



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105871265 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(21)申请号 201610342201.9

(22)申请日 2016.05.20

(71)申请人 北京新能源汽车股份有限公司
地址 102606 北京市大兴区采育经济开发
区采和路1号

(72)发明人 李玮 代康伟 梁海强 李金虎
刘超 战平 李明亮

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201
代理人 张大威

(51)Int.Cl.
H02P 6/00(2016.01)

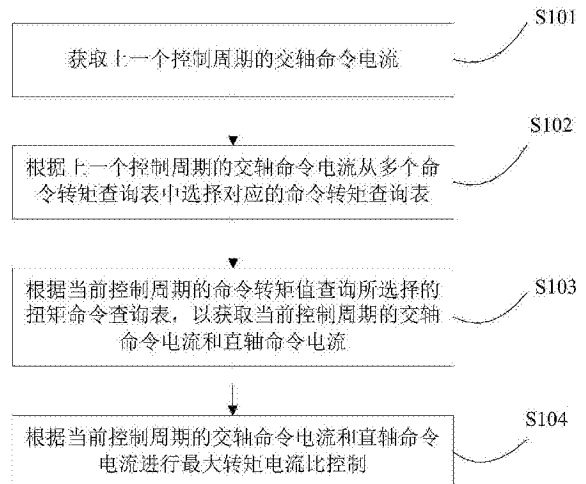
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法和系统

(57)摘要

本发明公开了一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法和系统,其中,方法包括:获取上一个控制周期的交轴命令电流;根据上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表;根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流;根据当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。本发明实施例的控制方法实时性好,且控制精度高。



1. 一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,包括以下步骤:
获取上一个控制周期的交轴命令电流;

根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表;

根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流;

根据所述当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

2. 如权利要求1所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,所述多个命令转矩查询表的构建步骤包括:

根据预设的交轴电感与交轴命令电流之间的关系确定所述交轴电感和所述交轴命令电流之间的变化曲线;

对所述变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线;

分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

3. 如权利要求2所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,所述分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,包括:

根据如下公式确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2},$$

其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流;

根据如下公式确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

$$i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]},$$

其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流;

根据所述交轴命令电流与直轴命令电流的关系和所述交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

4. 如权利要求2所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,所述多个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号,分别为第1命令转矩查询表~第N命令转矩查询表,其中,所述N为命令转矩查询表的个数。

5. 如权利要求4所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,还包括:

在所述内置式永磁同步电机上电后,选择第1命令转矩查询表对所述内置式永磁同步电机进行最大转矩电流比控制。

6. 如权利要求4所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,所述根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表,包括:

如果所述上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} ,则选择第 n 命令转矩查询表,其中,所述 n 为大于1的正整数。

7. 如权利要求6所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,其特征在于,还包括:

如果所述上一个控制周期选择第 $n-1$ 命令转矩查询表,且所述当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* ,则在进行下一个控制周期最大转矩电流比控制时,选择第 $n-1$ 命令转矩查询表,其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

8. 一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统,其特征在于,包括:

获取模块,用于获取上一个控制周期的交轴命令电流;

选择模块,用于根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表;

查询模块,用于根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流;

控制模块,用于根据所述当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

9. 如权利要求8所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统,其特征在于,所述多个命令转矩查询表的构建步骤包括:

根据预设的交轴电感与交轴命令电流之间的关系确定所述交轴电感和所述交轴命令电流之间的变化曲线;

对所述变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线;

分别确定每个分段曲线中转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

10. 如权利要求9所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统,其特征在于,所述分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,包括:

根据如下公式确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2},$$

其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流;

根据如下公式确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

$$i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]},$$

其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流;

根据所述交轴命令电流与直轴命令电流的关系和所述交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

11. 如权利要求9所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统, 其特征在于, 所述多个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号, 分别为第一命令转矩查询表~第N命令转矩查询表, 其中, 所述N为命令转矩查询表的个数。

12. 如权利要求11所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统, 其特征在于, 所述选择模块, 还用于:

在所述内置式永磁同步电机上电后, 选择第1命令转矩查询表, 以实现最大转矩电流比控制。

13. 如权利要求11所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统, 其特征在于, 所述选择模块, 具体用于:

在所述上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} 时, 选择第n命令转矩查询表, 其中, 所述n为大于1的正整数。

14. 如权利要求13所述的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统, 其特征在于, 所述选择模块, 还用于:

在所述上一个控制周期选择第n-1命令转矩查询表, 且所述当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* 时, 选择第n-1命令转矩查询表, 以实现下一个控制周期最大转矩电流比控制, 其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法和系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电机技术领域,具体涉及一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法和系统。

背景技术

[0002] 随着永磁材料、电力电子技术、控制理论、电机制造以及信号处理等的发展,PMSM(Permanent Magnet Synchronous Motor,永磁同步电动机)得到了普遍应用,由于PMSM具有体积小、结构简单、重量轻、效率高、功率密度大、低速输出转矩大、维护简单等优点,其逐渐成为电动汽车驱动系统的主流。在PMSM中,IPMSM(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor,内置式永磁同步电机)具有机械强度高、磁路气隙小、电枢反应强等优点,被普遍应用于电动汽车驱动系统。

[0003] 对于IPMSM,一般采用MTPA(Maximum Torque Per Ampere,最大转矩电流比)控制,即在转矩给定的情况下,最优配置交轴电流和直轴电流分量,使定子电流最小。该控制方法可以减小电机铜耗,提高运行效率,并且由于逆变器所需输出的电流较小,对逆变器的容量要求可相对降低。

[0004] 然而,由于对控制的实时性要求较高,控制周期一般在微秒级,因此需要控制算法在保证可行性与可靠性的前提下尽可能降低运算复杂度,以保证实时性需求;但若要提高控制精度,又需要考虑电感饱和效应的影响,这势必会增加算法的复杂性及运算量,对实时性造成影响。

发明内容

[0005] 本发明旨在至少在一定程度上解决上述技术中的技术问题之一。为此,本发明的第一个目的在于提出一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,该控制方法实时性高,且考虑了电感饱和效应对控制的影响,能够提高电机的控制性能。

[0006] 本发明的第二个目的在于提出一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法。

[0007] 为实现上述目的,本发明第一方面的实施例提出了一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,包括以下步骤:获取上一个控制周期的交轴命令电流;根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表;根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流;根据所述当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

[0008] 根据本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,根据上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表,并根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流,从而实现对内置式永磁同步电机最大转矩电流比控制。本发明实

施例的控制方法实时性好,且控制精度高。

[0009] 另外,根据本发明上述实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法还可以具有如下附加的技术特征:

[0010] 根据本发明的一个实施例,所述多个命令转矩查询表的构建步骤包括:根据预设的交轴电感与交轴命令电流之间的关系确定所述交轴电感和所述交轴命令电流之间的变化曲线;对所述变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线;分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

[0011] 根据本发明的一个实施例,所述分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,包括:根据如下公式确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$[0012] \quad i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2},$$

[0013] 其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流;

[0014] 根据如下公式确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

$$[0015] \quad i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]},$$

[0016] 其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流;

[0017] 根据所述交轴命令电流与直轴命令电流的关系和所述交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

[0018] 根据本发明的一个实施例,所述多个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号,分别为第1命令转矩查询表~第N命令转矩查询表,其中,所述N为命令转矩查询表的个数。

[0019] 根据本发明的一个实施例,所述控制方法还包括:在所述内置式永磁同步电机上电后,选择第1命令转矩查询表对所述内置式永磁同步电机进行最大转矩电流比控制。

[0020] 根据本发明的一个实施例,所述根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表,包括:如果所述上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} ,则选择第n命令转矩查询表,其中,所述n为大于1的正整数。

[0021] 根据本发明的一个实施例,所述控制方法还包括:如果所述上一个控制周期选择第n-1命令转矩查询表,且所述当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* ,则在进行下一个控制周期最大转矩电流比控制时,选择第n-1命令转矩查询表,其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

[0022] 为达到上述目的,本发明第二方面的实施例提出了一种内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统,包括:获取模块,用于获取上一个控制周期的交轴命令电流;选择

模块,用于根据所述上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表;查询模块,用于根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流;控制模块,用于根据所述当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

[0023] 根据本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统,通过选择模块根据上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表,并通过查询模块根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流,由此实现对内置式永磁同步电机最大转矩电流比控制。本发明实施例的控制系统实时性好,且控制精度高,能够提高电机的控制性能。

