



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105584519 B

(45)授权公告日 2019.01.01

(21)申请号 201410635687.6

(22)申请日 2014.11.12

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105584519 A

(43)申请公布日 2016.05.18

(73)专利权人 上海航天汽车机电股份有限公司
地址 201206 上海市浦东新区榕桥路661号

(72)发明人 赵学平 陈刚

(74)专利代理机构 上海光华专利事务所(普通
合伙) 31219

代理人 余明伟

(51)Int.Cl.

B62D 5/04(2006.01)

(56)对比文件

CN 103384129 A,2013.11.06,
CN 103192868 A,2013.07.10,
CN 102566434 A,2012.07.11,
JP 2014162423 A,2014.09.08,
JP H10100913 A,1998.04.21,

审查员 陶洪敏

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

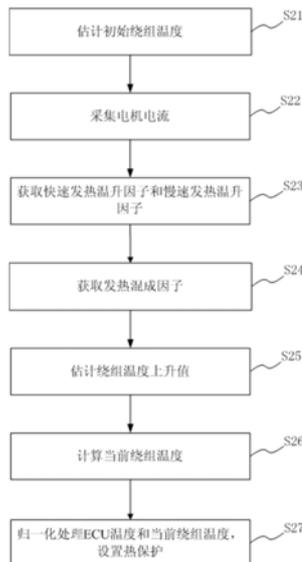
(54)发明名称

一种电动助力转向系统的热管理方法和系统

(57)摘要

本发明提供一种电动助力转向系统的热管理方法和系统,包括:根据采集模块采集的MOSFET温度估计电机的初始绕组温度;采集模块采集电机电流;通过查找模块依据电机的电流以及指定电机的发热或散热速度,查找快速发热表、慢速发热表和发热混成因子表,获取快速发热温升计算因子、慢速发热温升计算因子和发热混成因子;通过控制模块估计电机的绕组温度上升值,并计算电机的当前绕组温度,对ECU温度和当前绕组温度进行归一化处理,设置热保护。其中,快速发热表、慢速发热表和发热混成因子表是通过标定模块标定,并存储在存储模块内。本发明通过查表方法估计温升和当前温度,通过归一化方法采取热保护,有效防止ECU的过热损坏。

CN 105584519 B



1. 一种电动助力转向系统的热管理方法,所述电动助力转向系统包括电机、ECU和MOSFET;其特征在于,所述电动助力转向系统的热管理方法包括:

估计所述电机的初始绕组温度 T_0 ;

采集所述电机的电流;所述电流是由D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 计算得到的;

根据所述电流,查找快速发热表和慢速发热表,获取快速发热温升计算因子a和慢速发热温升计算因子b;

根据所述电流和所述电机的发热或散热速度,查找发热混成因子表,获取发热混成因子c;

估计所述电机的绕组温度上升值 ΔT : $\Delta T=(a*c+b*(1-c))$;

计算电机的当前绕组温度 T : $T=T_0+\Delta T$;

采集当前的所述ECU的温度,对所述ECU温度和所述当前绕组温度 T 进行归一化处理,设置热保护;

所述快速发热表是通过设定不同的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和,在快速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的;

所述慢速发热表是通过设定不同的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和,在慢速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的;

所述发热混成因子表是通过设定不同的所述发热或散热速度,输入确定的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和进行电机发热试验来预先标定的。

2. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统的热管理方法,其特征在于,所述初始绕组温度是通过当前采集的所述MOSFET的温度、以及前一次关火时的所述MOSFET温度和所述电机的绕组温度进行估计的。

3. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统的热管理方法,其特征在于,所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混成因子表都是根据不同车型使用的电机进行标定的。

4. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统的热管理方法,其特征在于,所述发热混成因子小于1。

5. 根据权利要求1所述的电动助力转向系统的热管理方法,其特征在于,所述热保护是将所述归一化处理后的所述ECU的温度和所述当前电机绕组温度 T 中数值较大的一个与最大温度范围比较:如果超过所述最大温度范围,则停止所述电机的助力;如果在所述最大温度范围内,则减少所述电机的助力。

6. 一种电动助力转向系统的热管理系统,所述电动助力转向系统包括电机、ECU和MOSFET;

