



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111049444 B

(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 201911401472.7

H02P 21/20 (2016.01)

(22) 申请日 2019.12.30

H02P 21/22 (2016.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H02P 25/022 (2016.01)

申请公布号 CN 111049444 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2020.04.21

CN 110474585 A, 2019.11.19

(73) 专利权人 臻驱科技(上海)有限公司

CN 102386835 A, 2012.03.21

地址 201203 上海市浦东新区亮秀路112号

CN 110474585 A, 2019.11.19

浦东软件园Y1座909室

US 2015295530 A1, 2015.10.15

审查员 陈未敏

(72) 发明人 马钦林

(74) 专利代理机构 北京清大紫荆知识产权代理

有限公司 11718

代理人 冯振华

(51) Int. Cl.

H02P 21/14 (2016.01)

H02P 21/13 (2006.01)

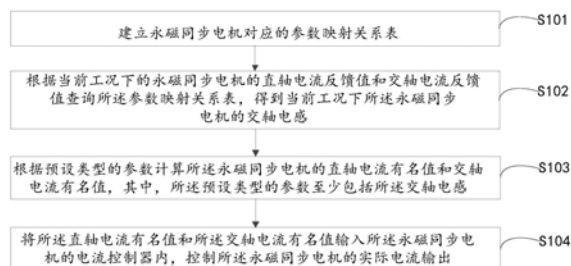
权利要求书2页 说明书11页 附图3页

(54) 发明名称

电机控制方法、装置及电子设备

(57) 摘要

本公开实施例提供了一种电机控制方法、装置及电子设备,属于自动控制技术领域。其中方法包括:建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下永磁同步电机的交轴电感;根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。通过本公开的方案,使用直轴磁链直接观测,充分考虑了电机温度变化所引起的永磁同步发电机永磁体磁链的改变,满足永磁同步电机在不同的定子电流值以及电机温度下的输出转矩与气隙磁链的高精度控制。



1. 一种电机控制方法,其特征在于,所述方法包括:

建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;

所述根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤,包括:

根据预设类型的参数,依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、直轴电流指令标幺值和交轴电流指令标幺值;

根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标幺值和所述交轴电流指令标幺值,计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值;

所述根据预设类型的参数,依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、直轴电流指令标幺值和交轴电流指令标幺值的步骤,包括:

根据所述永磁同步电机的交轴电压反馈值、交轴电流反馈值、定子电阻阻值和三相交流电流频率,计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值;

根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值,计算所述永磁同步电机的转矩指令标幺值和气隙磁链指令标幺值;

根据所述转矩指令标幺值和所述气隙磁链指令标幺值,查询所述参数映射关系表得到直轴电流指令标幺值;

根据所述转矩指令标幺值和直轴电流指令标幺值,计算得到交轴电流指令标幺值;

将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

2. 根据权利要求1所述的电机控制方法,其特征在于,所述建立永磁同步电机对应的参数映射关系表的步骤,包括:

对所述永磁同步电机进行测试试验,确定所述永磁同步电机的直轴电流有名值与转矩有名值、气隙磁链有名值之间的映射关系;

确定不同工况下的交轴电感与直轴电压反馈值、三相交流电流频率、定子电阻阻值和交轴电流反馈值之间的映射关系;

确定所述永磁同步电机的交轴电感与直轴电流反馈值、交轴电流反馈值之间的映射关系;

确定直轴磁链反馈值与交轴电压反馈值、定子电阻阻值、交轴电路反馈值和三相交流电流频率之间的映射关系;

选择直轴磁链反馈值为磁链基准值,交轴电感为电感基准值,确定电流基准值与磁链基准值和电感基准值之间的映射关系;

对不同工况下的转矩有名值进行标幺化,得到转矩标幺值和转矩有名值和转矩基准值之间的映射关系;

使用磁链基准值与电流基准值,分别对不同工况下的磁链指令有名值、直轴电流值进行标幺化,得到直轴电流标幺值和气隙磁链指令标幺值的映射关系;

确定直轴电流标幺值与转矩标幺值和气隙磁链指令标幺值之间的映射关系。

3. 根据权利要求1所述的电机控制方法,其特征在于,所述根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值,计算所述永磁同步电机的转矩指令标幺值和气隙磁链指令标幺值的步骤,包括:

选择所述直轴磁链反馈值作为磁链基准值,选择所述交轴电感作为电感基准值;

根据所述磁链基准值和所述电感基准值,计算电流基准值;

根据所述磁链基准值、所述电感基准值和所述转矩指令有名值,计算所述转矩指令标幺值;

将所述气隙磁链有名值除以所述直轴磁链观测值,得到所述气隙磁链指令标幺值。

4. 根据权利要求3所述的电机控制方法,其特征在于,所述根据所述磁链基准值和所述电感基准值,计算电流基准值的步骤,包括:

将所述磁链基准值除以所述电感基准值,得到所述电流基准值。

5. 根据权利要求3所述的电机控制方法,其特征在于,所述根据所述磁链基准值、所述电感基准值和所述转矩指令有名值,计算所述转矩指令标幺值的步骤,包括:

根据所述永磁同步电机的极对数、磁链基准值和电流基准值以及预设系数的相乘,得到转矩基准值;

将所述转矩指令有名值除以所述转矩基准值,得到所述转矩指令标幺值。

6. 根据权利要求2所述的电机控制方法,其特征在于,所述根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标幺值和所述交轴电流指令标幺值,计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤,包括:

将所述直轴电流指令标幺值乘以所述电流基准值,得到所述直轴电流有名值;

