据处理系统120可以在电机的停转状态下调节或提供占空因数波形的直流(DC)偏移(例如,至共模偏移函数的恒定DC偏移信号)。

[0088] 图4是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第二实施例的流程图。图4的流程图类似于图3的流程图,除了图4的方法进一步包括步骤S310。图3和图4中相同的附图标记指相同的步骤或程序。

[0089] 在步骤S310中,如果所估算的结点温度参数小于最大结点温度参数,则热调节模块130、或数据处理系统120认可一个或多个半导体器件(或与所述一个或多个半导体器件相关联的对应相)的初始参考输出电流中的增大的有效性,并且其中,所述初始参考输出电流可以增大到用于给定的相应占空因数(例如,当前共模占空因数)的最大电流,与转矩命令(例如,先前的和/或当前的转矩命令)以及任何适用的输入数据相一致。即便初始参考输出中的增加(或差值)在逆变器的可用容量之内,这种可用容量也可能不被使用,除非电机上的负载以及所述转矩命令需要这样的可用容量,例如在电机117的转子的停转速度或附近,或者在输出199处逆变器的基频小于用于一个或多个相的阈值基频。

[0090] 为了步骤S310的目的,所述输入数据可以包括下列中的任意项:(1)直流电压总线的电压(V_{DC}),其对逆变器188及其半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)进行馈电;(2)为逆变器188的一个或多个相输出199输出的脉宽调制信号的频率;(3)逆变器188的一个或多个相的输出信号(例如,基本上为正弦输出信号)的基频;(4)用于冷却一个或多个半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)的冷却系统的冷却剂的温度;(5)逆变器的功率因数(例如,通常在0.5至1的范围内);(6)逆变器是在电机模式(电机控制)还是在发电模式(发电/整流)下工作操作;以及(7)逆变器的调制控制方案,诸如空间矢量脉宽调制(SVPWM)。

[0091] 图5是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第三实施例的流程图。图5的流程图类似于图3的流程图,除了图5的方法进一步包括步骤S312。图3和图5中相同的附图标记指相同的步骤或程序。

[0092] 在步骤S312,如果基频小于阈值频率并且如果最高结点温度大于或等于最大结点温度参数(例如,或结点温度中的最大差值/升高),则热调节模块130或数据处理系统120调节占空因数(例如,共模占空因数)。例如,热调节模块130或数据处理系统120按照下述方式动态地调节占空因数或占空因数函数(例如,通过使用下列各项中的一项或多项形成经调节的占空因数共模偏移函数或经调节的占空因数,以影响输入至PWM生成模块112的控制数据、或PWM生成模块112的输出):(1)通过调节或修改共模偏移函数或调节占空因数波形来改变峰值幅度或在占空因数中与中心轴的偏离;(2)通过调节共模偏移函数的峰值幅度或调节占空因数波形;(3)通过调节与输出端子199处的一个或多个相信号有关的共模偏移函数或经调节的占空因数波形的相角或相角的改变;(4)通过在电机117或电力装置的停转状况下调节至共模偏移函数或经调节的占空因数波形的直流(DC)偏移;(5)通过将直流(DC)偏移函数的频率调节为在输出端子199处的相信号的基频的整数倍或谐波(例如奇数谐波或三次谐波);(6)通过对前述项中的能够通过使用逆变器输出的基频、调制状态(例如,工作开关状态)、相角、或前述项的任何组合中的任何变化改变共模偏移函数(例如,对于每个采样间隔)的任意项进行调节。

[0093] 在图1B中图示的逆变器中,半导体器件包括半导体开关(例如,绝缘栅双极型晶体管(IGBT))和半导体二极管。本文中,每个二极管都可以被称之为反并联(antiparallel)的开关装置。如果开关和二极管在性能方面不匹配(例如,由于半导体器件和逆变器设计的特定规格导致的不匹配),则半导体器件之一可以比其它半导体更加显著地限制操作性能。半导体器件(例如,二极管和开关)之间的不匹配可导致用于逆变器的电流输出比在所有操作点范围内器件中的结点温度更加相似的情况下能够实现的电流输出更低。

[0094] 例如,在步骤S312中,热调节模块130或数据处理系统120与脉宽调制生成模块112

和逆变器中的一者或二者协同工作,以提供经调节的占空因数,该经调节的占空因数将功率耗散移转至具有处理更多耗散的能力的一个或多个半导体器件(例如,Q1-Q6或D1-D6),而同时仍在逆变器输出199处提供操作所需的全差分电压能力。工作功率持续时间(并且因此热耗散)以能够将所述功率从一个或多个二极管(例如,D1-D6)转移至一个或多个半导体开关(例如,Q1-Q6)或者从一个或多个半导体开关(例如,Q1-Q6)移至一个或多个二极管(例如,D1-D6)的方式改变。

[0095] 可以根据各种技术来执行步骤S312,这些技术可交替地或累加地应用。在步骤S312的情形下所使用的术语“相反”意思是在逆变器中的低侧半导体器件与高侧半导体器件的差别,或反之亦然。在第一技术下,热调节模块130或数据处理系统120调节所述占空因数以转移损耗,并且因此在逆变器188的相内在低侧半导体器件与高侧半导体器件之间转移热耗散。

[0096] 在第二技术下,热调节模块130或数据处理系统120调节所述占空因数以转移损耗,并且因此在逆变器188的相内在半导体开关和在同一相中的与相反的半导体开关相关联的相反的二极管之间来转移热耗散。

[0097] 在第三技术下,热调节模块130或数据处理系统120调节所述占空因数以转移损耗,并且因此在逆变器188的相内将热耗散从半导体开关转移至在同一相中的与相反的半导体开关相关联的相反的二极管。

[0098] 在第四技术下,热调节模块130或数据处理系统120调节所述占空因数以转移损耗,并且因此在逆变器188的相内将热耗散从二极管转移至在同一相中与相反的二极管相关联的相反的半导体开关。

[0099] 图6是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第四实施例的流程图。图6的流程图类似于图3的流程图,除了图6的方法进一步包括步骤S314。图3和图6中相同的附图标记指相同的步骤或程序。

[0100] 在步骤S314中,如果占空因数调节不是处于最大占空因数调节(例如,上限或下限),则热调节模块130或数据处理系统120向上或向下调节所述占空因数(例如,共模占空因数),其中所述占空因数调节基于下列中的一项或多项:(1)(例如,具有最大电流的)半导体器件的峰值或最大电流,(2)半导体器件的中等电流,以及(3)峰值经调节的占空因数(例如,其取决于基频)。

[0101] 可以根据各种技术来执行步骤S314,这些技术可交替地或累加地应用。在第一实施例下,如果占空因数调节不是处于最大占空因数调节(例如,上限和下限),并且如果半导体器件中的最热的器件不是高侧半导体开关(Q1,Q3,Q5)或如果半导体器件之中的最热的器件不是高侧二极管(D1,D3,D5),则热调节模块130或数据处理系统120向上调节占空因数(例如,共模占空因数)。

[0102] 在第二实施例下,如果占空因数调节不是处于最大占空因数调节(例如,上限和下限),并且如果在半导体器件之中的最热的器件是高侧半导体开关(Q1,Q3,Q5)或是高侧二极管(D1,D3,D5),则热调节模块130或数据处理系统120向下调节占空因数(例如,共模占空因数),其中占空因数调节基于下列中的一项或多项:(1)在一个周期中在逆变器188的三个相中具有最高电流的半导体器件(例如,开关或二极管)中的峰值或最大电流,或者具有所述最高电流的一个相输出端子199处的峰值或最大电流;(2)半导体器件的中等电流,或介

于最低相电流输出和最高相电流输出之间的一个相输出199处的中等电流,(3)峰值经调节的占空因数数据131,其中该峰值经调节的占空因数数据131可以基于各种因素,诸如半导体器件的基频、热阻抗、半导体器件的功率耗散以及半导体器件的温度参数。在一个实施例中,将峰值调节的占空因数数据131被储存在数据储存装置中并且由逆变器的特征化确定。

[0103] 例如,在步骤S314中,热调节模块130或数据处理系统120向上或向下调节占空因数(例如,共模占空因数),以提供经调节的共模占空比,称为“经调节的占空(AdjustedDuty)”,根据下列公式:

$$[0104] \quad \left[\text{经调节的占空} \right] = 3 \times \frac{\left| I_{\max} \right| - \left| I_{\text{medium}} \right|}{\left| I_{\max} \right| + \left| I_{\text{medium}} \right|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

[0105] 其中“峰值经调节的占空(PeakAdjustedDuty)”是从查找表或在所述数据处理系统120的数据储存装置260中的其它数据记录取得或读取的期望的峰值经调节的占空因数数据131(例如,乘数), I_{\max} 是在图1B的相A(355)、相B(357)、相C(359)中的电流中的(例如,具有最大电流的)半导体器件的最大相电流(例如,集电极电流或正向偏置二极管电流),并且 I_{medium} 是(例如,在A(355)、B(357)、C(359)中的)半导体器件的中等相电流,其小于最大电流但大于最小相电流。最大相电流、中等相电流、或其它相电流的这些值是瞬间值并且所述最大值和中等值可以连续地变化。图9示出在此文中描述的波形的示例性实例。例如, I_{\max} 可以是三个相的最高电流或最大电流, I_{medium} 可以是三个相的中等电流,介于具有最低电流的相和具有最高电流的相之间。在一个实施例中,最大电流和中等电流可以通过感测电路124或通过与任何特定的高侧半导体器件或低侧半导体器件中的一个或多个开关端子联接的一个或多个电流传感器、根据输出端子199处的输出相电流进行估算。

[0106] 图7是具有用于对电机进行控制的热管理的方法和逆变器的第五实施例的流程图。图7的方法始于步骤S300中。

[0107] 在步骤S300中,电流控制模块107、电流调节控制器111、或数据处理系统120基于转矩命令而建立逆变器的一个或多个相199的初始参考输出电流。

[0108] 在步骤S301中,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器117的每个相、估算多个半导体器件之中(包括Q1至Q6在内;并且包括D1-D6在内)的相应的半导体器件的结点温度参数。正如通过图7的方法并且在此文中别处而使用的,结点温度参数意思是下列中的一个或多个:(1)逆变器中的相应的半导体器件或一组半导体器件的结点温度的差异和升高(高于参考温度,诸如环境温度或逆变器的关断温度);(2)逆变器中的相应的半导体器件或一组半导体器件的绝对结点温度;(3)逆变器中的一个或多个对应半导体器件的结点温度的范围;或(4)基于温度传感器103的传感器读数的观察到的或测量得到的结点温度。

[0109] 在步骤S301中,温度估算模块104或数据处理系统120基于半导体器件中的每一个的动态热阻抗和功率耗散的特征化来估算结点温度参数。

[0110] 在步骤S306中,温度估算模块104、热调节模块130、或数据处理系统120确定半导体器件之中具有最高结点温度的最热的器件。

[0111] 在替代实施例中,如果图7的方法被迭代地执行,则温度估算模块104、热调节模块130或数据处理系统120确定半导体器件之中具有下一个最高结点温度的下一个最热的器件。

[0112] 在步骤S800中,基于一个或多个半导体器件估算的结点温度参数比该一个或多个

半导体器件的相应最大结点温度参数小,通过将热耗散移转至具有可用的或多余的热耗散的一个或多个半导体器件,热调节模块130或数据处理系统120在半导体器件(Q1-Q6,和D1-D6)之中建立热分配,以将这些半导体器件之中的最热的器件的结点温度参数限定为最大温度参数。

[0113] 在步骤S802中,根据所述热分配、通过将基本上三角形、基本上梯形的波形、矩形波或方波(例如,具有或不具有相移,并且通常相对于基频处于三次谐波频率)注入到脉宽生成模块112,并继而由脉宽生成模块112向逆变器188的驱动器级177提供占空因数波形,热调节模块130或数据处理系统120在逆变器的每个相中在半导体器件之间调节共模占空因数。例如,如果所确定的基频小于或等于阈值频率(例如,甚至在电机117的转子的停转速度处或附近),则所述基本上三角形、基本上梯形的波形或其它波形可以被单独地注入,或与常规的方波信号或其他控制信号(例如,静态的或时变的直流(DC)偏移)一起注入到脉宽生成模块112以产生用于每个相的高侧半导体开关(Q1,Q3,Q5)和低侧半导体开关(Q2,Q4,Q6)的输入端子的合适的驱动信号(例如,经由驱动器177),以实现用于逆变器的每个相的大致正弦输出波形。

[0114] 在步骤S802中,在低于阈值频率的基频处,根据所述热分配、通过将称为共模偏移函数波形或DC偏移函数波形或零态的、具有可调节峰值幅度的基本上三角形、基本上梯形的波形,矩形波或方波注入到脉宽生成模块112,热调节模块130或数据处理系统120可以在独立于其它相的半导体器件的情况下(或与它们一同)在逆变器的每个相中的(高侧和低侧)半导体器件之间调节占空因数。此外,热调节模块130或数据处理系统120可以将共模偏移函数波形的相偏移或相移调节为相对于基本注入频率(通常三次谐波)而言同相的或介于零度至三百六十度之间的异相的任意相角,以在相之间在半导体开关与半导体二极管之间调节占空因数或热分配。