其特征在于,所述电动助力转向系统的热管理系统包括:估计模块、采集模块、查找模块、控制模块、标定模块和存储模块;其中,

所述估计模块用于估计所述电机的初始绕组温度、以及下一周期的电机绕组上升或下降温度;

所述采集模块用于采集所述ECU温度、所述MOSFET温度和所述电机的电流;所述电流是由D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 计算得到的;

所述查找模块用于根据所述电流查找快速发热表、慢速发热表和发热混成因子表,获取相应的快速发热温升计算因子a、慢速发热温升计算因子b和发热混成因子c;

所述标定模块用于根据所述电机标定所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混成因子表；

所述存储模块用于存储所述标定模块标定的所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混成因子表；

所述控制模块用于控制所述估计模块、所述采集模块、所述查找模块、所述标定模块和所述存储模块；根据所述初始绕组温度、所述快速发热温升计算因子a、所述慢速发热温升计算因子b和所述发热混成因子c,以及指定的所述电机的发热或散热速度,计算当前绕组温度；并根据所述ECU的温度设置热保护；

所述快速发热表是通过设定不同的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和,在快速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的；

所述慢速发热表是通过设定不同的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和,在慢速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的；

所述发热混成因子表是通过设定不同的所述发热或散热速度,输入确定的所述D轴电流与所述Q轴电流的平方和进行电机发热试验来预先标定的。

一种电动助力转向系统的热管理方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种热管理方法和系统,特别是涉及一种适用于电动助力转向系统的热管理方法和系统。

背景技术

[0002] 电动助力转向系统EPS (Electric Power Steering),是一种直接依靠电机提供辅助扭矩的动力转向系统,其通过电机提供转向助力,省去了液压动力转向系统所必需的动力转向油泵、软管、液压油、传送带和装于发动机上的皮带轮,既节省能量,又保护了环境。另外还有调整简单、装配灵活以及在多种状况下都能提供转向助力的特点。正因为这些优点,所以电动助力转向系统EPS成为了汽车转向系统的发展方向。

[0003] 电动助力转向系统EPS的一大特点就是电流大,而电流过大,势必会导致电机,乃至整个设备的温度增高。因此,热管理就成为保证电动助力转向系统EPS的安全的重要组成部分。为了减少电动助力转向系统EPS的复杂程度,降低系统的成本,在对电动助力转向系统EPS的热管理设计中,通常只在ECU (Electronic Control Unit,电子控制单元)和MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor,金氧半场效晶体管)处安装温度传感器,并未在其他部件,例如电机上添加温度传感器。因此,对电动助力转向系统的热管理的关键在于如何使用仅有的温度传感器信息对整个系统的温度进行评估和实施保护。

[0004] 目前,国内对电动助力转向系统的热管理也有考虑,例如专利CN203581083U所公开的一种电动助力转向系统控制器,其利用在外壳的内部设置位于底层的散热壳体 and 位于上层的印制电路板,散热壳体上设置有与散热壳体材质相同且一体成型的散热板,印制电路板上集成设置有驱动电路和控制电路,驱动电路中的功率元件与散热板连接,可以提高电动助力转向系统控制器的散热性能,保证了电动助力转向系统控制器的正常工作。但是专利CN203581083U仅仅是对电动助力转向系统控制器的正常工作进行了保护,并没有提及对整个电动助力转向系统的温度进行评估并实施保护。

[0005] 因此不难看出,对电动助力转向系统的热管理的考虑的全面性还有待进一步提高。目前对电动助力转向系统的温度的估计和实施热保护基本上都考虑得很少,如果频繁的助力,很有可能会使电机温度或者ECU的温度超出其能承受的最大温度范围,烧坏电机或ECU,导致车辆行驶过程中,人身安全得不到保障,因此对整个电动助力转向系统的温度估计以及热保护是必不可少的。

发明内容

[0006] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种电动助力转向系统的热管理方法和系统,用于解决现有技术中无法对整个电动助力转向系统的温度进行估计和热保护的问题。

[0007] 为实现上述目的及其他相关目的,本发明提供一种电动助力转向系统的热管理方法,所述电动助力转向系统包括电机、ECU和MOSFET;所述电动助力转向系统的热管理方法