[0024] 另外,根据本发明上述实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统还可以具有如下附加的技术特征:

[0025] 根据本发明的一个实施例,所述多个命令转矩查询表的构建步骤包括:根据预设的交轴电感与交轴命令电流之间的关系确定所述交轴电感和所述交轴命令电流之间的变化曲线;对所述变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线;分别确定每个分段曲线中转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

[0026] 根据本发明的一个实施例,所述分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,包括:根据如下公式确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$[0027] \quad i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2},$$

[0028] 其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流;

[0029] 根据如下公式确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

$$[0030] \quad i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]},$$

[0031] 其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流;

[0032] 根据所述交轴命令电流与直轴命令电流的关系和所述交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

[0033] 根据本发明的一个实施例,所述多个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号,分别为第一命令转矩查询表~第N命令转矩查询表,其中,所述N为命令转矩查询表的个数。

[0034] 根据本发明的一个实施例,所述选择模块,还用于:在所述内置式永磁同步电机上电后,选择第1命令转矩查询表,以实现最大转矩电流比控制。

[0035] 根据本发明的一个实施例,所述选择模块,具体用于:在所述上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} 时,选择第 n 命令转矩查询表,其中,所述 n 为大于1的正整数。

[0036] 根据本发明的一个实施例,所述选择模块,还用于:在所述上一个控制周期选择第 $n-1$ 命令转矩查询表,且所述当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* 时,选择第 $n-1$ 命令转矩查询表,以实现下一个控制周期最大转矩电流比控制,其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

附图说明

[0037] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0038] 图1是根据本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法的流程图;

[0039] 图2是根据本发明一个实施例的构建命令转矩查询表的流程图;

[0040] 图3是根据本发明一个实施例的查询命令转矩查询表时滞回策略的示意图;

[0041] 图4是根据本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统的结构框图。

具体实施方式

[0042] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0043] 下面参考附图描述本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法和系统。

[0044] 图1是本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法的流程图。

[0045] 如图1所示,该控制方法包括:

[0046] S101,获取上一个控制周期的交轴命令电流。

[0047] S102,根据上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表。

[0048] 在本发明的一个实施例中,如图2所示,多个命令转矩查询表的构建步骤包括:

[0049] S1021,根据预设的交轴电感与交轴命令电流之间的关系确定交轴电感和交轴命令电流之间的变化曲线。

[0050] 需要说明的是,内置式永磁同步电机的参数会随着运行工况的不同而发生变化,而交轴对应的等效气隙较短,容易发生饱和。当磁路发生饱和时,交轴电感随直轴命令电流的增加变化较大。

[0051] 在本发明的一个实施例中,可以通过实验手段确定 L_q 与 i_q 的变化曲线。可以理解的是, L_q 与 i_q 呈非线性关系,即 L_q 与 i_q 的变化曲线是非线性的。

[0052] S1022,对变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线。

[0053] 在本发明的一个实施例中,可以将上述 L_q 与 i_q 的变化曲线分成 N 段,其中, N 为正整

数。

[0054] S1023,分别确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

[0055] 具体地,根据如下公式(1)确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$[0056] \quad i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2} \quad (1)$$

[0057] 其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流。

[0058] 根据如下公式(2)确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

[0059]

$$i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \quad (2)$$

[0060] 其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流;

[0061] 进一步地,根据交轴命令电流与直轴命令电流的关系和交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

[0062] 可以理解的是,每个分段曲线可以得到一个命令矩阵查询表。

[0063] 在本发明的一个实施例中,多个命令转矩查询表可以按照交轴命令电流从小到大依次编号,分别为第1命令转矩查询表~第N命令转矩查询表,其中,N为命令转矩查询表的个数。

[0064] 具体而言,针对上述N个分段曲线,根据上述公式(1)和(2)通过台架试验、仿真计算等方法确定命令转矩值 T_e 与直轴命令电流 i_d 和交轴命令电流 i_q 之间的关系,并存储在表格中,共N张表,这N个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号,分别为第1命令转矩查询表~第N命令转矩查询表。

[0065] 在本发明的一个实施例中,如果上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} ,则选择第n命令转矩查询表,其中,n为大于1的正整数。