[0115] 图8是具有用于对电机(例如,逆变器188)进行控制的热管理的方法和逆变器的第六实施例的流程图。图8的方法始于步骤S900的起始框中。

[0116] 在步骤S902中,数据处理系统120或数据处理器264读取或获得下列输入数据中的一个或多个:(1)直流电压总线的电压(V_{DC}),其对逆变器188及其半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)进行供电,(2)针对逆变器188的一个或多个相输出199输出的脉宽调制信号的频率,(3)逆变器188的一个或多个相的输出信号(例如,基本上正弦输出信号)的基频,(4)用于冷却一个或多个半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)的冷却系统的冷却剂的温度,(5)逆变器的功率因数(例如,通常在0.5至1的范围内),(6)逆变器是在电机模式(电机控制)还是在发电模式(发电/整流)下操作;以及(7)逆变器的调制控制方案,诸如空间矢量脉宽调制(SVPWM)。

[0117] 在步骤S904中,数据处理系统120或数据处理器264基于电机117的操作状况将每个半导体开关(Q1-Q6)的电流设置为等于操作分析评估值(operational analysis assessment, OAA)或操作电流需求值。例如,电机的操作状况可以包括在步骤S902中的输入数据。此外,操作状况可以包括下列中的任意项:转矩命令、电机负载、电机速度、逆变器输出电压、逆变器温度、电机温度、或步骤S902的输入数据中的任意项。

[0118] 在步骤S906中,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器的半导体器件在输出相电流的一个(完整的)周期的整个范围内计算装置功率耗散(P_j ,其中j是从1到12的数字,用于指示逆变器的相应的半导体器件(Q1-Q6;D1-D6))。可以根据能够被累累加或单

独地应用的各种技术来执行步骤S906。根据第一技术,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器188的所有半导体开关(Q1-Q6)在相电流的一个周期的整个范围内计算装置功率耗散。根据第二技术,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器188的所有半导体二极管(D1-D6)在相电流的一个周期的整个范围内计算装置功率耗散。根据第三技术,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器188的所有半导体开关(Q1-Q6)和所有二极管(D1-D6)在相电流的一个周期的整个范围内计算装置功率耗散(P_j)。

[0119] 在步骤S908中,温度估算模块104或数据处理系统120针对逆变器188中的半导体器件(包括Q1至Q6在内;并且包括D1至D6在内)计算装置结点温度参数。例如,温度估算模块104或数据处理系统120基于半导体器件的热阻抗(Θ)(例如,热阻抗基于动态热阻抗模型(dynamic thermal impedance model),该模型包括装置热时间常数并且不仅仅基于热阻(thermal resistance))和半导体器件的功率耗散(P)(例如,开启状态下的传导损耗或电阻)估算所述逆变器188的相应的半导体器件(开关Q1-Q6或二极管D1-D6)的温度参数(例如,温度或温度变化),其中可以使用源自步骤S906的功率耗散。每个半导体器件(Q1-Q6以及D1-D6)的估算的温度参数(例如,温度或温度变化)等于热阻抗乘以功率耗散、或与热阻抗乘以功率耗散成比例。换言之,温度估算模块104或数据处理系统120估算温度参数,例如,温度 $T_j = P_j \Phi_j$,其中 T_j 是对于半导体器件j而言的装置结点温度, P_j 是对于半导体器件j而言的功率耗散,并且 Φ_j 是对于器件j而言的热阻抗。

[0120] 在步骤S910中,温度估算模块104或数据处理系统120确定或辨识具有估算的最高结点温度参数(例如,温度或温度变化)或估算的最大结点温度参数的半导体器件(Q1-Q6; D1-D6)例如,温度估算模块104可以对每个半导体器件的估算温度进行分级,其中温度参数是根据步骤S908进行估算的。

[0121] 在步骤S912中,基于半导体器件(Q1-Q6; D1-D6)所允许的或在半导体器件安装至相应逆变器188的情形下该半导体器件所允许的结点温度参数的最大变化(例如,温度或温度变化),温度估算模块104或数据处理系统120确定是否所估算的最大结点温度参数(例如,温度或温度变化)小于最大结点温度参数(例如,最大温度或最大温度变化)。例如,可以基于特定半导体器件的制造商的规格手册、散热设计(例如被动或主动冷却)以及逆变器的其它设计因素,建立最大结点温度(或最大结点温度变化)。如果估算的最大结点温度参数小于最大结点温度参数,则该方法继续进行步骤S914。然而,如果估算的结点温度参数等于或大于最大结点温度参数,则该方法继续进行步骤S916。

[0122] 在步骤S914中,如果所述增加需要满足停转或接近停转的转矩需求(在电机或逆变器上没有不恰当的热应力)、或需要满足用于电机的其它转矩命令、或需要与步骤S902的输入数据相一致,则数据处理系统120可以增加半导体器件(包括具有估算的结点温度的半导体器件)的半导体电流容量限制能力。

[0123] 在步骤S916中,数据处理系统120或热调节模块104确定是否所述占空因数调节处于最大或极限值(例如,上限或下限)。可以根据能够被交替地或累加地应用的各种技术来执行步骤S916中的确定。

[0124] 在第一技术下,如果占空因数的调节基于由半导体器件开关或切换的功率或电流(例如,不考虑功率耗散、热阻抗和结点温度),则最大经调节的共模占空因数或其上限可以被设置为等于六分之一(1/6)(例如,从0.5的中心占空因数)并且最小经调节的占空因数或

其下限可被设置为等于负六分之一(例如,从0.5的中心占空因数)。

[0125] 在第二技术下,最大经调节的占空因数或其上限是代表峰值占空因数(即,峰值占空因数(PeakDutyCycle))的峰值经调节的周期数据131,其基于下列逆变器因素中的任意因素:(1)一个或多个半导体器件(Q1-Q6;D1-D6)的热阻抗,(2)一个或多个半导体器件(Q1-Q6;D1-D6)的估算温度,(3)一个或多个半导体器件的功率耗散,(4)逆变器输出199的基频,以及(5)用于确定上述逆变器因数的特征化或测试。

[0126] 如果占空因数调节不是在最大或极限值处,则该方法继续进行步骤S920。然而,如果占空因数在最大或极限值处,则该方法可以继续进行步骤S918或在等待一个时间间隔之后返回S902。

[0127] 在步骤S918中,数据处理系统120可以记录操作数据(例如,操作点)以将其储存为一个或多个文件、表、数据库、或作为数据储存装置260中的峰值经调节的周期数据131的其它数据记录。相应地,在逆变器188的操作期间,数据处理系统120可以(实时地)取回或读取先前储存的数据记录或峰值经调节的周期数据131(由于图9的方法的在线迭代),以在步骤S922、S924或这两个步骤中控制所述逆变器的操作。步骤S918以虚线示出,因为其为可选的并且可以被数据记录或峰值经调节的周期数据131的工厂编程或现场编程所替代,例如,在这种情况下,在返回到步骤S902之前,步骤S918将会等待一段时间间隔。

[0128] 在步骤S920中,数据处理系统120、热调节模块130或温度估算模块104确定逆变器188的最热的半导体器件(包括Q1至Q6;包括D1至D6)是否为高侧开关(Q1,Q3,Q5)或高侧二极管(D1,D3,D5)。如果数据处理系统120或模块(104,130)确定最热的半导体器件是高侧开关或高侧二极管,则该方法继续进行步骤S924。然而,如果数据处理系统120或模块(104,130)确定最热的半导体器件不是高侧开关或高侧二极管,则该方法继续进行步骤S922。

[0129] 在步骤S922中,数据处理系统120或热调节模块130向上调节并且增加共模占空因数。在一个实例中,通过允许一个或多个其它半导体器件(例如,Q1,Q3,Q5,D1,D3,D5)在每个周期期间传导电流更长时间,数据处理系统120或热调节模块130可以增加共模占空因数以允许最热的半导体器件(例如,低侧开关Q2,Q4,Q6或低侧二极管D2,D4,D6)冷却。在另一实例中,在步骤S922中,热调节模块130或数据处理系统120向上调节所述占空因数(例如,共模占空因数),或根据下列公式提供经调节的共模占空比,称为“经调节的占空(Adjusted Duty)”:

$$[0130] \quad \left[\text{经调节的占空} \right] = 3 \times \frac{\left| I_{\max} \right| - \left| I_{\text{medium}} \right|}{\left| I_{\max} \right| + \left| I_{\text{medium}} \right|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

[0131] 在其中“峰值经调节的占空”是从查找表或所述数据处理系统120的数据储存装置260中的其它数据记录中取得或读取的期望的峰值经调节的占空因数数据131(例如,乘法器), I_{\max} 是在图1B的相A(355)、相B(357)、相C(359)中的半导体器件(例如,具有最大电流的器件)的最大相电流(例如,集电极电流或正向偏置二极管电流),并且 I_{medium} 是半导体器件的中等相电流,其少于最大相电流但大于最小相电流。最大相电流、中等相电流、或其它相电流的这些值是瞬间值并且最大值和中等值可以连续地改变。图9示出在此文档中描述的波形的示例性实例。例如, I_{\max} 可以是三个相的最高电流或最大电流, I_{medium} 可以是三个相的中等电流,介于具有最低电流的相和具有最高电流的相之间。在一个实施例中,最大电流和中等电流可由在输出端子199处的输出相电流、通过感测电路124或通过与任何特定高侧半

导体器件或低侧半导体器件的一个或多个开关端子联接的一个或多个电流传感器进行估算。

[0132] 在替代实施例中,步骤S922被修改或替代,使得数据处理系统120或热调节模块130可以维持现有占空因数或调节占空因数以牺牲一个半导体器件相对于逆变器188中的一个或多个其它半导体器件的寿命。

[0133] 在步骤S924中,数据处理系统120或热调节模块130对于最热的半导体器件(例如,开关Q1,Q3,Q5或二极管D1,D3,D5)向下调节或降低共模占空因数。在一个实例中,通过允许一个或多个其它半导体器件(例如,Q2,Q4,Q6,D2,D4,D6)在每个周期期间传导电流更长时间,数据处理系统120或热调节模块130可以增加共模占空因数以允许最热的半导体器件(例如,开关Q1,Q3,Q5或二极管D1,D3,D5)冷却。在另一实例中,在步骤S924中,热调节模块130或数据处理系统120向下调节占空因数(例如,共模占空因数)或根据下列公式提供经调节的共模占空比,称为“经调节的占空”,:

$$[0134] \quad \left| \text{经调节的占空} \right| = 3 \times \frac{\left| I_{\max} \right| - \left| I_{\text{medium}} \right|}{\left| I_{\max} \right| + \left| I_{\text{medium}} \right|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

[0135] 其中“峰值经调节的占空”是从查找表或所述数据处理系统120的数据储存装置260的其它数据记录取得或读取的期望的峰值经调节的占空因数数据131(例如,乘法器), I_{\max} 是在图1B的相A(355)、相B(357)、相C(359)中的半导体器件(例如,具有最大电流的器件)的最大相电流(例如,集电极电流或正向偏置二极管电流),并且 I_{medium} 是半导体器件的中等相电流,其少于最大电流但大于最小相电流。最大相电流、中等相电流、或其它相电流的这些值是瞬间值并且最大值和中值可以连续地改变。图9示出在此文档中描述的波形的示例性实例。例如, I_{\max} 可以是三个相的最高电流或最大电流, I_{medium} 可以是三个相的中等电流,介于具有最低电流的相和具有最高电流的相之间。在一个实施例中,最大电流和中等电流可以由在输出端子199处的输出相电流、通过感测电路124或通过与任何特定高侧半导体器件或低侧半导体器件的一个或多个开关端子联接的一个或多个电流传感器进行估算。

[0136] 在替代实施例中,步骤S924被修改或替代,使得数据处理系统120或热调节模块130可以维持现有占空因数或调节占空因数以牺牲一个半导体器件相对于逆变器188中的一个或多个其它半导体器件的寿命。

[0137] 在步骤S914,S922,或S924之后,所述方法可返回至例如步骤S908,或其它更早的步骤。

[0138] 在图19中,信号的垂直轴线指示电流(例如,以安培为单位),其中,经调节的占空因数除外,该经调节的占空因数被乘以1000,以将其与电流一起置于所述轴线上,而水平轴线指示出信号的相角或相的度数(例如,以度为单位)。图9图示出用于每个相端子(分别地,355,357,359)的电流输出波形(502,504,506)(例如,基本上正弦波形)以及作为与驱动器177相关联的输入信号(或所输入的衍生信号的基础)的相应的共模偏移函数波形508(例如,基本上三角波形)的图表。信号508由下式得出:

$$[0139] \quad \left| \text{经调节的占空}_{\text{基本}} \right| = \frac{1}{2} \times \frac{\left| I_{\max} \right| - \left| I_{\text{medium}} \right|}{\left| I_{\max} \right| + \left| I_{\text{medium}} \right|}$$