将所述交轴电流指令标幺值乘以所述电流基准值,得到所述交轴电流有名值。

7. 一种电机控制装置,其特征在于,包括:

建表模块,用于建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

查表模块,用于根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

计算模块,用于根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感,所述根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤如权利要求1-6中任一项中的所述根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤;

控制模块,用于将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

8. 一种电子设备,其特征在于,所述电子设备包括:

至少一个处理器;以及,

与所述至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的指令,所述指令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行前述权利要求1-6中任一项所述的电机控制方法。

电机控制方法、装置及电子设备

技术领域

[0001] 本公开涉及自动控制技术领域,尤其涉及一种电机控制方法、装置及电子设备。

背景技术

[0002] 永磁同步电机以其功率密度高、体积小、重量轻、全速范围内都能保持较高的电机效率等特性,被广泛应用于电动汽车等领域。常用的永磁同步电机控制方法包括直接转矩控制与矢量控制两大类。其中,矢量控制以转子磁链定向,实现对磁链与输出转矩的解耦控制,具有良好的输出响应,转矩波动较小,所以被广泛地研究与应用。

[0003] 但是,矢量控制在使用过程中,转矩控制的精度会受到电机参数影响。对此,可以采用在线查表控制方法,在控制器中建立了电流、温度等不同工况下电机参数表,保证电机的控制精度。

[0004] 对于永磁同步机而言,它的定子电感会随定子电流的变化而发生改变,它的转子永磁体磁链也会随电机温度改变而变化。所以,在建立电机参数表时,需要充分考虑电机温度与定子电流的影响,与此同时还要注意所采用方法的工程可实现性。

[0005] 现有的电机控制方法中,没有同时考虑电机温度与定子电流影响,且缺少适用于永磁同步电机全速运行范围的高精度在线查表控制方法。

发明内容

[0006] 有鉴于此,本公开实施例提供一种电机控制方法、装置及电子设备,至少部分解决现有技术中存在的问题。

[0007] 第一方面,本公开实施例提供了一种电机控制方法,包括:

[0008] 建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

[0009] 根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

[0010] 根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;

[0011] 将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

[0012] 根据本公开实施例的一种具体实现方式,所述建立永磁同步电机对应的参数映射关系表的步骤,包括:

[0013] 对所述永磁同步电机进行测试试验,确定所述永磁同步电机的直轴电流有名值与转矩有名值、气隙磁链有名值之间的映射关系; $i_d=f(T_e, \Psi_s)$

[0014] 确定不同工况下的交轴电感与直轴电压反馈值、三相交流电流频率、定子电阻阻值和交轴电流反馈值之间的映射关系;

[0015] 确定所述永磁同步电机的交轴电感与直轴电流反馈值、交轴电流反馈值之间的映射关系;

[0016] 确定直轴磁链反馈值与交轴电压反馈值、定子电阻阻值、交轴电路反馈值和三相交流电流频率之间的映射关系；

[0017] 选择直轴磁链反馈值为磁链基准值，交轴电感为电感基准值，确定电流基准值与磁链基准值和电感基准值之间的映射关系；

[0018] 对不同工况下的转矩有名值进行标么化，得到转矩标么值和转矩有名值和转矩基准值之间的映射关系；

[0019] 使用磁链基准值与电流基准值，分别对不同工况下的磁链指令有名值、直轴电流值进行标么化，得到直轴电流标么值和气隙磁链指令标么值的映射关系；

[0020] 确定直轴电流标么值与转矩标么值和气隙磁链指令标么值之间的映射关系。

[0021] 根据本公开实施例的一种具体实现方式，所述根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤，包括：

[0022] 根据预设类型的参数，依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值；

[0023] 根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值，计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和所述交轴电流有名值。

[0024] 根据本公开实施例的一种具体实现方式，所述根据预设类型的参数，依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值的步骤，包括：

[0025] 根据所述永磁同步电机的交轴电压反馈值、交轴电流反馈值、定子电阻阻值和三相交流电流频率，计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值；

[0026] 根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值，计算所述永磁同步电机的转矩指令标么值和气隙磁链指令标么值；

[0027] 根据所述转矩指令标么值和所述气隙磁链指令标么值，查询所述参数映射关系表得到直轴电流指令标么值；

[0028] 根据所述转矩指令标么值和直轴电流指令标么值，计算得到交轴电流指令标么值。

[0029] 根据本公开实施例的一种具体实现方式，所述根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值，计算所述永磁同步电机的转矩指令标么值和气隙磁链指令标么值的步骤，包括：

[0030] 选择所述直轴磁链反馈值作为磁链基准值，选择所述交轴电感作为电感基准值；

[0031] 根据所述磁链基准值和所述电感基准值，计算得到电流基准值；

[0032] 根据所述磁链基准值、所述电感基准值和所述转矩指令有名值，计算所述转矩指令标么值；

[0033] 将所述气隙磁链有名值除以所述直轴磁链观测值，得到所述气隙磁链指令标么值。

[0034] 根据本公开实施例的一种具体实现方式，所述根据所述磁链基准值和所述电感基准值，计算电流基准值的步骤，包括：

[0035] 将所述磁链基准值除以所述电感基准值，得到所述电流基准值。

[0036] 根据本公开实施例的一种具体实现方式，所述根据所述磁链基准值、所述电感基

准值和所述转矩指令有名值,计算所述转矩指令标么值的步骤,包括:

[0037] 根据所述永磁同步电机的极对数、磁链基准值和电流基准值以及预设系数的相乘,得到转矩基准值;