[0066] S103,根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流。

[0067] 在本发明的一个实施例中,如果上一个控制周期选择第n-1命令转矩查询表,且当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* ,则在下一个控制周期最大转矩电流比控制时,选择第n-1命令转矩查询表,其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

[0068] S104,根据当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

[0069] 需要说明的是,在内置式永磁同步电机上电后,选择第1命令转矩查询表对内置式

永磁同步电机进行最大转矩电流比控制。

[0070] 在本发明的一个实施例中,为了保证内置式永磁同步电机最终输出转矩的平顺性,减少命令转矩查询表切换的次数,可通过图3所示的滞回策略查询命令转矩查询表。

[0071] 如图3所示,输入量为当前周期的命令转矩值与上一个控制周期的交轴命令电流,输出为当前周期的直轴命令电流和交轴命令电流。在本发明的一个实施例中,内置式永磁同步电机上电后,选择第1命令转矩查询表进行最大转矩电流比控制,当交轴命令电流增大到阈值 K_1 时,则采用第2命令转矩查询表进行最大转矩电流比控制。如果之后交轴命令电流减小,当低于阈值 K_1^* 时,则重新采用第1命令转矩查询表进行最大转矩电流比控制,其中, K_1 大于 K_1^* 。以此类推,采用上述滞回策略查询第1命令转矩查询表到第N命令转矩查询表,以实现最大转矩电流比控制。

[0072] 本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法,考虑了磁路饱和和时交轴电感和交轴命令电流的变化关系,并根据该变化关系通过实验、仿真计算等方法确定命令转矩值与交轴命令电流和直轴命令电流的关系,并存储在表格中,生成多个命令转矩查询表,从而根据上一个控制周期的交轴命令电流从上述多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表,并根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表,以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流,从而实现对内置式永磁同步电机最大转矩电流比控制,由此,不仅能够保证控制的实时性,而且能够保证控制精度,提高了最大转矩电流比的控制性能。

[0073] 图4是本发明一个实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统的结构框图。

[0074] 如图4所示,该控制系统包括:获取模块10、选择模块20、查询模块30和控制模块40。

[0075] 获取模块10用于获取上一个控制周期的交轴命令电流。

[0076] 选择模块20用于根据上一个控制周期的交轴命令电流从多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表。

[0077] 其中,多个命令转矩查询表的构建步骤包括:根据预设的交轴电感和交轴命令电流之间的关系确定交轴电感和交轴命令电流之间的变化曲线;对变化曲线进行分段线性化处理,以生成多个分段曲线;分别确定每个分段曲线中转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系,以生成对应的命令转矩查询表。

[0078] 具体地,根据如下公式(1)确定每个分段曲线中直轴命令电流与交轴命令电流之间的关系:

$$[0079] \quad i_d = \frac{\psi_f}{2(L_d - L_q)} - \sqrt{\frac{\psi_f^2}{4(L_d - L_q)^2} + i_q^2} \quad (1)$$

[0080] 其中, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_d 为直轴命令电流, i_q 为交轴命令电流。

[0081] 根据如下公式(2)确定每个分段曲线中交轴命令电流与命令转矩值之间的关系:

[0082]

$$i_q = \frac{\sqrt{\left(\frac{8T_e\psi_f}{3n_p}\right)^2 - 4[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \left[\left(\frac{4T_e}{3n_p}\right)^2 - \psi_f^2 \right]}{2[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} + \frac{8T_e\psi_f}{6n_p[\psi_f^2 - 4(L_d - L_q)^2]} \quad (2)$$

[0083] 其中, T_e 为命令转矩值, n_p 为极对数, ψ_f 为永磁体磁链, L_d 为直轴电感, L_q 为交轴电感, i_q 为交轴命令电流。

[0084] 进一步地, 根据交轴命令电流与直轴命令电流的关系和交轴命令电流与命令转矩值之间的关系确定每个分段曲线中命令转矩值与直轴命令电流和交轴命令电流之间的关系。

[0085] 在本发明的一个实施例中, 多个命令转矩查询表按照交轴命令电流从小到大依次编号, 分别为第一命令转矩查询表~第N命令转矩查询表, 其中, N为命令转矩查询表的个数。