[0140] 在一个实施例中,热调节模块130或数据处理系统120调节、控制或处理所述共模

偏移函数波形508以使得最大平均二极管功率损耗等于逆变器188中的中等平均二极管电流,或使得最大平均开关电流(例如,510)等于逆变器188中的中等平均开关电流(例如,512)。

[0141] 如图9中所图示,在逆变器的输出端子199处的三个输出相电流波形(502,504,506)基本上正弦波形。第一相输出电流波形502(相A)相对于第二相输出电流波形504(相B)和第三相输出电流波形506(相C)在相角上偏移。共模偏移函数波形508包括基本上三角波形。在一个实施例中,共模偏移函数波形508,或其衍生,被注入到驱动器177或所述逆变器188的一个或多个开关(包括Q1至Q6在内)的输入端子(370,371)中,以根据峰值经调节的占空因数调节逆变器的共模占空比,其中峰值经调节的占空因数基于每个周期的半导体器件的最大电流波形510和中等电流波形512(例如,处于0.5的占空比)、以及峰值经调节的占空数据131。例如,至少对于SVPWM的第一段,可以根据下列公式调节所述共模占空比,或确定经调节的占空因数。

$$[0142] \quad \text{经调节的占空} = 3 \times \frac{|I_{\max}| - |I_{\text{medium}}|}{|I_{\max}| + |I_{\text{medium}}|} \times \text{峰值经调节的占空}$$

[0143] 其中“峰值经调节的占空”是从查找表或所述数据处理系统120的数据储存装置260中的其它数据记录取得或读取的期望的峰值经调节的占空因数数据131, I_{\max} 是在一个周期上半导体器件(例如,包括Q1至Q6在内;或包括D1至D6在内;具有最大电流的半导体器件或最热的半导体)的最大电流(例如,510,其可以表示集电极电流或正向偏置二极管电流),而 I_{medium} (例如,512)是同一半导体器件或不同相的另一半导体器件的中等电流(例如,处于大约0.5的占空因数),其在同一周期或不同周期上小于最大电流。例如, I_{\max} 可以是在端子199处的三个相的最高电流或最大电流, I_{medium} 可以是在端子199处的三个相的中等电流,介于具有最低电流的相和具有最高电流的相之间。在一个实施例中,峰值或最大电流510是在一个周期期间的正的正弦偏离的基本半个波形,其与逆变器的一个或多个相在所述周期期间的对应的基本正弦波形输出相关联。在一个实施例中,中等电流512在一个周期期间基本上是三角波形或大致弧形波形,其与逆变器的一个或多个相在所述周期期间的对应的基本上正弦波形输出相关联。

[0144] 图10A示出了在逆变器的输出端子处的第一相电流502(例如,相A电流)幅度随相角(以度为单位)变化的曲线图。垂直轴线反映了电流幅度,而水平轴线以度为单位示出了相位或位置。

[0145] 图10B示出了在逆变器188的输出端子199处的各个半导体器件的第一相温度随相角或位置(以度为单位)变化的曲线图,其中图10B的温度的相角或位置与图10A的电流的相角对齐。高侧开关温度522由短虚线图示,低侧开关温度516由交替的长虚线和短虚线图示。高侧二极管温度518由实线图示,低侧二极管温度520由长虚线所示。

[0146] 图10C示出了可根据温度管理计划、利用共模偏移或其它方式进行调节的共模偏移函数波形514,以在一个或多个相的开关(Q1-Q6)或二极管(D1-D6)之间分配热耗散,其中共模偏移函数波形514的相角或位置与图10A中的电流波形502的相角或位置以及图10B中的温度曲线(516,518,520,522)对齐。经调节的共模电压波形或共模偏移函数514可以基于在阈值频率以下的基频而变化。如果逆变器的基频或载波频率高于阈值频率,则SVPWM调制可以在无直流偏移以及无精调节的共模电压波形的情况下使用。

[0147] 图11A示出稳态相电流幅度波形(502,504,506)随处于低基频的逆变器188的输出端子199处的相位或位置(以度为单位)变化的曲线图,所述低基频高于停转基频或不与电机(例如,电机117)的停转状态相关联。例如,图11A中的相电流波形(502,504,506)的低基频大于停转基频并且小于或等于基频阈值频率。在相A输出端子355处的相A波形502由实曲线示出并且可以基本上是正弦波形。在输出端子357处的相B波形504由虚曲线示出并且可以是基本上正弦波形。在输出端子359处的相C波形由点划曲线示出并且可以是基本上正弦波形。

[0148] 图11B示出处于高于电机停转状态的低基频下的经调节的占空比函数(共模)或主直流(DC)偏移函数波形575,其对应于图11A的相电流幅度随相角或位置(以度为单位)变化的曲线图。图11B示出处于高于电机停转状态的低基频下的经调节的占空比函数(共模)或第二直流(DC)偏移函数波形576,其对应于图11A的相电流幅度随相角或位置(以度为单位)变化的曲线图。主共模偏移函数波形575大致为相对于第二共模偏移函数波形576异相一百八十(180)度,其中这两个波形(575,576)具有如图所示的近似相同的频率。所述主共模偏移函数波形575的相角或相移(例如,相对于基波波形而言大约零度)将热耗散朝向全部三个相的二极管(包括D1-D6在内)进行分配(例如,对称地),而所述第二主共模偏移函数波形576的相反的相角或相移(例如,波形575和576之间相差大约180度)将热耗散朝向开关(包括Q1-Q6在内)进行分配(例如,对称地)。

[0149] 图11A中的波形(575,576)的相电流的低基频大于停转基频并且小于或等于基频阈值频率。例如,在基频阈值附近或以下、并且在电机的停转频率或停转状态以上的低基频处,占空因数或共模偏移函数波形(575,576)可以从其0.5的中心值偏离其最大值的约 ± 0.5 ,如在图11B中所指示。如图所示,共模偏移函数波形(575,576)具有基本上正弦函数-三角波形或余弦函数-三角波形,或它们的导数(或衍生),尽管在替代实施例中可以使用梯形和其它波形。

[0150] 图12A示出了在位于电机的停转频率(例如,大约5Hz至2Hz)处或附近的低基频下的逆变器188的输出端子199处的相电流幅度波形(502,504,506)随时间变化的曲线图。图12A中的相电流波形(502,504,506)的低基频在停转基频处或附近,并且小于或等于基频阈值频率。在相A输出端子355处的相A波形502由实曲线出并且可以基本上是正弦波形。在输出端子357处的相B波形504由虚曲线示出并且可以是基本上正弦波形。在输出端子359处的相C波形506由点划曲线示出并且可以是基本上正弦波形。

[0151] 在图12A中,相电流幅度波形(502,504,506)是关于中心轴线525对称的。在一个实施例中,图12B的共模偏移函数528或530可以相对于端子199处的一个或多个输出相在相位方面移位,或在峰值幅度方面移位,或在相位和幅度两个方面都移位,以在半导体器件之间调节热耗散,或在半导体开关与二极管之间调节平衡。

[0152] 图12B示出了与电机(例如,117)的停转速度状况处或附近相关联的低基频处的两个示意性的经调节的占空比函数或共模偏移函数波形(528,530),它们对应于图12A的相电流幅度随时间变化的曲线图。图12B中的相电流的低基频在停转基频处或附近,并且小于或等于基频阈值频率。比阈值更低的基频在停转基频处或附近(例如,从大致2Hz至大致0.5Hz),所述占空因数或共模偏移函数波形530可能从其中心轴线525附近的中值偏离大约0.4至0.48,如由图12B中的虚曲线所指示。在停转状态或附近,图12B的经调节的共模电压

波形或共模偏移函数530可具有峰值量值,该峰值量值其在垂直轴线上关于中心轴线525(例如,在垂直轴线上0处)大致接近于0.48或0.5,这代表着大致0.5的占空因数或百分之五十(50)的共模注入。如图所示,共模偏移函数波形530具有基本上正弦函数-三角波形或余弦函数-三角波形,或它们的衍生,尽管可以使用梯形和其它波形。

[0153] 图12B图示出经调节的共模电压波形或共模偏移函数的两个变型,其中由虚曲线指示的第一共模偏移函数波形530具有关于中心轴线(例如,在垂直轴线上0处)的大约百分之40至48的三角注入波形,这代表着大约0.5的占空因数或百分之五十(50)的共模注入。由实曲线指示的第二共模偏移函数波形528具有大致25%的三角注入波形。第一共模偏移函数波形530具有比第二共模偏移函数波形528更高的幅度峰值和更大的量值/时间(量值vs.时间)斜率(更短的上升和降落时间)。此外,第一共模偏移函数波形530可以是被相移的。例如,如果共模偏移函数(例如,第一共模偏移波形30或第二共模偏移函数波形528)被相移大约180度,则热耗散能够在半导体开关与半导体二极管之间来或回地重新分配;反之亦然。

[0154] 图12B图示出关于中心轴线525的经调节的共模电压波形或共模偏移函数波形(528,530)。根据热分配管理计划,例如,基于先前描述的用于经调节的共模占空因数或占空比的公式,共模偏移波形(528,530)的幅度或峰值、相对于在端子199处的所述逆变器的输出相位而言的共模偏移函数波形的相位、或这二者可在逆变器188中的半导体器件(Q1-Q6;D1-D6)之间不对称地或对称地分配热耗散。

[0155] 在一个实施例中,通过使用共模偏移函数波形的谐波(例如,三次谐波或三次谐波的整数倍)(该谐波与相数目(例如,3)乘以逆变器基频相等),所述经调节的共模电压波形或共模偏移函数波形(528,530)可具有相对于占空因数和逆变器188中的每个相的半导体器件内的热分配而言的对称的影响。热调节模块130或数据处理器调节占空因数以使得损耗移位,并且因此通过对称的三次谐波方式使得所述共模占空因数移位而在处于不同相的不同半导体器件之间对称地移动热耗散,其中,在(例如,一个相诸如相A中的)第一半导体开关中的电压或电流相对于(例如,另一相诸如相B或相C中的)导通的第二半导体开关和(例如,另一相诸如相B或相C中)导通的第三半导体器件被减小。

[0156] 图13A示出了用于在停转状态下操作的具有各种对应的共模占空因数百分比的逆变器188的一个示意性相的高侧开关(Q1,Q2,Q3)的功率(以瓦为单位)随时间变化的曲线图。点划线示出在70%占空因数下的高侧开关中的或被该高侧开关耗散的功率电平584。虚线示出了在60%占空因数下的高侧开关中的或被该高侧开关耗散的功率电平582。实线示出了在50%占空因数下的高侧开关中的或被该高侧开关耗散的功率电平580。

[0157] 图13B示出用于图13A的处于各种相应的共模占空因数百分比下的高侧开关(Q1,Q2,Q3)的温度随时间变化的曲线图。点划线示出在70%占空因数下的高侧开关的温度曲线590。虚线示出在60%占空因数下的高侧开关的温度曲线588。实线示出在50%占空因数下的高侧开关的功率电平586。总体而言,通过图13A和图13B可以看出,随着共模占空因数或占空比的增大,每个高侧开关处理更多的功率并且必须耗散更多的热量。相反地,随着共模占空因数或占空比的减小,每个高侧开关处理更低的功率并且必须耗散更少的热量。

[0158] 图14A示出用于具有各种相应的共模占空因数百分比的逆变器188的一示意性相的低侧二极管(D2,D4,D6)的功率(以瓦为单位)随时间变化的曲线图。点划线示出在70%占空因数下的低侧二极管中的或由70%占空因数下的低侧二极管耗散的功率电平584。虚线

示出在60%占空因数下的低侧二极管中的或由60%占空因数下的低侧二极管耗散的功率电平582。实线示出在50%占空因数下的低侧二极管中的或由50%占空因数下的低侧二极管耗散的功率电平580。

[0159] 图14B示出用于图14A的处于各种相应的共模占空因数百分比下的低侧二极管(D2,D4,D6)的温度随时间变化的曲线图。点划线示出处于70%占空因数下的低侧二极管的温度曲线590。虚线示出处于60%占空因数下的低侧二极管的温度曲线588。实线示出处于50%占空因数下的低侧二极管的功率电平586。大致而言,通过图14A和图14B可以看出,随着共模占空因数或占空比的增大,每个低侧二极管处理更少的功率并且必须耗散更少的热量。相反地,随着共模占空因数或占空比的减小,每个低侧二极管处理更多的功率并且必须耗散更多的热量。因此,根据图13A至图14B,通过增大或减小共模占空因数或占空比,可以在高侧开关和低侧二极管之间分配热量。