[0038] 将所述转矩指令有名值除以所述转矩基准值,得到所述转矩指令标么值。

[0039] 根据本公开实施例的一种具体实现方式,所述根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值,计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和所述交轴电流有名值的步骤,包括:

[0040] 将所述直轴电流指令标么值乘以所述电流基准值,得到所述直轴电流有名值;

[0041] 将所述交轴电流指令标么值乘以所述电流基准值,得到所述交轴电流有名值。

[0042] 第二方面,本公开实施例提供了一种电机控制装置,包括:

[0043] 建表模块,用于建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

[0044] 查表模块,用于根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

[0045] 计算模块,用于根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;

[0046] 控制模块,用于将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

[0047] 第三方面,本公开实施例还提供了一种电子设备,该电子设备包括:

[0048] 至少一个处理器;以及,

[0049] 与该至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

[0050] 该存储器存储有可被该至少一个处理器执行的指令,该指令被该至少一个处理器执行,以使该至少一个处理器能够执行前述第一方面或第一方面的任一实现方式中的电机控制方法。

[0051] 第四方面,本公开实施例还提供了一种非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,该计算机指令用于使该计算机执行前述第一方面或第一方面的任一实现方式中的电机控制方法。

[0052] 第五方面,本公开实施例还提供了一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算程序,该计算程序包括程序指令,当该程序指令被计算机执行时,使该计算机执行前述第一方面或第一方面的任一实现方式中的电机控制方法。

[0053] 本公开实施例中的电机控制方案,包括:建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。通过本公开的方案,使用直轴磁链直接观测,充分考虑了电机温度变化所引起的永磁同步发电机永磁体磁链的改变。此外,充分考虑了定子电流变化对定子电感大小的影响,但只需关注交轴电感受定子电流的影响,无需关注直轴电感的变化,降低了控制系统复杂程度,满足永磁同步电机在不同的定子电流

值以及电机温度下的输出转矩与气隙磁链的高精度控制。

附图说明

[0054] 为了更清楚地说明本公开实施例的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0055] 图1为本公开实施例提供的一种电机控制方法的流程示意图;

[0056] 图2为本公开实施例提供的电机控制方法的控制过程示意图;

[0057] 图3为本公开实施例提供的另一种电机控制方法的部分流程示意图;

[0058] 图4为本公开实施例提供的另一种电机控制方法的部分流程示意图;

[0059] 图5为本公开实施例提供的另一种电机控制方法的部分流程示意图;

[0060] 图6为本公开实施例提供的一种电机控制装置的结构示意图;

[0061] 图7为本公开实施例提供的电子设备的示意图。

具体实施方式

[0062] 下面结合附图对本公开实施例进行详细描述。

[0063] 以下通过特定的具体实例说明本公开的实施方式,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公开的其他优点与功效。显然,所描述的实施例仅仅是本公开一部分实施例,而不是全部的实施例。本公开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,在没有背离本公开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。基于本公开中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本公开保护的范围。

[0064] 需要说明的是,下文描述在所附权利要求书的范围内的实施例的各种方面。应显而易见,本文中所描述的方面可体现于广泛多种形式中,且本文中所描述的任何特定结构及/或功能仅为说明性的。基于本公开,所属领域的技术人员应了解,本文中所描述的一个方面可与任何其它方面独立地实施,且可以各种方式组合这些方面中的两者或两者以上。举例来说,可使用本文中所阐述的任何数目个方面来实施设备及/或实践方法。另外,可使用除了本文中所阐述的方面中的一或多者之外的其它结构及/或功能性实施此设备及/或实践此方法。

[0065] 还需要说明的是,以下实施例中所提供的图示仅以示意方式说明本公开的基本构想,图式中仅显示与本公开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,且其组件布局型态也可能更为复杂。

[0066] 另外,在以下描述中,提供具体细节是为了便于透彻理解实例。然而,所属领域的技术人员将理解,可在没有这些特定细节的情况下实践所述方面。

[0067] 本公开实施例提供一种电机控制方法。本实施例提供的电机控制方法可以由一计算装置来执行,该计算装置可以实现为软件,或者实现为软件和硬件的组合,该计算装置可以集成设置在服务器、终端设备等中。

[0068] 参见图1,为本公司公开实施例提供的一种电机控制方法的流程示意图。如图1所示,所述方法主要包括:

[0069] S101,建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

[0070] 本发明实施例提供的电机控制方法,应用于永磁同步电机的电流输出控制过程。其中,永磁同步电机是由永磁体励磁产生同步旋转磁场的同步电机,永磁体作为转子产生旋转磁场,三相定子绕组在旋转磁场作用下通过电枢反应,感应三相对称电流。此时转子动能转化为电能,永磁同步电机作发电机Generator用;此外,当定子侧通入三相对称电流,由于三相定子空间位置上相差120°,所以三相定子电流在空间中产生旋转磁场,转子旋转磁场中受到电磁力作用运动,此时电能转化为动能,永磁同步电机作电动机Motor用。

[0071] 在实现永磁同步电机控制之前,需要通过试验测试,获得永磁同步电机在不同工况下的相关参数之间的映射关系,建立参数映射关系表,便于后续各工况下相应参数值的查找和计算。

[0072] S102,根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

[0073] 依据上述步骤建立参数映射关系表之后,即可使用参数映射关系表查询相关参数值。具体的,获取当前工况下该永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电流反馈值,以此来查询参数映射关系表,以获得该永磁同步电机的交轴电感。

[0074] S103,根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;

[0075] 查表得到永磁同步电机的交轴电感后,依据交轴电感以及其他预设类型的参数,计算该永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,作为最终的控制参数。