[0086] 具体而言, 选择模块20用于在上一个控制周期的交轴命令电流大于或等于阈值 K_{n-1} 时, 选择第n命令转矩查询表, 其中, 所述n为大于1的正整数。

[0087] 查询模块30用于根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表, 以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流。

[0088] 控制模块40用于根据当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流进行最大转矩电流比控制。

[0089] 在本发明的一个实施例中, 选择模块20还可以用于在内置式永磁同步电机上电后, 选择第1命令转矩查询表, 以实现最大转矩电流比控制。

[0090] 为了保证内置式永磁同步电机输出转矩的平顺性, 减少命令转矩查询表的切换频率, 选择模块20还可以用于在上一个控制周期选择第n-1命令转矩查询表, 且当前控制周期的交轴命令电流小于或等于阈值 K_{n-1}^* 时, 选择第n-1命令转矩查询表, 以实现下一个控制周期最大转矩电流比控制, 其中, $K_{n-1}^* < K_{n-1}$ 。

[0091] 需要说明的是, 本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统的具体实施方式与本发明上述实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制方法的具体实施方式相同, 为减少冗余, 此处不做赘述。

[0092] 本发明实施例的内置式永磁同步电机最大转矩电流比的控制系统, 考虑了磁路饱和和交轴电感和交轴命令电流的变化关系, 并根据该变化关系通过实验、仿真计算等方法确定命令转矩值与交轴命令电流和直轴命令电流的关系, 并存储在表格中, 生成多个命令转矩查询表, 从而通过选择模块根据上一个控制周期的交轴命令电流从上述多个命令转矩查询表中选择对应的命令转矩查询表, 并通过查询模块根据当前控制周期的命令转矩值查询所选择的转矩命令查询表, 以获取当前控制周期的交轴命令电流和直轴命令电流, 从而通过控制模块对内置式永磁同步电机进行最大转矩电流比控制, 由此, 不仅能够保证控制的实时性, 而且能够保证控制精度, 提高了最大转矩电流比的控制性能。

[0093] 需要理解的是, 术语“第一”、“第二”仅用于描述目的, 而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此, 限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中, “多个”的含义是至少两个, 例如

两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0094] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0095] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0096] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