[0160] 虽然已描述了优选的实施例,但显而易见的是,在不脱离由所附权利要求书限定的本发明的范围的情况下,可以做出各种修改。

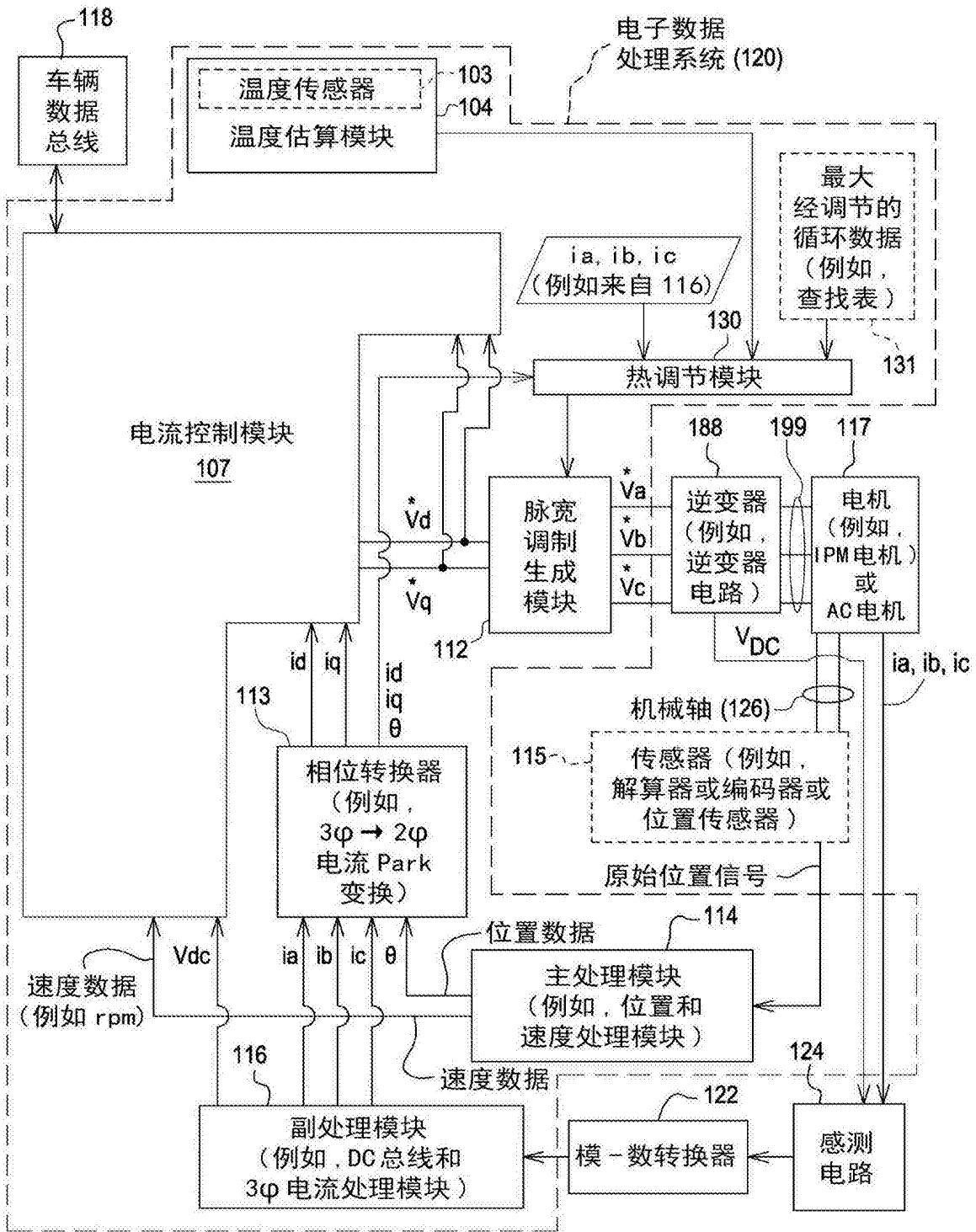
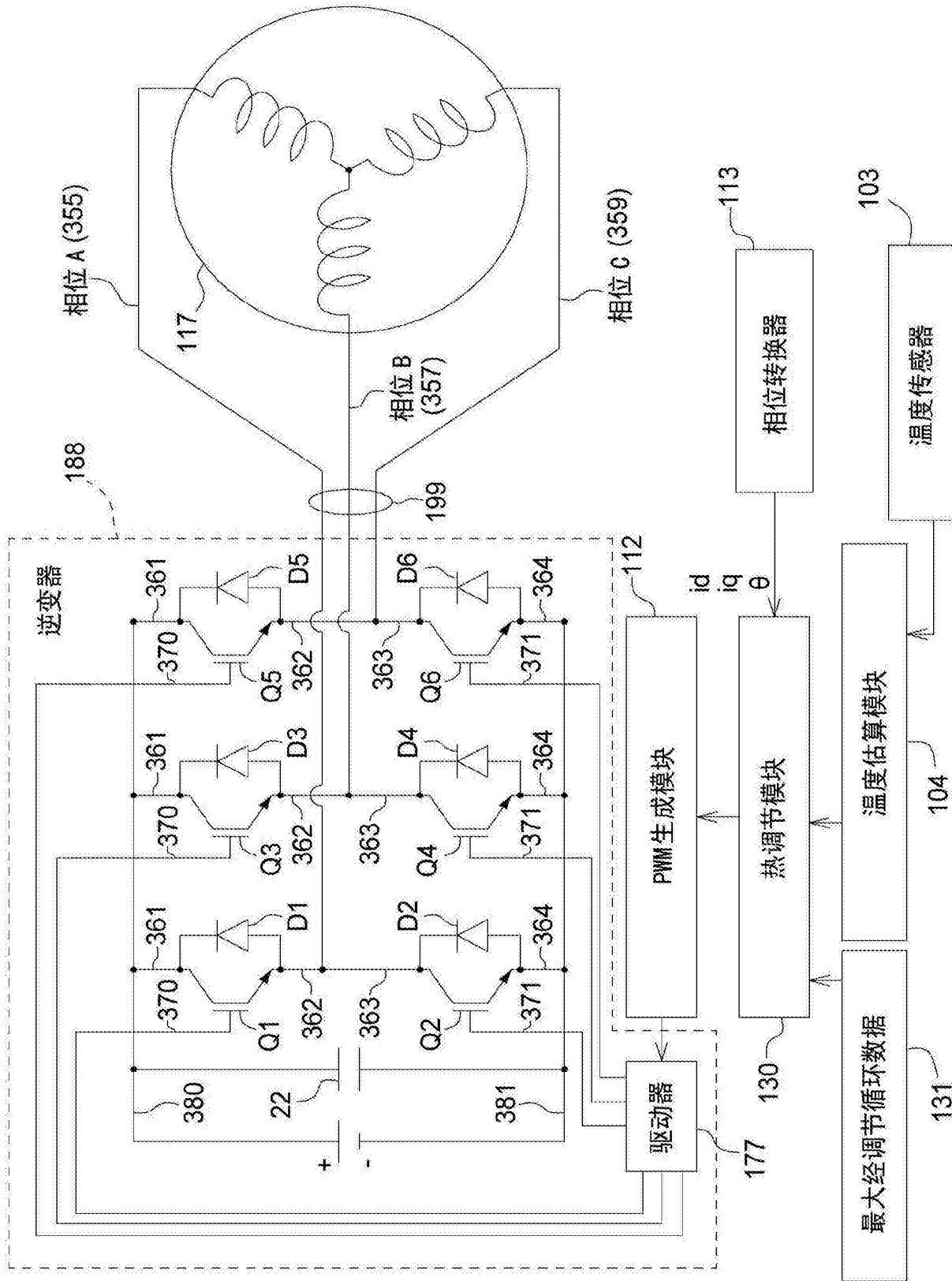