[0076] S104,将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

[0077] 将上述步骤得到的最终控制参数,即直轴电流有名值和交轴电流有名值输入永磁同步电机的电流控制器内,即可控制该永磁同步电机的实际电流输出。

[0078] 本公开实施例中的电机控制方案,使用直轴磁链直接观测,充分考虑了电机温度变化所引起的永磁同步发电机永磁体磁链的改变。此外,充分考虑了定子电流变化对定子电感大小的影响,但只需关注交轴电感受定子电流的影响,无需关注直轴电感的变化,降低了控制系统复杂程度,满足永磁同步电机在不同的定子电流值以及电机温度下的输出转矩与气隙磁链的高精度控制。

[0079] 下面将具体从参数映射关系表的建立过程和相应参数的计算过程来进一步解释本实施例。

[0080] 根据本公开实施例的一种具体实现方式,如图2所示,步骤S102所述的建立永磁同步电机对应的参数映射关系表的步骤,主要包括以下子步骤:

[0081] 1、对所述永磁同步电机进行测试试验,确定所述永磁同步电机的直轴电流有名值与转矩有名值、气隙磁链有名值之间的映射关系;

[0082] 即经过对永磁同步电机的实验测试,得到永磁同步电机的转矩有名值 T_e 、气隙磁链有名值 Ψ_s 与直轴电流有名值 i_d 之间的映射关系,整理得到 $i_d = f(T_e, \Psi_s)$ 。

[0083] 2、确定不同工况下的交轴电感与直轴电压反馈值、三相交流电流频率、定子电阻

阻值和交轴电流反馈值之间的映射关系；

$$[0084] \quad \text{计算不同工况下的 } L_q, \text{ 即 } L_q = \frac{u_{d_fbk} - R_s i_{d_fbk}}{-2\pi f_s i_{q_fbk}};$$

[0085] 其中, u_{d_fbk} 为永磁同步电机直轴电压反馈值, 可由电机控制器的调制波计算得到; R_s 为定子电阻阻值, i_{d_fbk} 为永磁同步电机直轴电流反馈值, f_s 为永磁同步电机三相交流电流频率; i_{q_fbk} 为永磁同步电机交轴电流反馈值。

[0086] 3、确定所述永磁同步电机的交轴电感与直轴电流反馈值、交轴电流反馈值之间的映射关系；

[0087] 将不同工况下的交轴电感 L_q 数值进行整理, 得到交轴电感 L_q 与直轴电流反馈值 i_{d_fbk} 、交轴电流反馈值 i_{q_fbk} 之间的关系, 即 $L_q = f(i_{d_fbk}, i_{q_fbk})$, 对应于图2中的表1。

[0088] 4、确定直轴磁链反馈值与交轴电压反馈值、定子电阻阻值、交轴电路反馈值和三相交流电流频率之间的映射关系；

[0089] 基于实验数据, 使用图2中的公式1计算不同工况下的直轴磁链反馈值 ψ_{d_fbk} , 即

$$\psi_{d_fbk} = \frac{u_{q_fbk} - R_s i_{q_fbk}}{2\pi f_s}。$$

[0090] 5、选择直轴磁链反馈值为磁链基准值, 交轴电感为电感基准值, 确定电流基准值与磁链基准值和电感基准值之间的映射关系；

[0091] 选择直轴磁链反馈值 ψ_{d_fbk} 为磁链基准值 ψ_b , 交轴电感 L_q 为电感基准值 L_b , 使用图

$$1 \text{ 中的公式2计算不同工况下的电流基准值 } I_b, \text{ 即 } I_b = \frac{\psi_b}{L_b} = \frac{\psi_{d_fbk}}{L_q}。$$

[0092] 6、对不同工况下的转矩有名值进行标么化, 得到转矩标么值和转矩有名值和转矩基准值之间的映射关系；

[0093] 选择转矩基准值 $T_b = 1.5P\psi_b I_b$, 其中 P 为永磁同步电机的极对数。使用图1中的公式3对不同工况下的矩阵有名值 T_e 进行标么化, 转矩标么值为：

$$[0094] \quad T_{e_p.u.} = \frac{T_e}{T_b} = \frac{T_e}{1.5P\psi_b I_b} = \frac{T_e L_b}{1.5P\psi_b^2}。$$

[0095] 7、使用磁链基准值与电流基准值, 分别对不同工况下的磁链指令有名值、直轴电流值进行标么化, 得到直轴电流标么值和气隙磁链指令标么值的映射关系；

[0096] 使用磁链基准值 ψ_b 与电流基准值 I_b , 分别对不同工况下的磁链指令有名值 ψ_s 、直轴电流值 i_d 进行标么化, 得到直轴电流标么值和气隙磁链指令标么值为：

$$[0097] \quad \begin{cases} i_{d_p.u.} = i_d / I_b \\ \psi_{s_p.u.} = \psi_s / \psi_b \end{cases}$$

[0098] 8、确定直轴电流标么值与转矩标么值和气隙磁链指令标么值之间的映射关系。

[0099] 综合以上两个步骤可以得到的, 不同工况下的 $T_{e_p.u.}$ 、 $\psi_{s_p.u.}$ 、 $i_{d_p.u.}$, 可以进一步将步骤1中得到的 $i_d = f(T_e, \psi_s)$ 整理为 $i_{d_p.u.} = f(T_{e_p.u.}, \psi_{s_p.u.})$, 对应于图2中的表2。

[0100] 根据本公开实施例的另一种具体实现方式, 如图3所示, 步骤S103所述的根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值的步骤, 可以包

括：

[0101] S301,根据所述预设类型的参数,依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值；

[0102] S302,根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值,计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和所述交轴电流有名值。