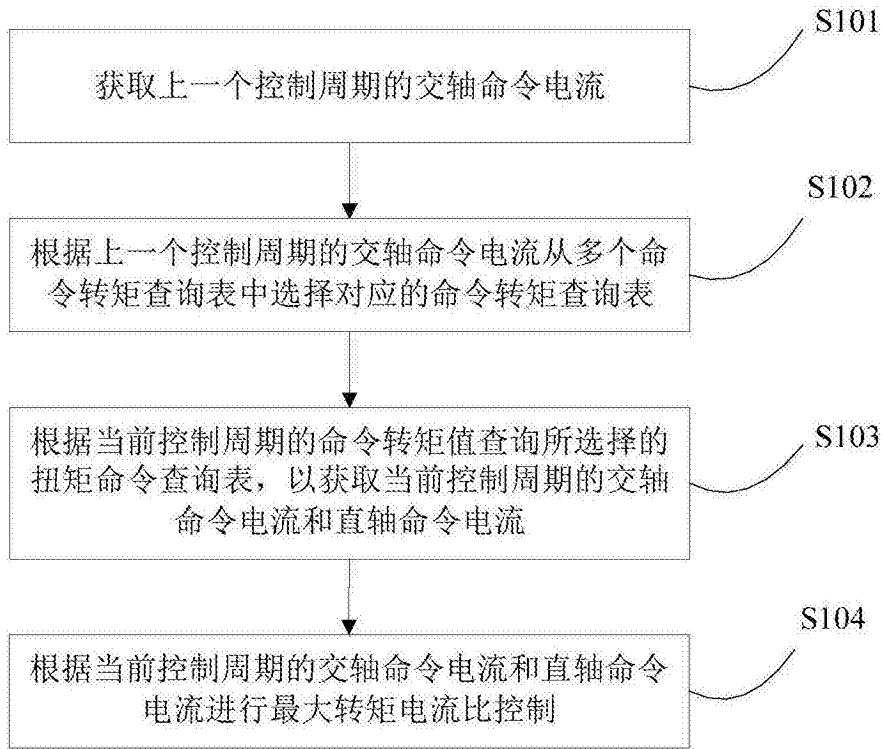


图1

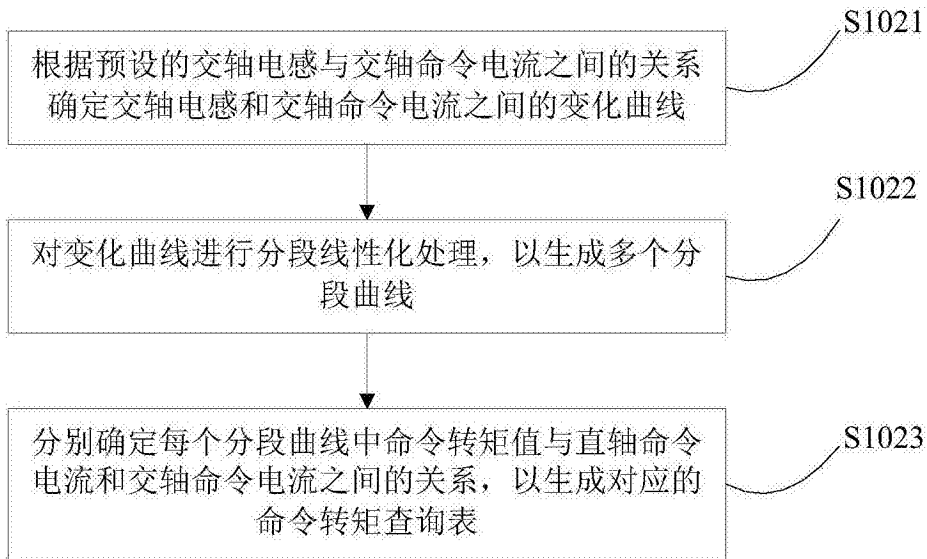


图2

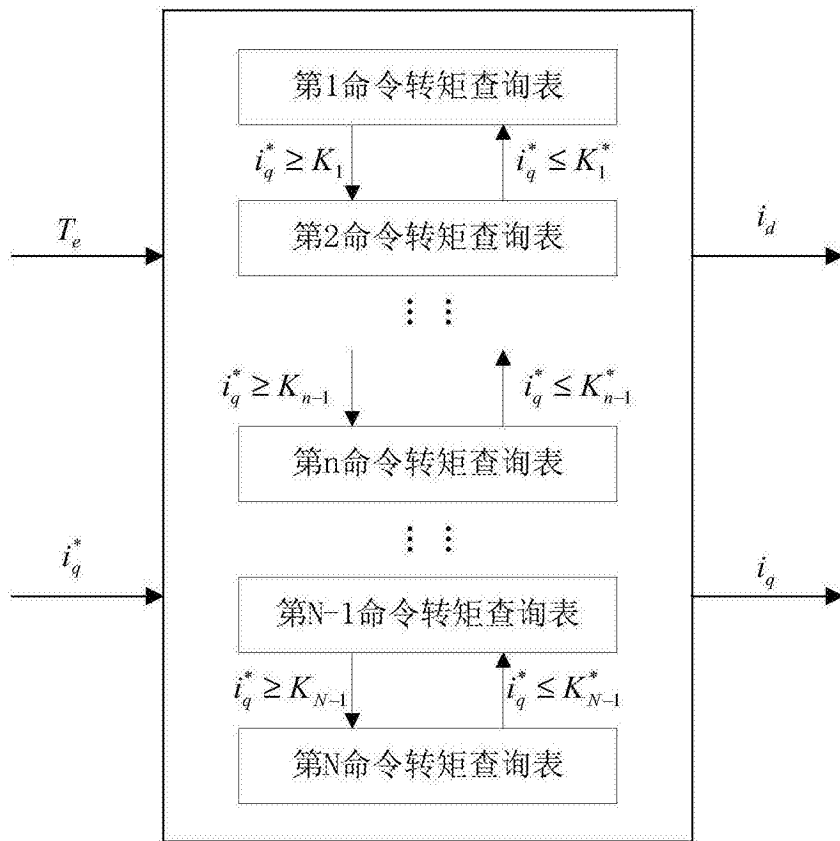


图3



图4