图1A



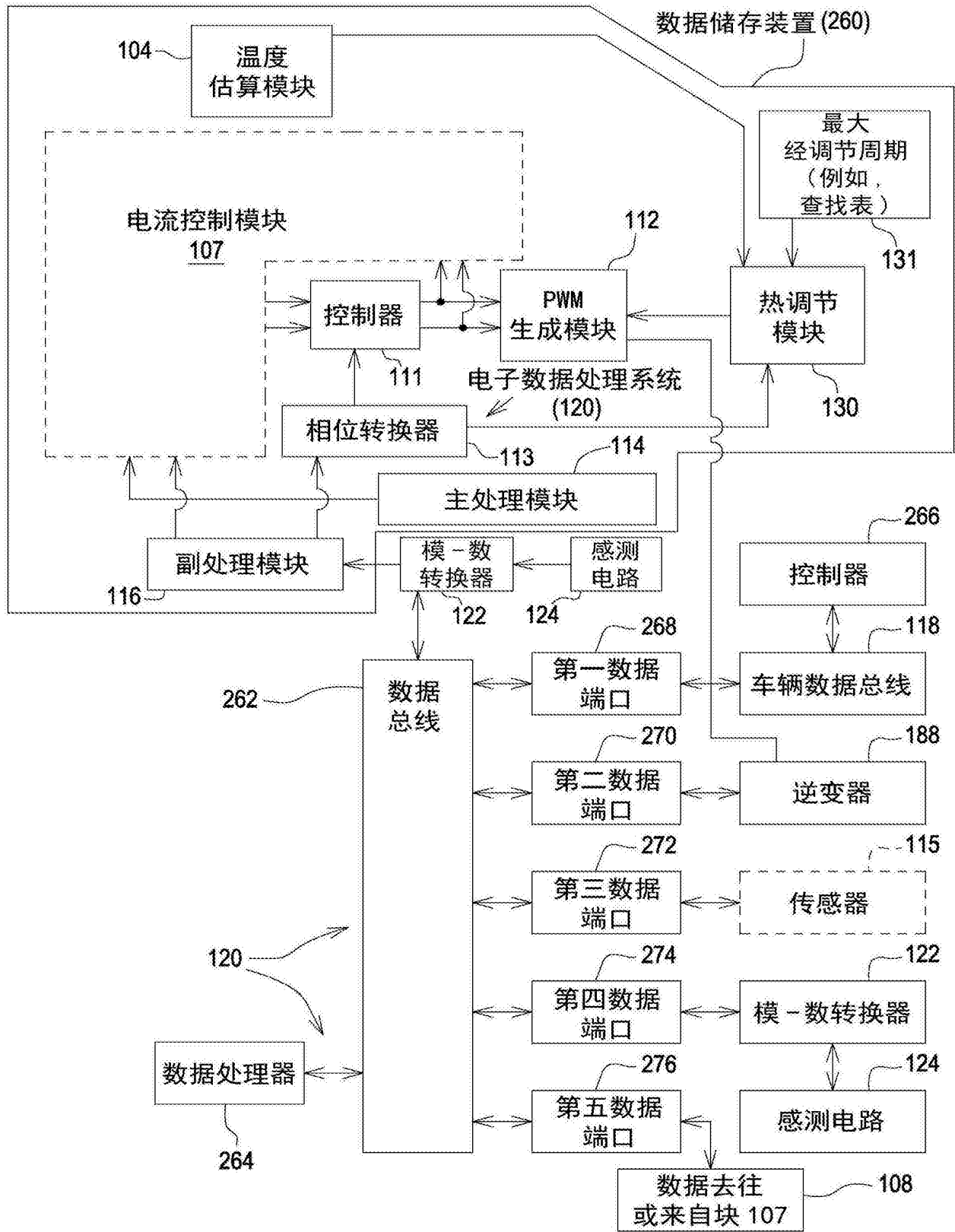


图2

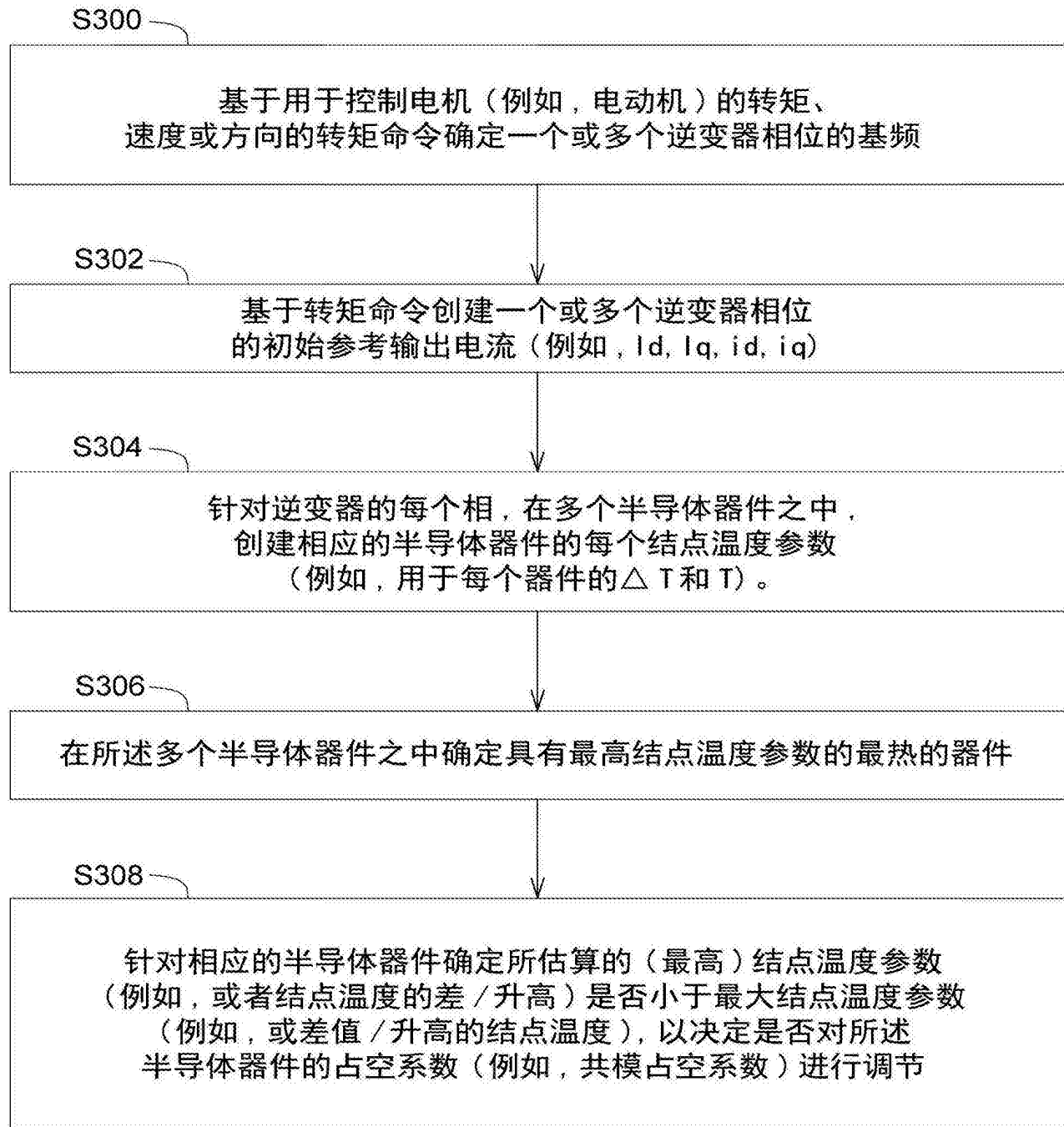


图3

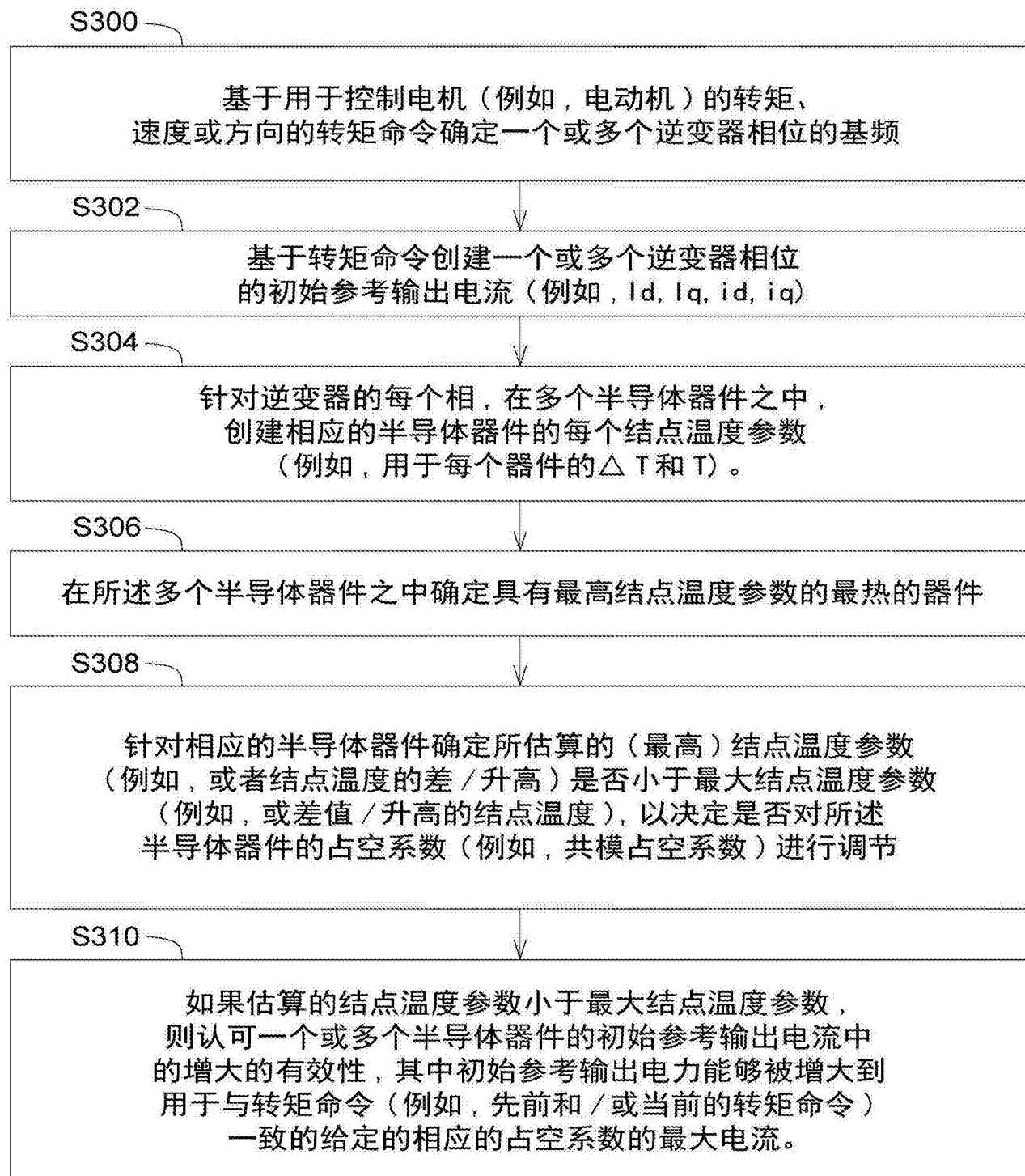


图4

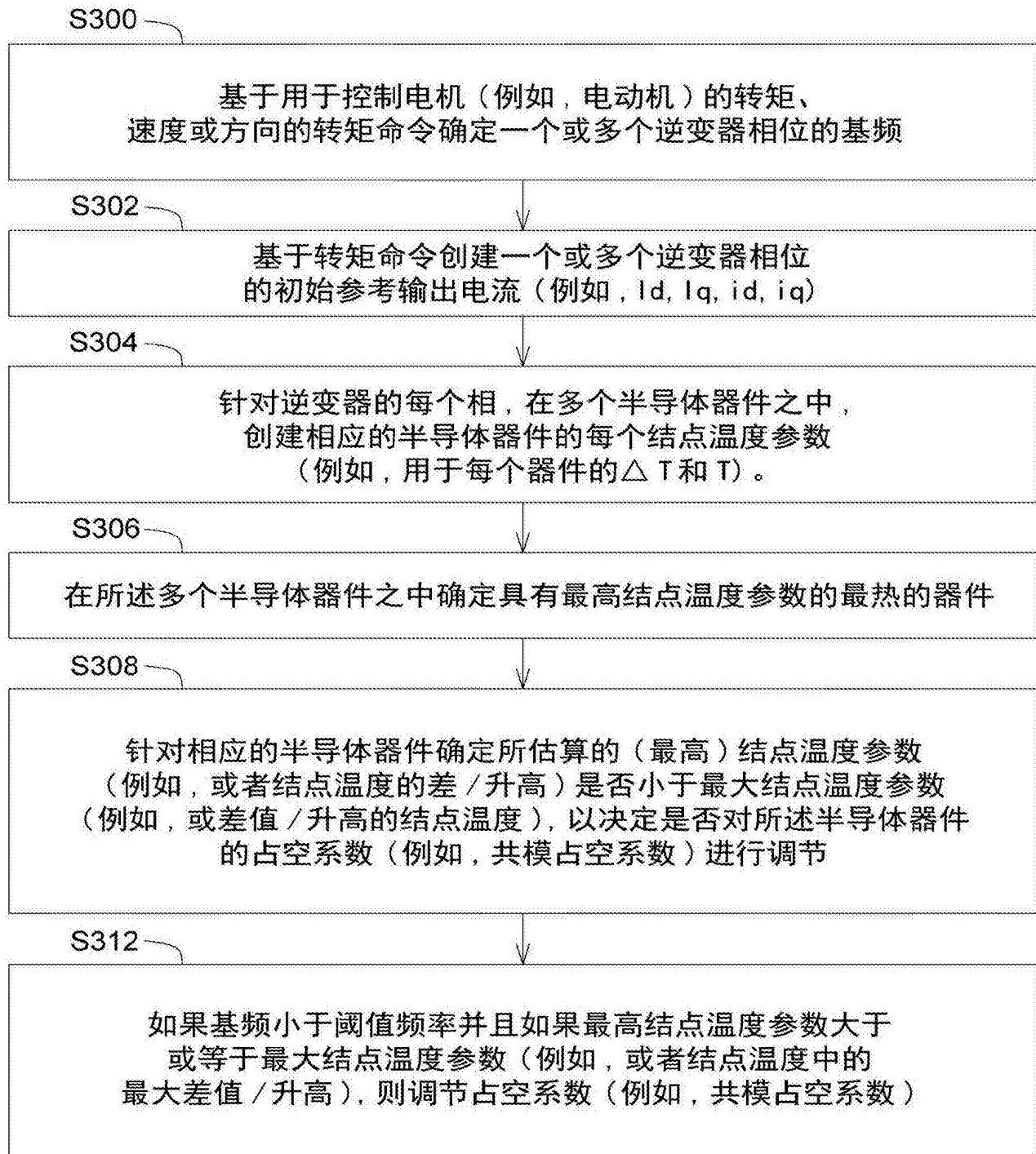


图5

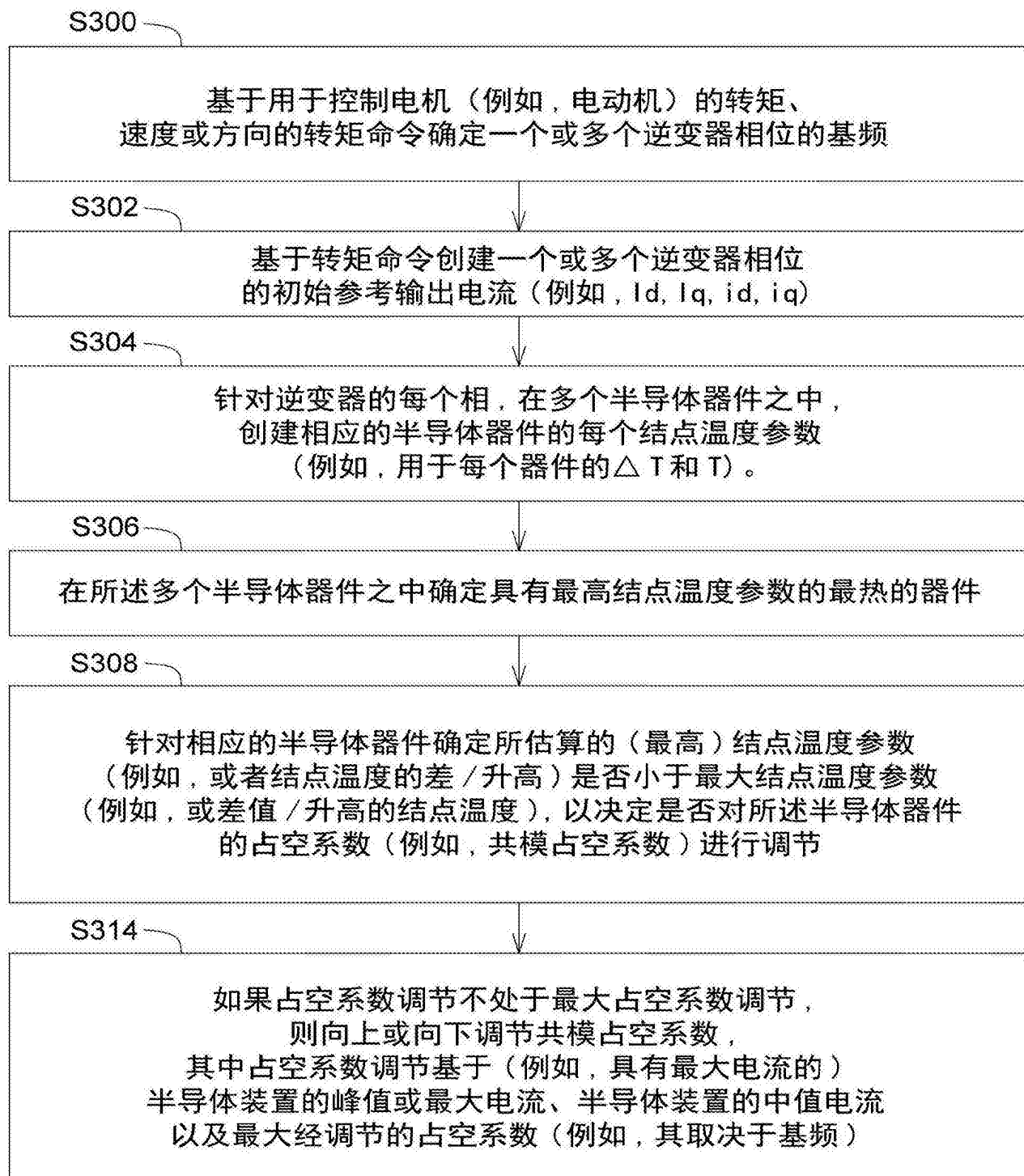