[0103] 本实施方式公开的计算机直轴电流有名值和交轴电流有名值的过程为,先根据交轴电感等预设类型的参数计算出永磁同步电机的直轴磁链观测值、直轴电流指令标么值和交轴直流指令标么值,再根据这几个值进一步计算得到直轴电流有名值和交轴电流有名值。

[0104] 具体的,如图4所示,所述预设类型的参数,依次计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值的步骤,可以包括：

[0105] S401,根据所述永磁同步电机的交轴电压反馈值、交轴电流反馈值、定子电阻阻值和三相交流电流频率,计算所述永磁同步电机的直轴磁链观测值；

[0106] 基于交轴电压反馈值 u_{q_fbk} 、交轴电流反馈值 i_{q_fbk} 、定子电阻阻值 R_s 、三相交流电流频率 f_s ,使用图2所述的公式1即可计算得到直轴磁链观测值 Ψ_{d_fbk} ,即：

$$[0107] \quad \Psi_{d_fbk} = \frac{u_{q_fbk} - R_s i_{q_fbk}}{2\pi f_s}。$$

[0108] 此外,基于直轴电流反馈值 i_{d_fbk} 、交轴电流反馈值 i_{q_fbk} ,查询前述的表1,得到该工况下的交轴电感 L_q 。

[0109] S402,根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值,计算所述永磁同步电机的转矩指令标么值和气隙磁链指令标么值；

[0110] 进一步的,如图5所示,所述根据所述直轴磁链观测值、所述交轴电感和所述永磁同步电机的转矩指令有名值,计算所述永磁同步电机的转矩指令标么值和气隙磁链指令标么值的步骤,包括：

[0111] S501,选择所述直轴磁链反馈值作为磁链基准值,选择所述交轴电感作为电感基准值；

[0112] S502,根据所述磁链基准值和所述电感基准值,计算得到电流基准值；

[0113] 可选的,所述根据所述磁链基准值和所述电感基准值,计算电流基准值的步骤,包括：

[0114] 将所述磁链基准值除以所述电感基准值,得到所述电流基准值。

[0115] 选择直轴磁链反馈值 Ψ_{d_fbk} 为磁链基准值 Ψ_b ,交轴电感 L_q 为电感基准值 L_b ,使用前述的公式2,得到该工况下的电流基准值 I_b ,即 $I_b = \frac{\Psi_b}{L_b} = \frac{\Psi_{d_fbk}}{L_q}$ 。

[0116] S503,根据所述磁链基准值、所述电感基准值和所述转矩指令有名值,计算所述转矩指令标么值；

[0117] 可选的,所述根据所述磁链基准值、所述电感基准值和所述转矩指令有名值,计算所述转矩指令标么值的步骤,包括：

[0118] 根据所述永磁同步电机的极对数、磁链基准值和电流基准值以及预设系数的相乘,得到转矩基准值；

[0119] 将所述转矩指令有名值除以所述转矩基准值,得到所述转矩指令标么值。

[0120] 根据极对数 P 、磁链基准值 Ψ_b 和电流基准值 I_b 计算转矩基准值的式为 $T_b = 1.5P\Psi_b I_b$,其中 P 为永磁同步电机的极对数,预设系数取1.5。

[0121] 使用图2中的公式3对不同工况下的转矩有名值 T_e 进行标么化,即:

$$[0122] \quad T_{e_p.u.} = \frac{T_e}{T_b} = \frac{T_e}{1.5P\Psi_b I_b} = \frac{T_e L_b}{1.5P\Psi_b^2}$$

[0123] S504,将所述气隙磁链有名值除以所述直轴磁链观测值,得到所述气隙磁链指令标么值。

[0124] 基于 Ψ_s 与 Ψ_{d_fbk} ,将两者相除得到 $\Psi_{sref_p.u.}$ 。

[0125] S403,根据所述转矩指令标么值和所述气隙磁链指令标么值,查询所述参数映射关系表得到直轴电流指令标么值;

[0126] 基于前述步骤得到的 $T_{eref_p.u.}$ 、 $\Psi_{sref_p.u.}$,查询前文所述的表2,得到对应的 $i_{dref_p.u.}$ 。

[0127] S404,根据所述转矩指令标么值和直轴电流指令标么值,计算得到交轴电流指令标么值。

[0128] 基于上述步骤得到的转矩指令标么值 $T_{eref_p.u.}$ 、直轴电流指令标么值 $i_{dref_p.u.}$,使用图1中的公式4计算得到对应的 $i_{qref_p.u.}$,即 $i_{qref_p.u.} = \frac{T_{eref_p.u.}}{1 - i_{dref_p.u.}}$ 。

[0129] 相应的,步骤S302所述的,根据所述交轴电感、所述直轴磁链观测值、所述直轴电流指令标么值和所述交轴电流指令标么值,计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和所述交轴电流有名值的步骤,可以包括:

[0130] 将所述直轴电流指令标么值乘以所述电流基准值,得到所述直轴电流有名值;

[0131] 将所述交轴电流指令标么值乘以所述电流基准值,得到所述交轴电流有名值。

[0132] 基于所得到的 I_b 、 $i_{dref_p.u.}$,使用图2中的公式5计算得到对应的 i_{dref} ,即 $i_{dref} = i_{dref_p.u.} \times I_b$;以及,基于 I_b 、 $i_{qref_p.u.}$,使用图2中的公式6计算得到对应的 i_{qref} ,即 $i_{qref} = i_{qref_p.u.} \times I_b$ 。将 i_{dref} 与 i_{qref} 输入到电流控制器中,控制永磁同步电机实际电流输出。