包括：估计所述电机的初始绕组温度 T_0 ；采集所述电机的电流；根据所述电流，查找快速发热表和慢速发热表，获取快速发热温升计算因子 a 和慢速发热温升计算因子 b ；根据所述电流，指定所述电机的发热或散热速度，查找发热混成因子表，获取发热混成因子 c ；估计所述电机的绕组温度上升值 ΔT ： $\Delta T = (a*c + b*(1-c))$ ；计算电机的当前绕组温度 T ： $T = T_0 + \Delta T$ ；采集当前的所述ECU的温度，对所述ECU温度和所述当前绕组温度 T 进行归一化处理，设置热保护。

[0008] 可选地，所述初始绕组温度是通过当前采集的所述MOSFET的温度、以及前一次关火时的所述MOSFET温度和所述电机的绕组温度进行估计的。

[0009] 可选地，所述电流是由D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 计算得到的。

[0010] 可选地，所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混成因子表都是根据不同车型使用的电机进行标定的。

[0011] 可选地，所述快速发热表是通过设定不同的所述D轴电流 I_D 与所述Q轴电流 I_Q 的平方和，在快速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的。

[0012] 可选地，所述慢速发热表是通过设定不同的所述D轴电流 I_D 与所述Q轴电流 I_Q 的平方和，在慢速发热条件下进行电机发热试验来预先标定的。

[0013] 可选地，所述发热混成因子表是通过设定不同的所述发热或散热速度，输入确定的所述D轴电流 I_D 与所述Q轴电流 I_Q 的平方和进行电机发热试验来预先标定的。

[0014] 可选地，所述发热混合因子小于1。

[0015] 可选地，所述热保护是将所述归一化处理后的所述ECU的温度和所述当前电机绕组温度 T 中数值较大的一个与最大温度范围比较：如果超过所述最大温度范围，则停止所述电机的助力；如果在所述最大温度范围内，则减少所述电机的助力。

[0016] 一种电动助力转向系统的热管理系统，所述电动助力转向系统包括电机、ECU和MOSFET；所述电动助力转向系统的热管理系统包括：估计模块、采集模块、查找模块、控制模块、标定模块和存储模块；其中，所述估计模块用于估计所述电机的初始绕组温度、以及下一周期的电机绕组上升或下降温度；所述采集模块用于采集所述ECU温度、所述MOSFET温度和所述电机的电流；所述查找模块用于根据所述电流查找快速发热表、慢速发热表和发热混合因子表，获取相应的快速发热温升计算因子 a 、慢速发热温升计算因子 b 和发热混成因子 c ；所述标定模块用于根据所述电机标定所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混合因子表；所述存储模块用于存储所述标定模块标定的所述快速发热表、所述慢速发热表和所述发热混合因子表；所述控制模块用于控制所述估计模块、所述采集模块、所述查找模块、所述标定模块和所述存储模块；根据所述初始绕组温度、所述快速发热温升计算因子 a 、所述慢速发热温升计算因子 b 和所述发热混成因子 c ，以及指定的所述电机的发热或散热速度，计算当前绕组温度；并根据所述ECU的温度设置热保护。

[0017] 如上所述，本发明的一种电动助力转向系统的热管理方法和系统，具有以下有益效果：

[0018] 1. 本发明在电机绕组热管理时，不仅考虑在结构上利于散热，而且还从软件上进行被动保护，进行电机绕组温度估计，以防止电机过热对系统造成破坏；

[0019] 2. 本发明在估计电机绕组温度时，针对输入确定的Q轴与D轴电流平方和同时进行快速发热与慢速发热估计，以利于后期进行最终电机温升计算；

[0020] 3. 本发明在估计电机绕组温度时,把当前电机的温度不平衡情况与电机发热或散热的速度(即电机绕组的温升)关系起来,计算发热混成因子,并最终计算电机温升;

[0021] 4. 本发明通过快慢速发热实验标定快慢速发热表,并直接根据电流输入的大小查表,估计出温度的大小,而不在需要复杂的计算;

[0022] 5. 本发明还设置了热保护模型,估计出来的绕组温度通过归一化,变成一个温度数值,当此温度值快到达所设置的不同最大温度值时,可进行减小助力或停止助力的处理,以达到降温,以此保护电机和ECU。