图6

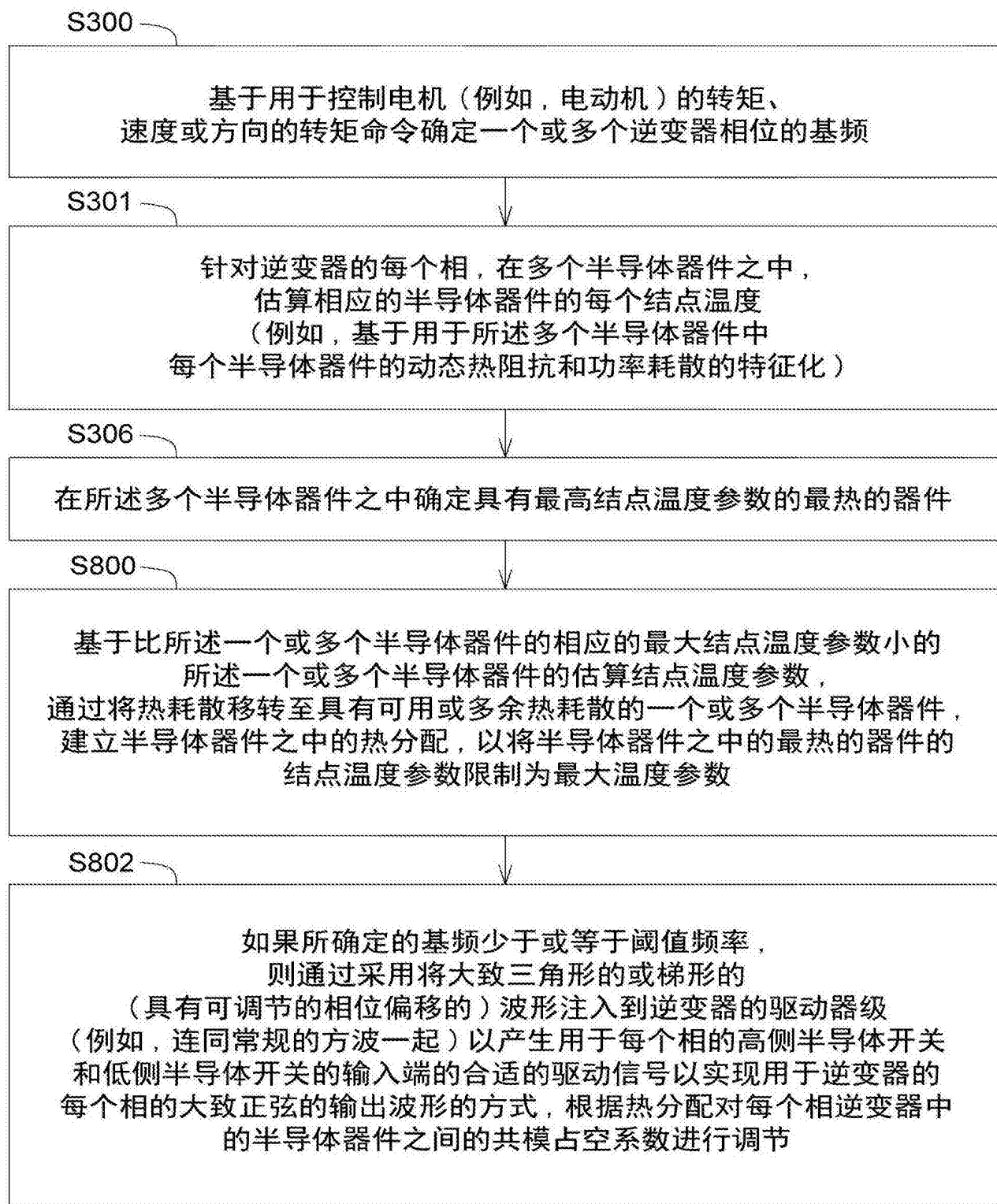


图7

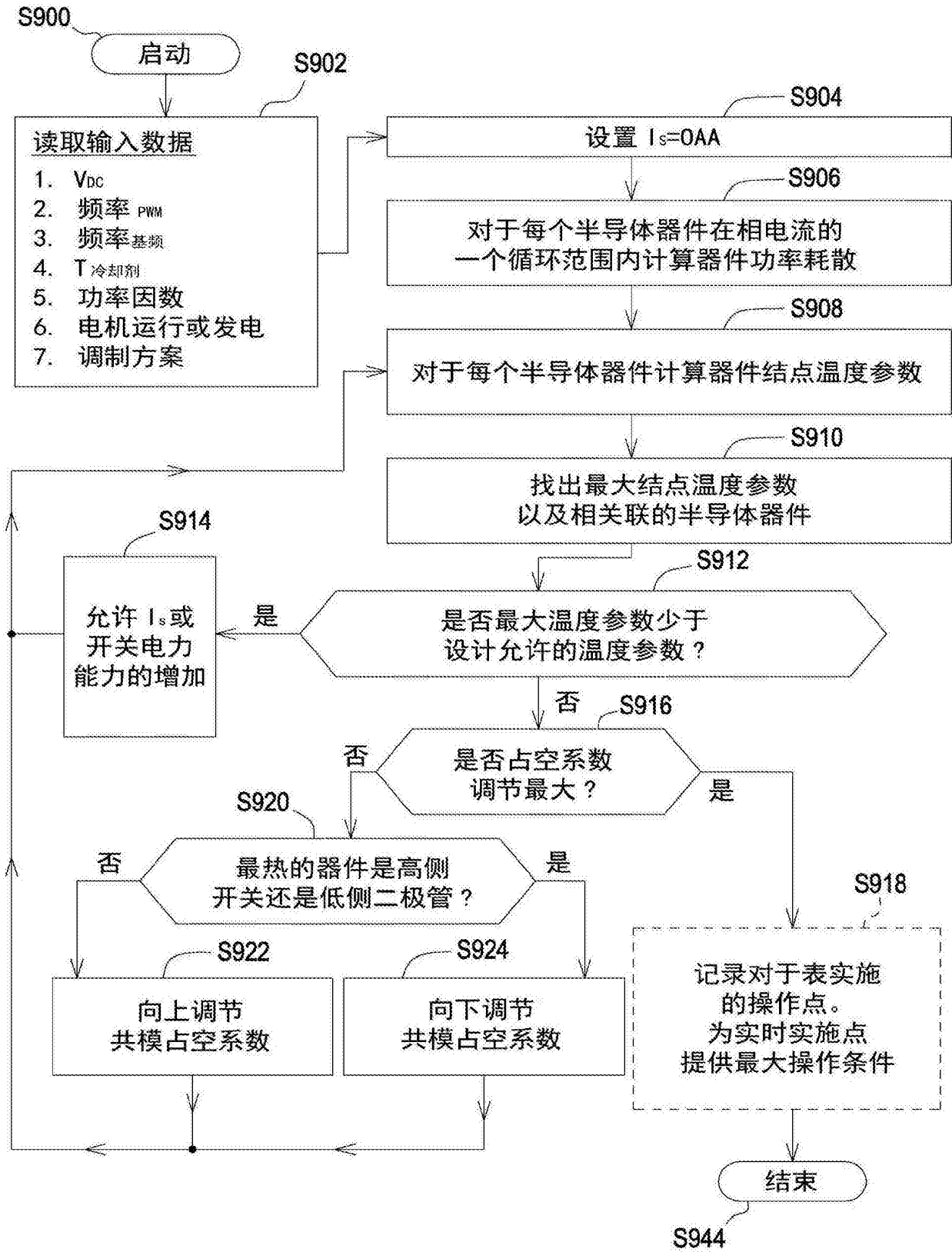


图8

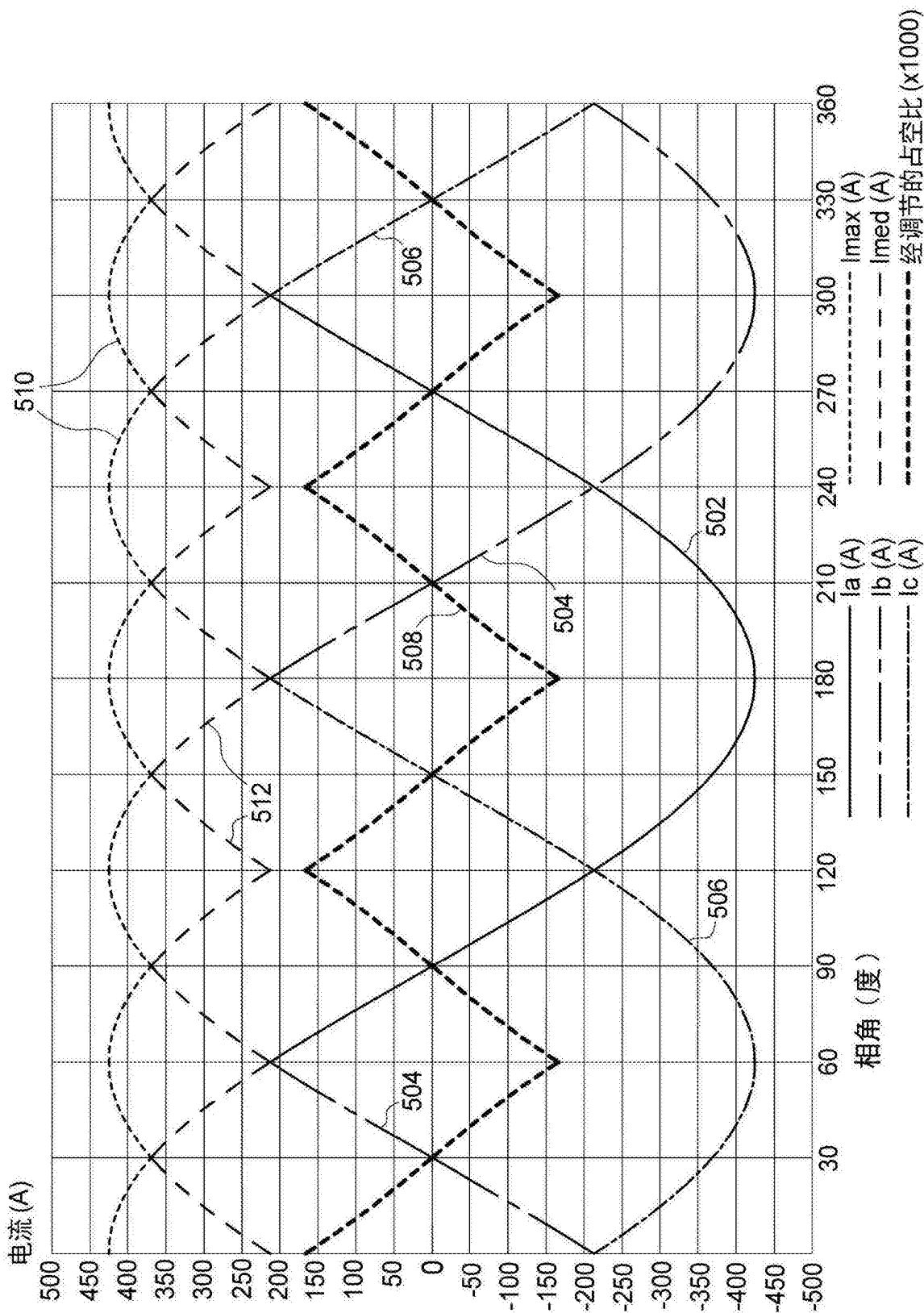


图9

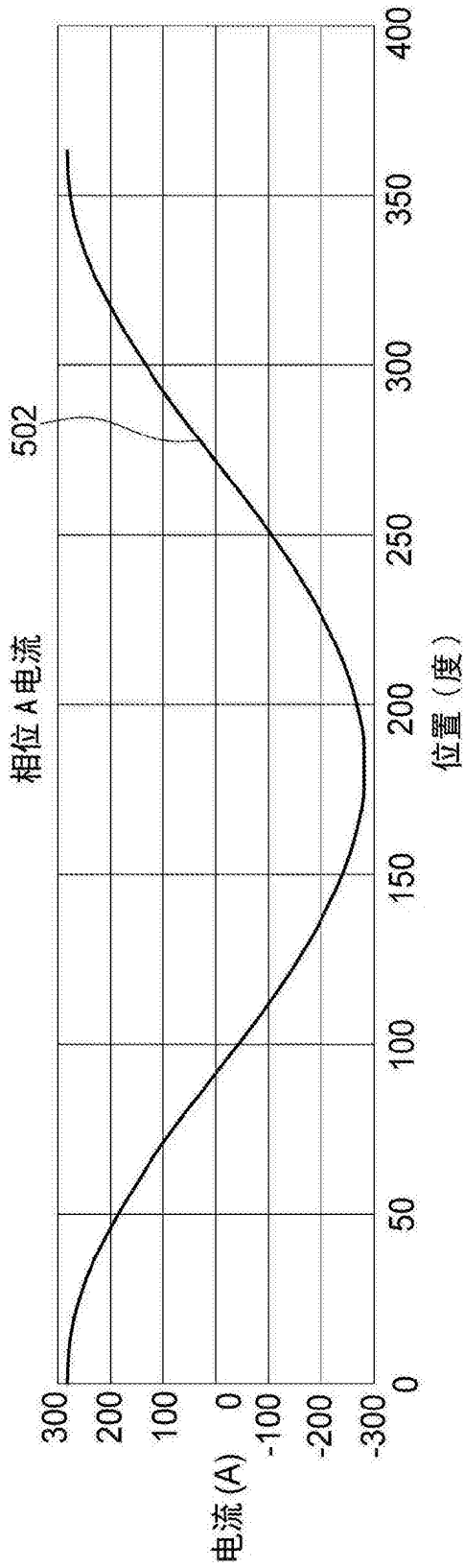


图10A

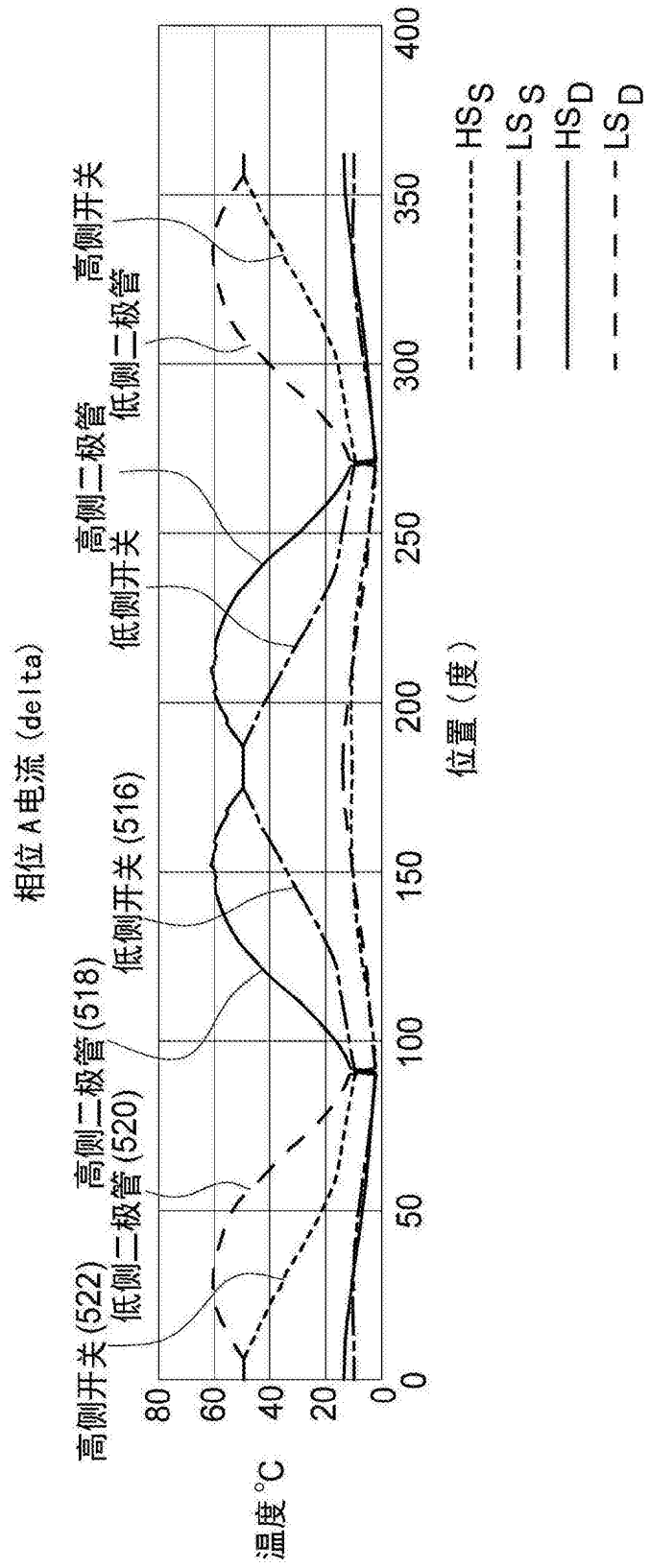