[0133] 综上所述,本公开实施例提供的电机控制方案,相对传统控制方案的算法比较复杂,不能直接观测,必须经过复杂计算得到的弊端,本方案使用直轴磁链直接观测,充分考虑了电机温度变化所引起的永磁同步发电机永磁体磁链的改变。此外,在充分考虑了定子电流变化对定子电感大小的影响的前提下,只需关注交轴电感 L_q 受定子电流的影响,无需关注直轴电感 L_d 的变化,查表操作较少,控制流程简单,节约了控制器的储存资源,降低了控制系统复杂程度。以及,本实施例能够同时考虑到电流和温度的影响,对转矩和磁链的影响,降低磁链控制误差,满足永磁同步电机在不同的定子电流值以及电机温度下的输出转矩与气隙磁链的高精度控制。

[0134] 与上面的方法实施例相对应,参见图6,本公开实施例还提供了一种电机控制装置60,包括:

[0135] 建表模块601,用于建立永磁同步电机对应的参数映射关系表;

[0136] 查表模块602,用于根据当前工况下的永磁同步电机的直轴电流反馈值和交轴电

流反馈值查询所述参数映射关系表,得到当前工况下所述永磁同步电机的交轴电感;

[0137] 计算模块603,用于根据预设类型的参数计算所述永磁同步电机的直轴电流有名值和交轴电流有名值,其中,所述预设类型的参数至少包括所述交轴电感;

[0138] 控制模块604,用于将所述直轴电流有名值和所述交轴电流有名值输入所述永磁同步电机的电流控制器内,控制所述永磁同步电机的实际电流输出。

[0139] 图6所示装置可以对应的执行上述方法实施例中的内容,本实施例未详细描述的部分,参照上述方法实施例中记载的内容,在此不再赘述。

[0140] 参见图7,本公开实施例还提供了一种电子设备60,该电子设备包括:

[0141] 至少一个处理器;以及,

[0142] 与该至少一个处理器通信连接的存储器;其中,

[0143] 该存储器存储有可被该至少一个处理器执行的指令,该指令被该至少一个处理器执行,以使该至少一个处理器能够执行前述方法实施例中的电机控制方法。

[0144] 本公开实施例还提供了一种非暂态计算机可读存储介质,该非暂态计算机可读存储介质存储计算机指令,该计算机指令用于使该计算机执行前述方法实施例中的电机控制方法。

[0145] 本公开实施例还提供了一种计算机程序产品,该计算机程序产品包括存储在非暂态计算机可读存储介质上的计算程序,该计算机程序包括程序指令,当该程序指令被计算机执行时,使该计算机执行前述方法实施例中的的电机控制方法。

[0146] 下面参考图7,其示出了适于用来实现本公开实施例的电子设备70的结构示意图。本公开实施例中的电子设备可以包括但不限于诸如移动电话、笔记本电脑、数字广播接收器、PDA(个人数字助理)、PAD(平板电脑)、PMP(便携式多媒体播放器)、车载终端(例如车载导航终端)等等的移动终端以及诸如数字TV、台式计算机等等的固定终端。图7示出的电子设备仅仅是一个示例,不应对本公开实施例的功能和使用范围带来任何限制。

[0147] 如图7所示,电子设备70可以包括处理装置(例如中央处理器、图形处理器等)701,其可以根据存储在只读存储器(ROM)702中的程序或者从存储装置708加载到随机访问存储器(RAM)703中的程序而执行各种适当的动作和处理。在RAM 703中,还存储有电子设备70操作所需的各种程序和数据。处理装置701、ROM 702以及RAM 703通过总线704彼此相连。输入/输出(I/O)接口705也连接至总线704。

[0148] 通常,以下装置可以连接至I/O接口705:包括例如触摸屏、触摸板、键盘、鼠标、图像传感器、麦克风、加速度计、陀螺仪等的输入装置707;包括例如液晶显示器(LCD)、扬声器、振动器等的输出装置707;包括例如磁带、硬盘等的存储装置708;以及通信装置709。通信装置709可以允许电子设备70与其他设备进行无线或有线通信以交换数据。虽然图中示出了具有各种装置的电子设备70,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。

[0149] 特别地,根据本公开的实施例,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,本公开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。在这样的实施例中,该计算机程序可以通过通信装置709从网络上被下载和安装,或者从存储装置708被安装,或者从ROM 702被安装。在该计算机程序被处理装置701执行时,执行本公开实施例

的方法中限定的上述功能。

[0150] 需要说明的是,本公开上述的计算机可读介质可以是计算机可读信号介质或者计算机可读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。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。在本公开中,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。而在本公开中,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:电线、光缆、RF(射频)等等,或者上述的任意合适的组合。

[0151] 上述计算机可读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。

[0152] 上述计算机可读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,使得该电子设备能够实现上述方法实施例提供的方案。

[0153] 或者,上述计算机可读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,使得该电子设备能够实现上述方法实施例提供的方案。

[0154] 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公开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、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(LAN)或广域网(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)。

[0155] 附图中的流程图和框图,图示了按照本公开各种实施例的系统、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。也要注意,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。

[0156] 描述于本公开实施例中所涉及到的单元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单元本身的限定,例如,第一获取单元还可以被描述为“获取至少两个网际协议地址的单元”。

[0157] 应当理解,本公开的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。

[0158] 以上所述,仅为本公开的具体实施方式,但本公开的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本公开揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本公开的保护范围之内。因此,本公开的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