附图说明

[0023] 图1显示为电动助力转向系统的结构示意图。

[0024] 图2显示为本发明实施例公开的一种电动助力转向系统的热管理方法的流程示意图。

[0025] 图3显示为本发明实施例公开的一种电动助力转向系统的热管理系统的结构示意图。

[0026] 元件标号说明

[0027] 100 电动助力转向系统

[0028] 110 ECU

[0029] 120 转矩传感器

[0030] 130 电机

[0031] 140 离合器

[0032] 150 齿轮齿条转向器

[0033] S21~S27 步骤

[0034] 300 电动助力转向系统的热管理系统

[0035] 310 估计模块

[0036] 320 采集模块

[0037] 330 查找模块

[0038] 340 控制模块

[0039] 350 标定模块

[0040] 360 存储模块

具体实施方式

[0041] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。需说明的是,在不冲突的情况下,以下实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0042] 请参阅图2和图3,需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本发明的基本构想,遂图式中仅显示与本发明中有关的组件而非按照实际实施时的组件数目、形状及尺寸绘制,其实际实施时各组件的型态、数量及比例可为一种随意的改变,且其

组件布局形态也可能更为复杂。

[0043] 传统的电动助力转向系统100,如图1所示,包括ECU110、转矩传感器120、电机130、离合器140和齿轮齿条转向器150。其中,MOSFET位于ECU110内。电动助力转向系统100多应用于车辆,其实时监控驾驶员是否通过转向盘(方向盘)施加了转向指令:当转矩传感器120测出驾驶员在转向盘上施加了操纵力矩,那么将这个信号传递给ECU110;ECU110根据内置的控制策略,计算出理想的目标助力力矩,转化为电流指令给电机130;然后,电机产生的助力力矩经齿轮齿条转向器放大作用在机械式转向系统上,和驾驶员的操纵力矩一起克服转向阻力矩,实现车辆的转向。

[0044] 本发明的一种电动助力转向系统的热管理方法和系统是基于传统的电动助力转向系统100,根据采集到的MOSFET的温度和ECU的温度,估计电动助力转向系统中的电机的绕组温度,设置合理的控制策略对电动助力转向系统实施热保护,并设计了合适的测试方法,表定数适合于ECU运行的二维查找表,通过查表的方法,根据电机电流、初始绕组温度估计出系统重要部位的温升以及温度,通过归一化方法,采取合理的保护策略,防止电动助力转向系统的关键部位由于过热出现损坏。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例公开了一种适用于电动助力转向系统的热管理方法,通过在MOSFET和ECU处设置温度传感器来采集这两个器件的温度。如图2所示,本实施例的热管理方法具体包括:

[0047] 步骤S21,估计电机的初始绕组温度 T_0 :

[0048] 在车辆点火时,通过位于MOSFET处的温度传感器采集当前MOSFET的温度;然后根据前一时刻车辆在熄火时的电动助力转向系统的电机的绕组温度以及MOSFET的温度,估计电机的初始绕组温度 T_0 。

[0049] 步骤S22,采集电动助力转向系统的电机的电流,电机的电流是由D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 。

[0050] 在电机中,与磁极轴线相合就称为纵轴,也叫D轴;与磁极轴线垂直称为横轴,也叫Q轴。在电枢绕组有电流时,会产生电枢反应,电枢反应有纵轴电枢反应和横轴电枢反应,产生纵轴电枢反应的电流定义为D轴电流,产生横轴电枢反应的电流定义为Q轴电流。

[0051] 步骤S23,根据电机的电流,查找快速发热表,获取快速发热温升计算因子a;查找慢速发热表,获取慢速发热温升计算因子b。

[0052] 在本实施例中,将D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和作为依据,根据D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和,在快速发热表中,查出其对应的快速发热温升计算因子a。将D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和作为依据,根据D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和,在慢速发热表中,查出其对应的慢速发热温升计算因子b。

[0053] 其中,快速发热表是针对不同车型的电机而标定的。对于某一款车型的电机,在快速发热条件下,设定不同的D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和,进行电机发热试验来标定出其对应的快速发热表。并且,快速发热是指电动助力转向系统中电机的绕组温度所引起的温升。由于电机工作在大电流时,其温度会相应地快速上升,所以快速发热条件是指电机处于持续的大电流下工作。