图10B

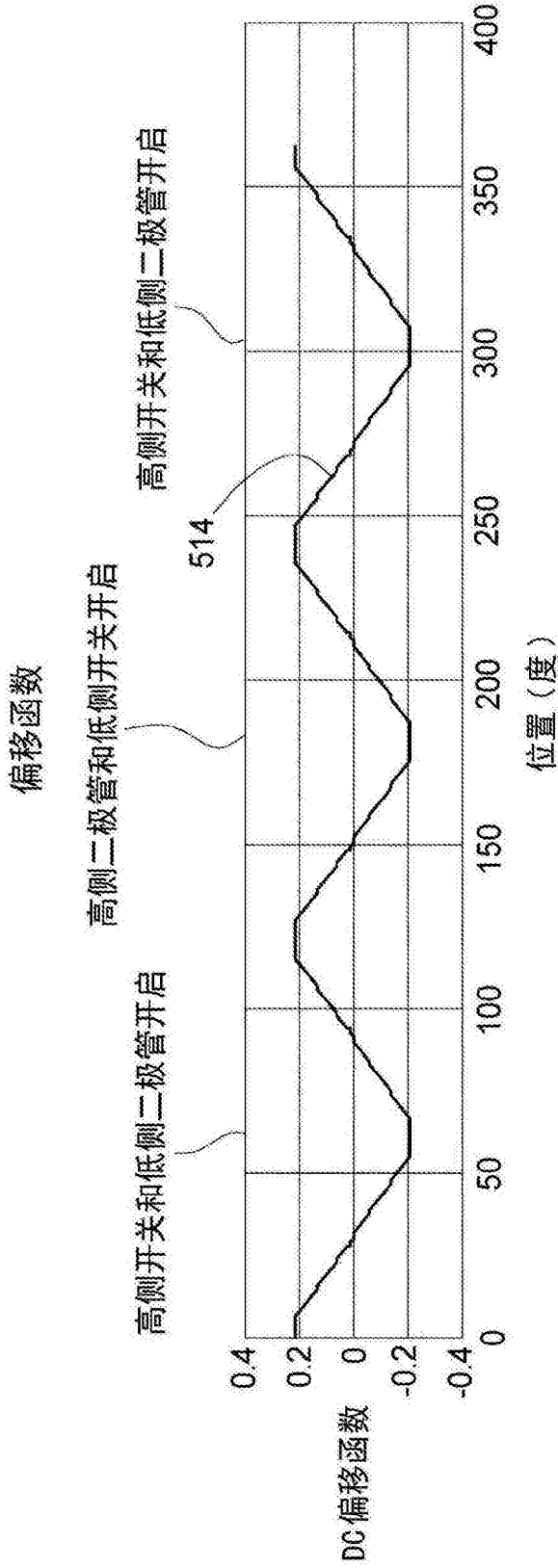


图10C

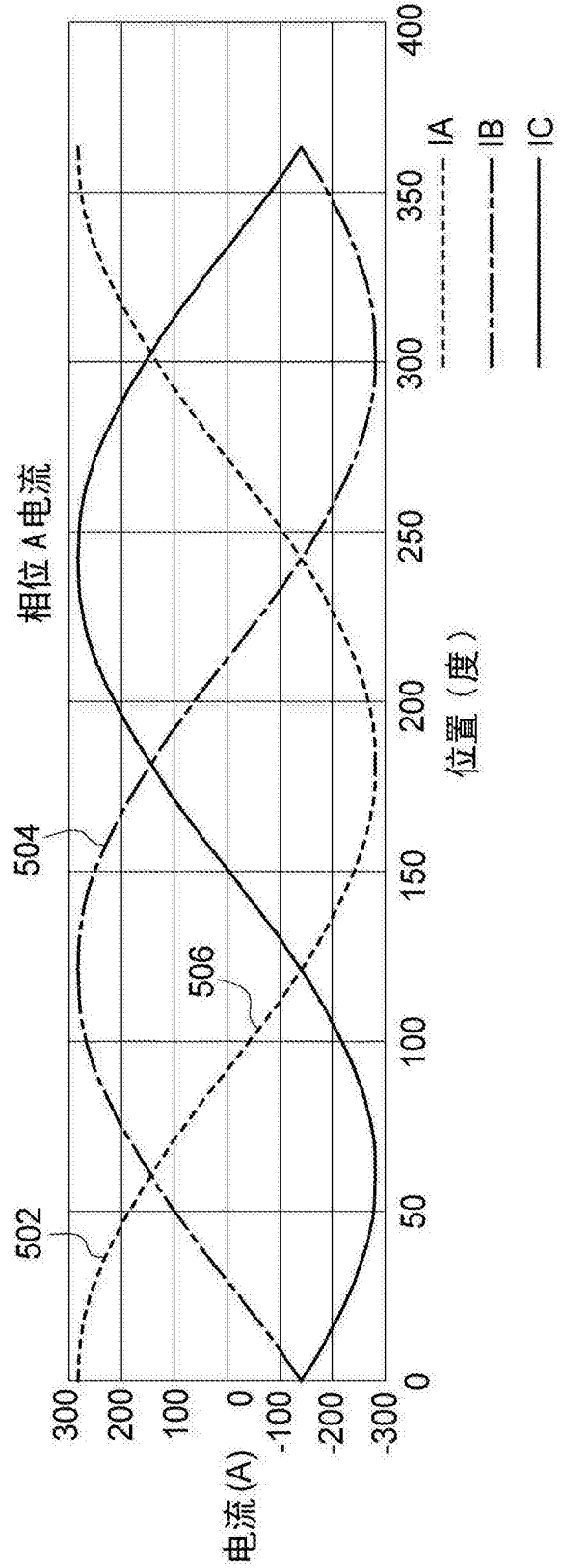


图11A

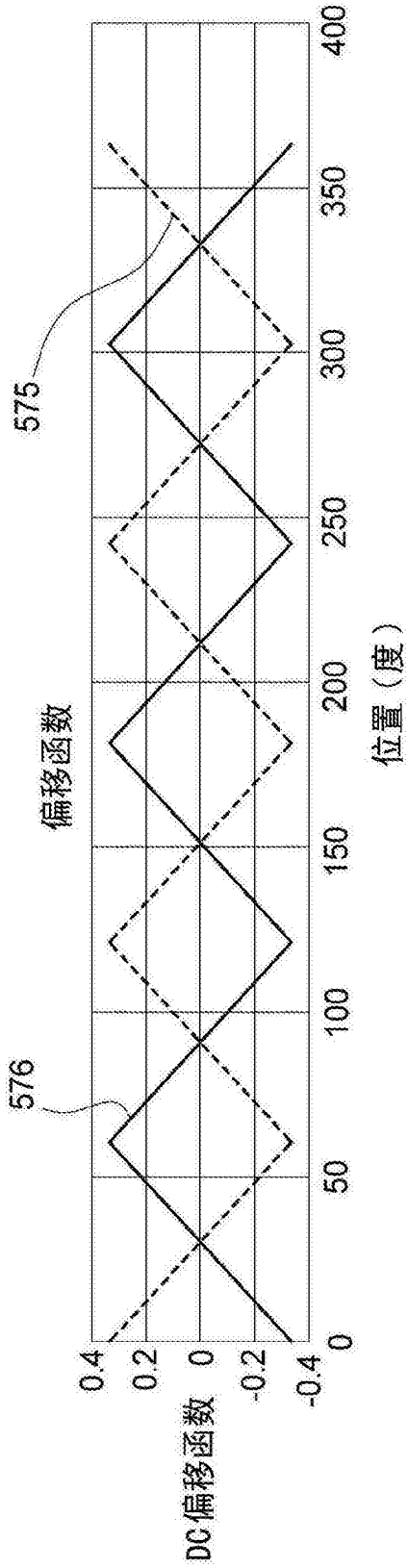


图11B

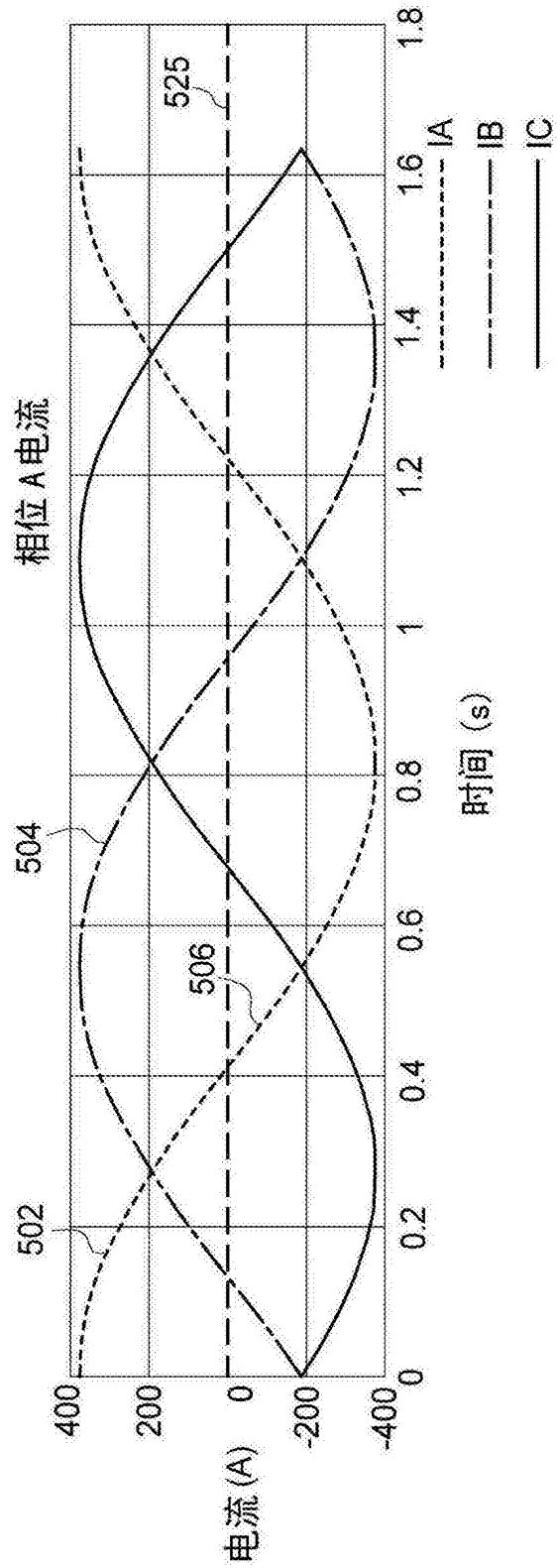


图12A