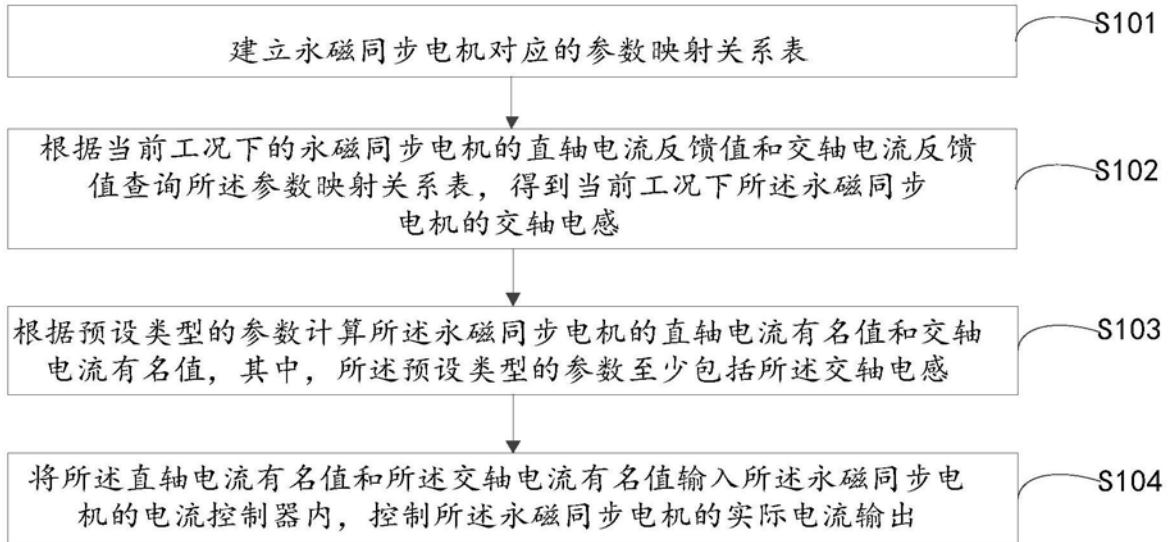


图1

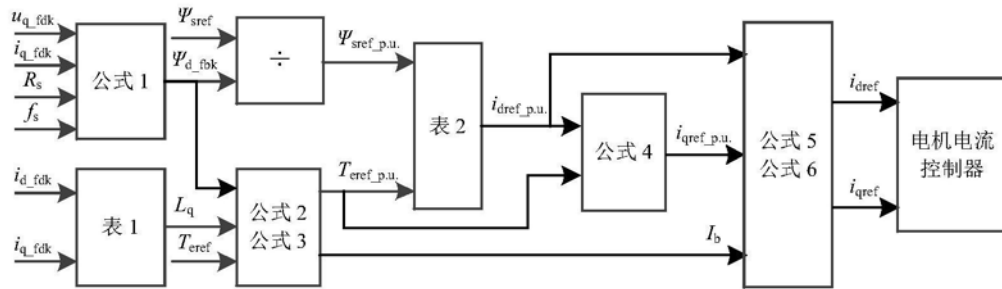


图2

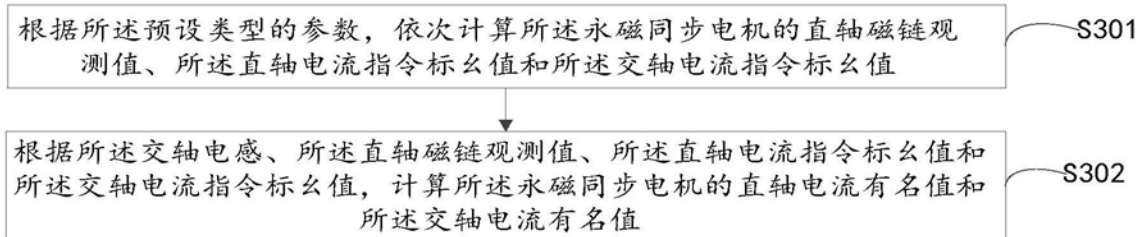


图3

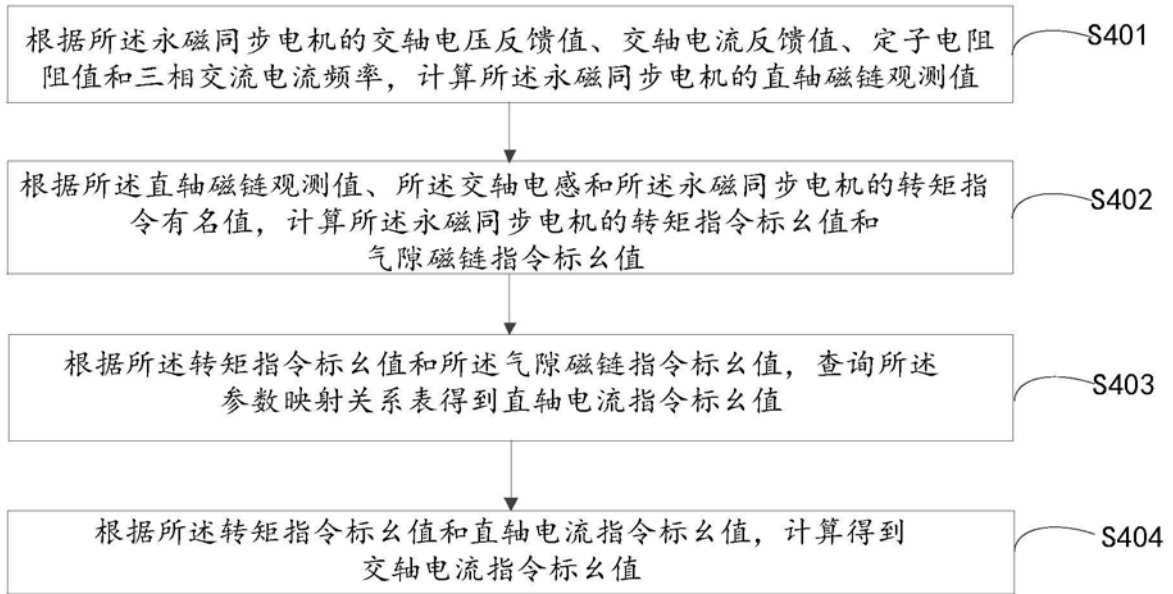