[0054] 其中,慢速发热表也是针对不同车型的电机而标定的。对于某一款车型的电机,在

慢速发热条件下,设定不同的D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和,进行电机发热试验来标定出其对应的慢速发热表。并且,慢速发热是指电动助力转向系统中电机的壳体等的温升。由于电机工作在一定电流条件时,其温度相应地保持平稳或者是变化很小。所以慢速发热条件是指电机工作处于温度比较稳定的条件下工作。

[0055] 步骤S24,根据电机的电流,指定电机的发热或散热速度,通过查找发热混成因子表,获取发热混成因子c。

[0056] 本实施例中,根据D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和、以及指定电机的发热或散热速度,在发热混成因子表中,查找出其对应的发热混成因子c。发热混成因子c的数值小于1。

[0057] 并且,发热混成因子表是针对不同车型的电机而标定的。对于某一款车型的电机,设定不同的电机发热或散热速度,输入确定的D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和,进行电机发热试验来标定出发热混成因子表。发热混成因子不仅与D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 的平方和有关,还与电机发热或散热速度相关。

[0058] 步骤S25,估计电机的绕组温度上升值 ΔT 。

[0059] 电机的绕组温度的变化与电机本身的型号有着模切的关系,在本实施例中,根据电机本身的型号,充分考虑电机的快速发热条件、慢速发热条件以及电机的发热或散热速度,根据快速发热温升计算因子a、慢速发热温升因子b和发热混合因子c,估算电机的绕组温度上升值 ΔT : $\Delta T = (a*c + b*(1-c))$ 。

[0060] 步骤S26,计算电机的当前绕组温度T。

[0061] 电机的当前绕组温度T是估计的电机的初始绕组温度 T_0 与估计的电机的绕组温度上升值 ΔT 之和,即: $T = T_0 + \Delta T$ 。

[0062] 步骤S27,采集当前ECU的温度,对ECU温度和当前绕组温度T进行归一化处理,并设置热保护。

[0063] 首先,通过位于ECU处的温度传感器采集当前ECU的温度;

[0064] 然后,对电机的当前绕组温度T和当前ECU温度进行加权归一化处理,并比较经过加权归一处理的这两个温度数值,选取这两个温度数值当中较大的那个;

[0065] 最后,设置热保护:将温度数值较大的那个与最大温度范围进行比较:如果超出最大温度范围,则启动热保护,停止电机助力;如果在最大温度范围内,则减少电机的助力。

[0066] 其中,最大温度范围是预先设定的,其是根据电机的耐热最大值和温度上升的快慢而设置的。

[0067] 上面各种方法的步骤划分,只是为了描述清楚,实现时可以合并为一个步骤或者对某些步骤进行拆分,分解为多个步骤,只要包含相同的逻辑关系,都在本专利的保护范围内;对算法中或者流程中添加无关紧要的修改或者引入无关紧要的设计,但不改变其算法和流程的核心设计都在该专利的保护范围内。

[0068] 本实施例通过设计的合适的标定方法,标定出适合于ECU运行的二维查找表;通过查表的方法,根据电机电流、初始绕组温度估计出系统重要部位的温升和温度;最后通过归一化方法,来采取合理的保护策略。有效保护了电动助力转向系统。

[0069] 实施例2

[0070] 本实施例公开了一种热管理系统300,适用于电动助力转向系统,其中,电动助力转向系统包括电机、ECU和MOSFET。如图3所示,本实施例的电动助力转向系统的热管理系统

包括估计模块310、采集模块320、查找模块330、控制模块340、标定模块350和存储模块360。

[0071] 其中,采集模块320用于采集ECU温度、MOSFET温度和电机的电流。采集模块320是通过设置于ECU和MOSFET处的温度传感器采集ECU温度和MOSFET温度。

[0072] 估计模块310根据采集的MOSFET温度,估计电机的初始绕组温度以及下一周期的电机绕组温度。

[0073] 查找模块330用于根据采集模块320采集到的电机的电流(电流由D轴电流 I_D 和Q轴电流 I_Q 计算得到)以及指定的电机发热或散热速度,查找快速发热表、慢速发热表和发热混合因子表,以获取相应的快速发热温升计算因子a、慢速发热温升计算因子b和发热混合因子c。