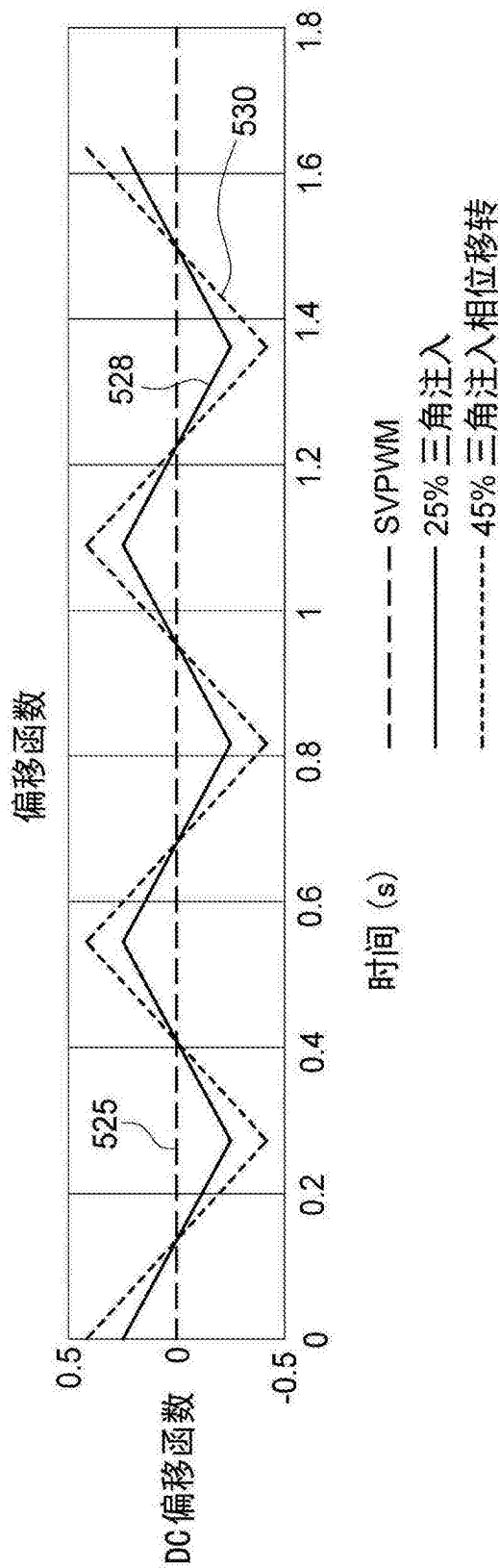


图12B

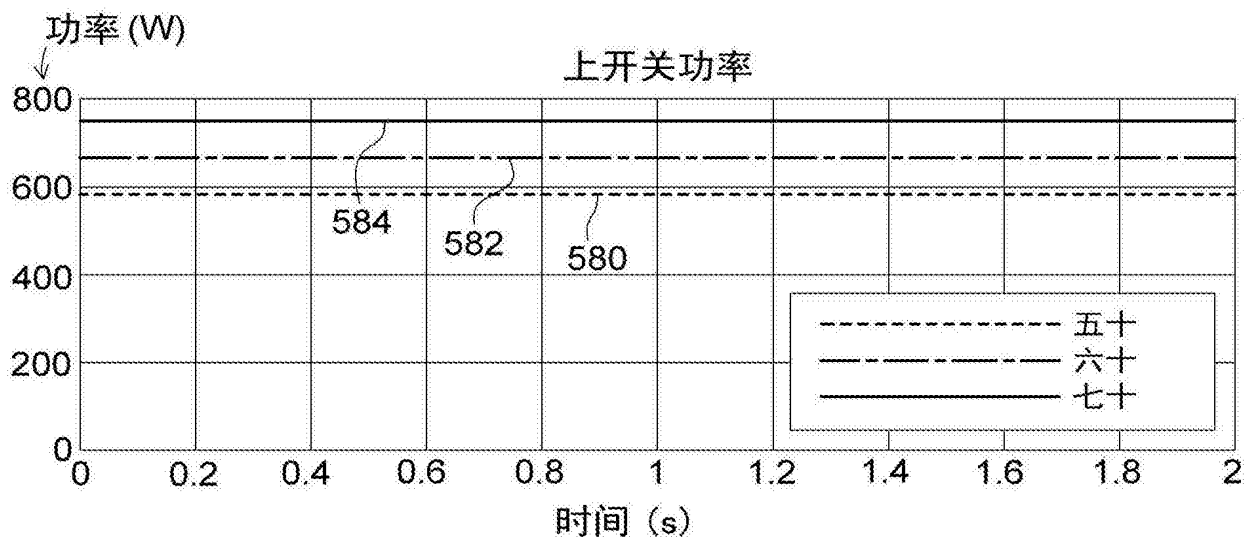


图13A

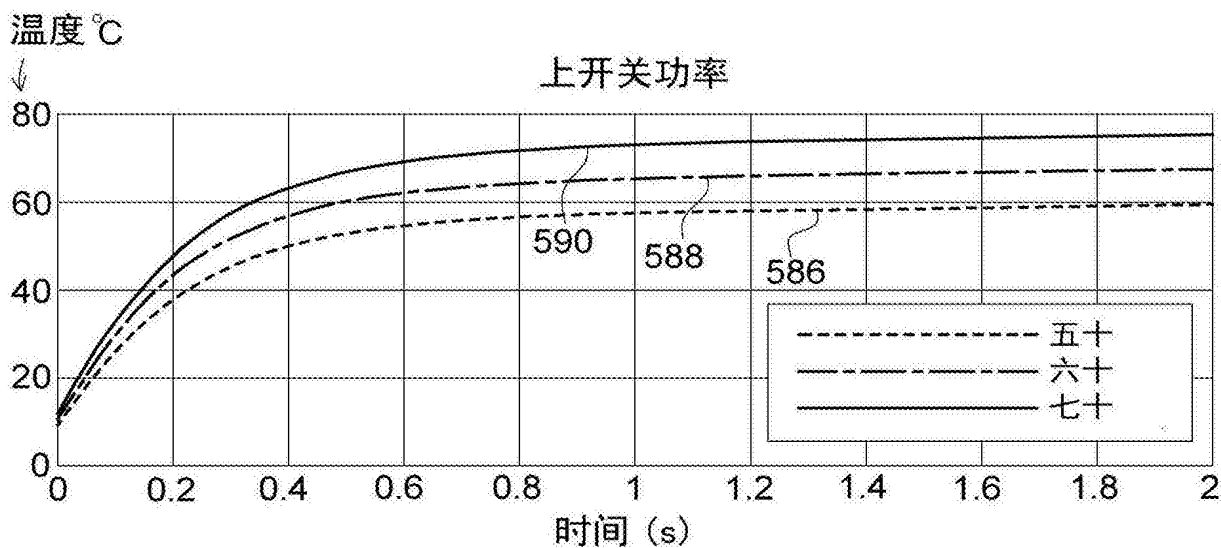


图13B

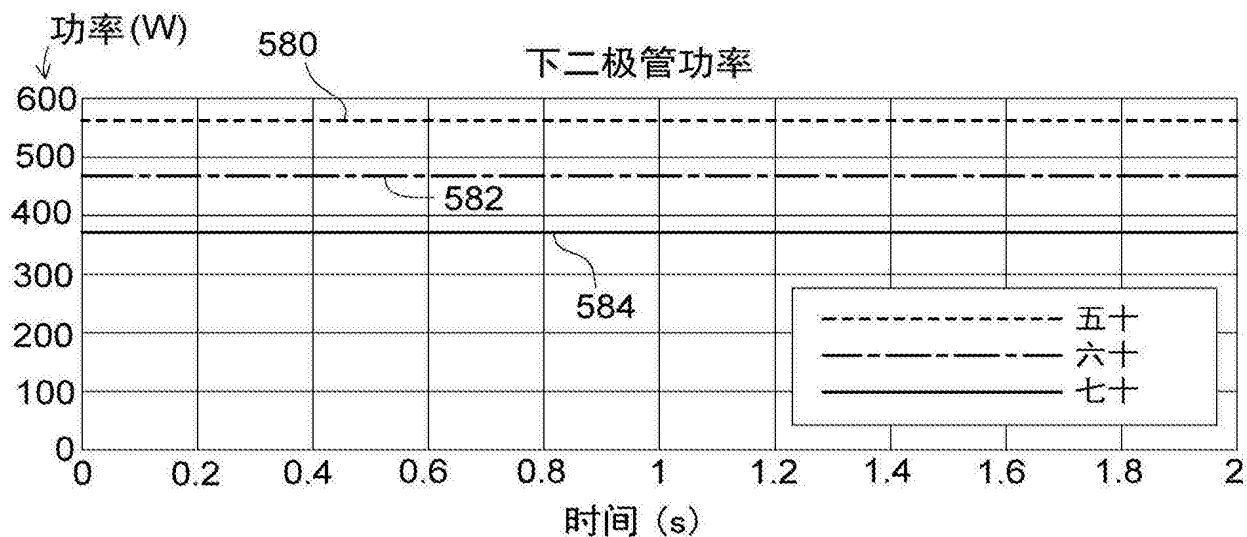


图14A

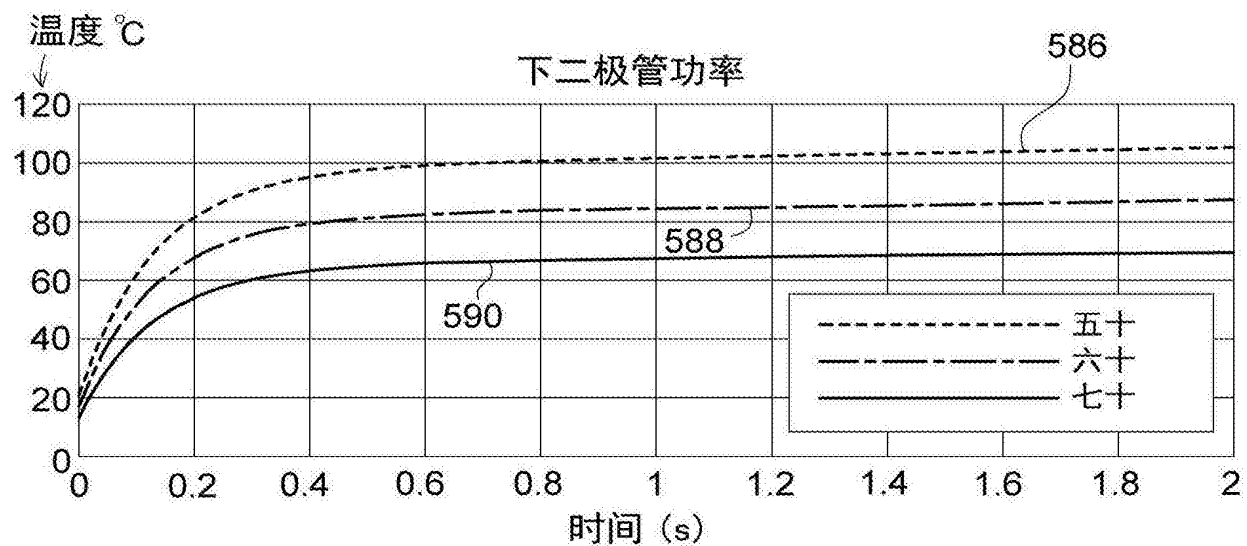


图14B