图4

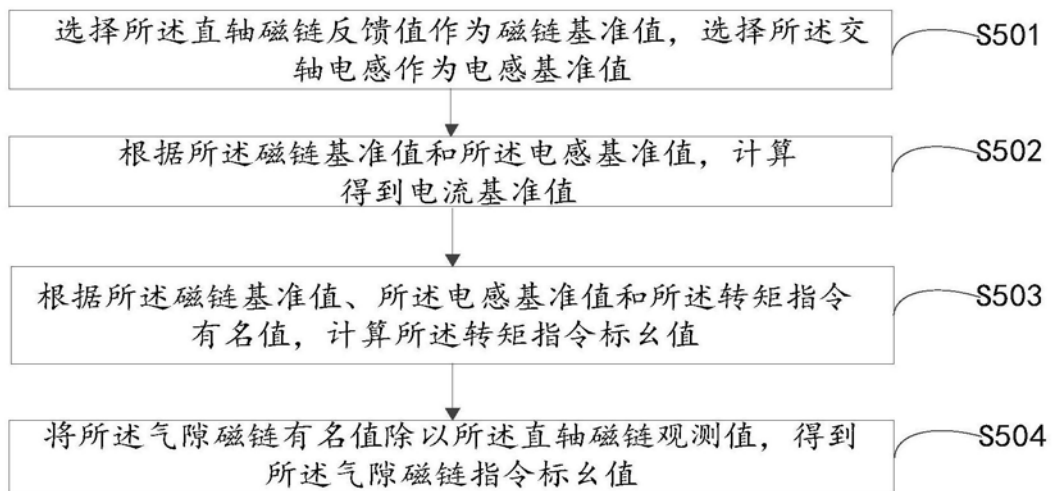


图5

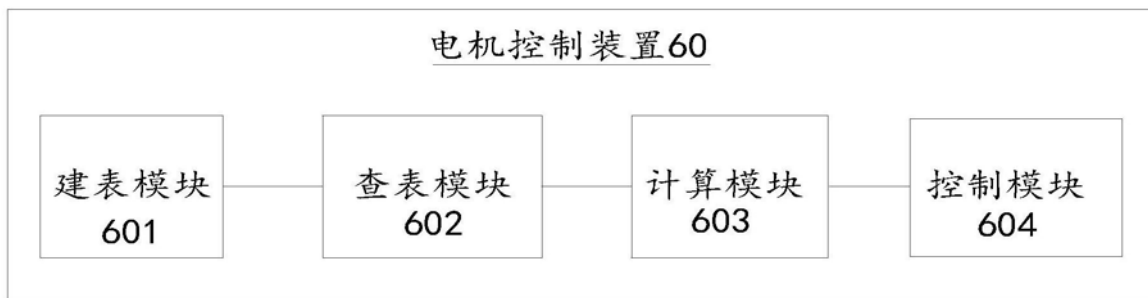


图6

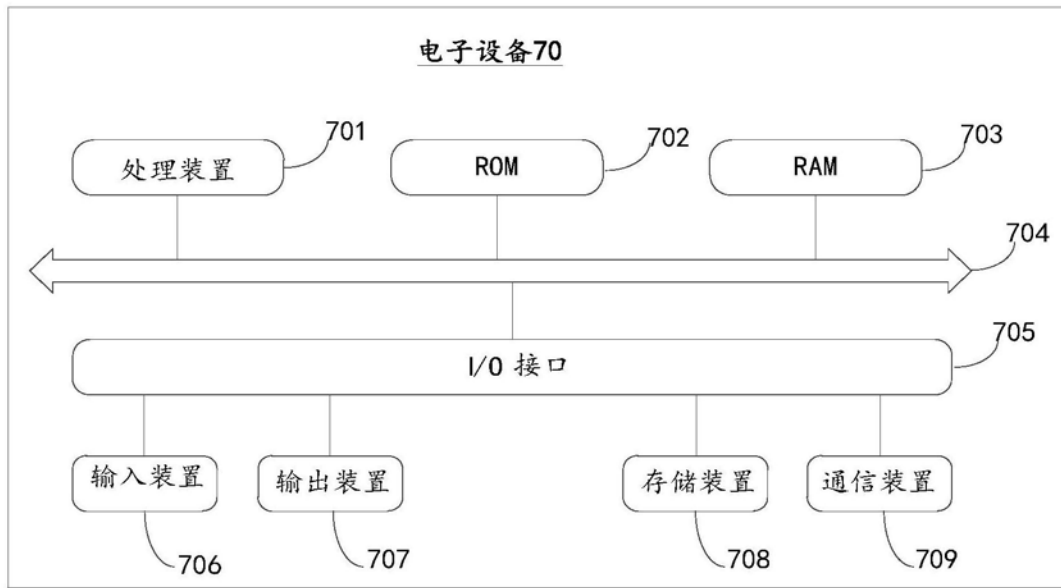


图7