[0074] 标定模块350用于针对不同的电机,按照不同的电机的电流、不同的电机发热或散热速度进行电机发热试验来标定快速发热表、慢速发热表和发热混合因子表。

[0075] 存储模块360用于存储标定模块350标定出的快速发热表、慢速发热表和发热混合因子表。

[0076] 控制模块340用于控制估计模块310、采集模块320、查找模块330、标定模块350和存储模块360。并能够根据估计模块310估计出的初始绕组温度、查找模块330查找出的快速发热温升计算因子a、慢速发热温升计算因子b和发热混合因子c、以及指定的电机发热或散热速度,计算电机的当前绕组温度;并根据采集模块310采集的ECU温度和当前绕组温度进行归一化处理,设置热保护。

[0077] 综上所述,本发明的一种电动助力转向系统的热管理方法和系统,在电机绕组热管理时,不仅考虑在结构上利于散热,而且还从软件上进行被动保护,进行电机绕组温度估计,以防止电机过热对系统造成破坏;在估计电机绕组温度时,同时进行快速发热与慢速发热估计,以利于后期进行最终电机温升计算,而且在估计时把当前电机的温度不平衡情况与电机发热或散热的速度(即电机绕组的温升)关系起来,计算发热混合因子,并最终计算电机温升;本发明的快慢速发热实验标定快慢速发热表,是直接根据电流输入的大小查表,估计出温度的大小,不需要复杂的计算;同时,本发明还设置了热保护,估计出来的绕组温度通过归一化,变成一个温度数值,当温度数值快到达所设置的不同最大温度值时,可进行减小助力或停止助力的处理,以达到降温,以此保护电机和ECU。所以,本发明有效克服了现有技术中的种种缺点而具高度产业利用价值。

[0078] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,举凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

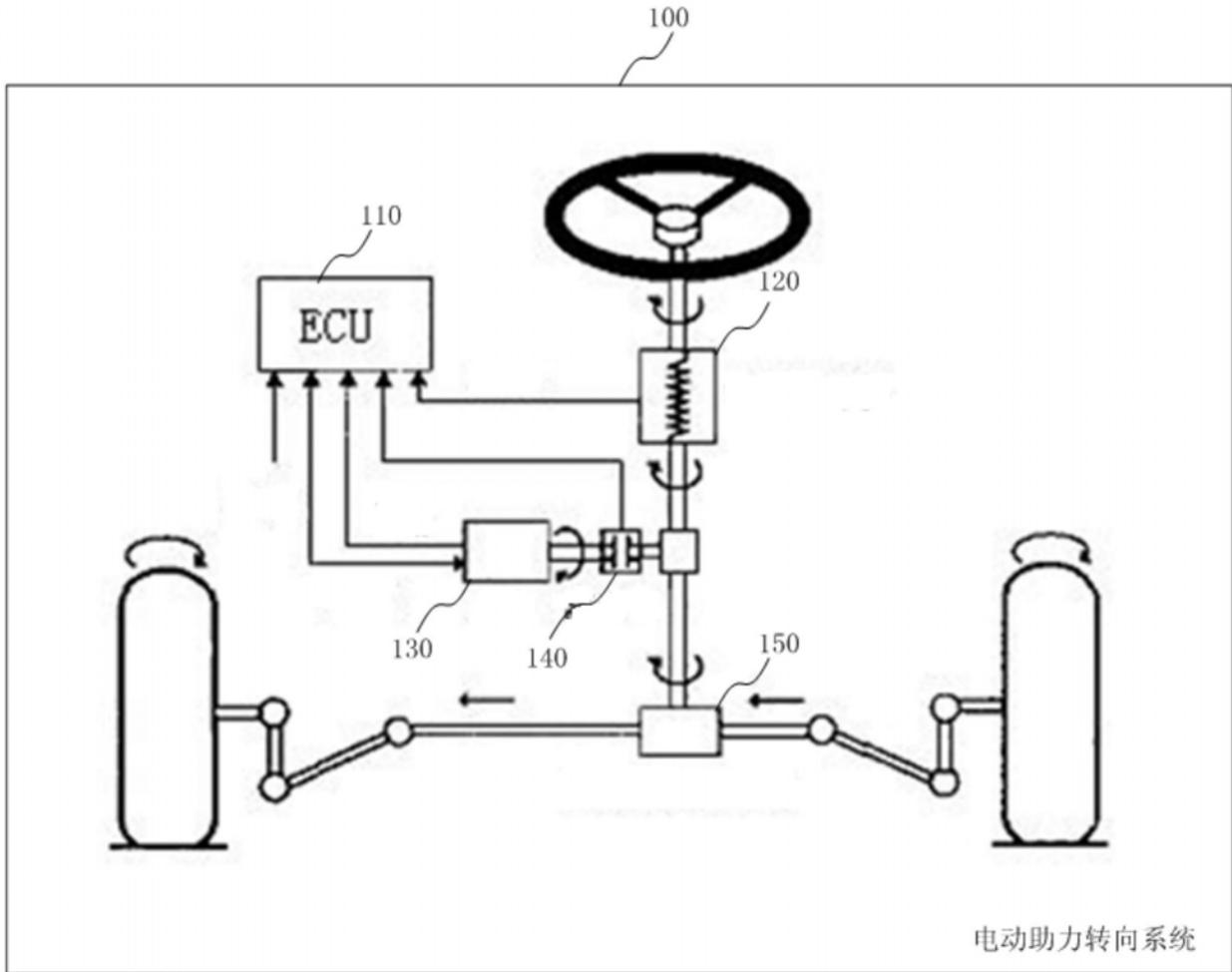


图1

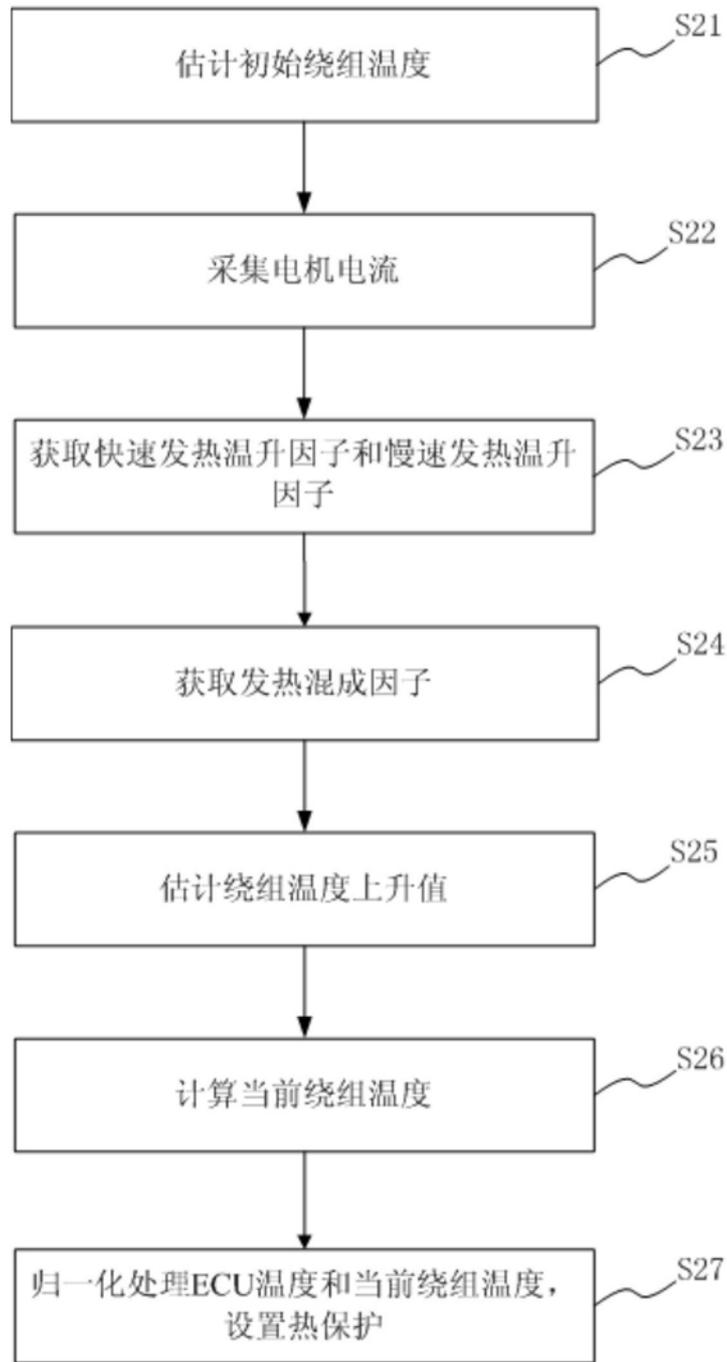


图2

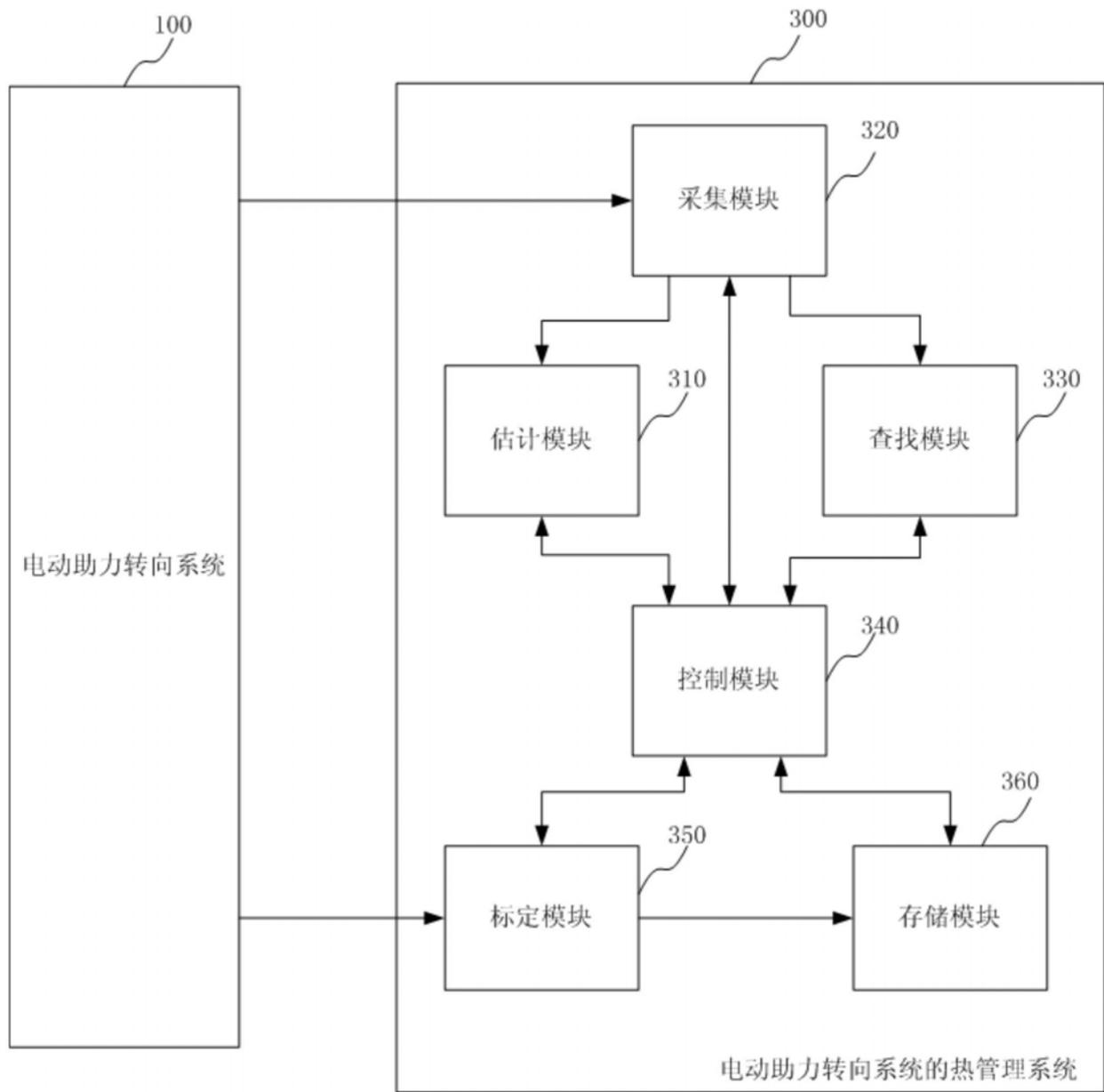


图3