



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103872971 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 18

(21) 申请号 201410102394. 1

(22) 申请日 2014. 03. 19

(71) 申请人 北京工业大学

地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 许家群 杜怀颖

(74) 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司 11203

代理人 张慧

(51) Int. Cl.

H02P 27/08 (2006. 01)

H02P 9/30 (2006. 01)

F02N 11/00 (2006. 01)

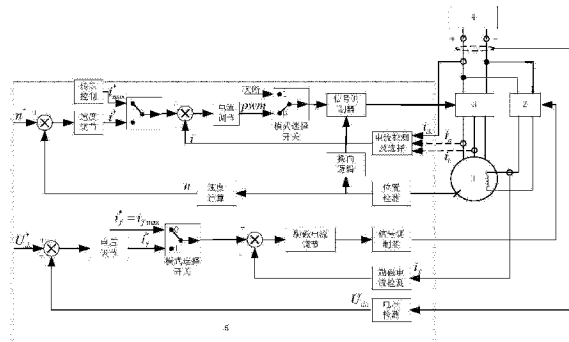
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种方波复合励磁起动 / 发电机控制方法

(57) 摘要

本发明涉及一种起动 / 发电机控制方法, 特别是方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 可应用于汽车发动机起动 / 发电领域。方波复合励磁电机系统包括: 方波复合励磁电机(1)、励磁调节单元(2)、逆变器(3)、储能装置(4)、单片机控制单元(5) 五部分构成, 发动机发出起动请求时, 方波复合励磁电机(1) 进入起动模式, 起动模式采用速度控制或者转矩控制的方法, 快速起动发动机; 车辆正常行走时, 方波复合励磁电机(1) 进入发电模式, 此时逆变器(3) 作为不可控整流桥, 采用电压外环、励磁电流内环的控制方法, 通过调节励磁电流大小, 进而调节气隙磁场大小, 使输出电压稳定。



1. 方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 方波复合励磁电机控制系统由方波复合励磁电机(1)、励磁调节单元(2)、逆变器(3)、储能装置(4)、单片机控制单元(5)五部分构成, 所述的方波复合励磁电机(1)为起动 / 发电一体机, 其反电动势波形为梯形波, 绕组由三相对称电枢绕组及励磁绕组组成, 由永磁励磁和电励磁两种励磁源相互作用, 共同实现电磁能量转换; 所述的励磁调节单元(2)是由四个全控型开关元件 T7-T10 组成的 H 桥, 其输入为储能装置(4), 输出接方波复合励磁电机(1)的励磁绕组; 所述的逆变器(3)是由六个全控型开关元件 T1-T6 组成的三相全桥, 逆变器(3)的交流侧与方波复合励磁电机(1)的三相绕组相连, 直流侧与储能装置(4)连接; 所述的储能装置(4)是蓄电池或者超级电容或者蓄电池与超级电容的组合; 所述的单片机控制单元(5)包括单片机处理器、母线电压检测单元、电枢电流检测及选择单元、励磁电流检测单元、转子位置检测单元及驱动电路组成; 其特征在于: 发动机发出起动请求时, 方波复合励磁电机(1)进入起动模式, 起动模式采用速度控制或者转矩控制的方法, 快速起动发动机; 车辆正常行走时, 方波复合励磁电机(1)进入发电模式, 此时逆变器(3)作为不可控整流桥, 采用电压外环、励磁电流内环的控制方法, 通过调节励磁电流大小, 进而调节气隙磁场大小, 使输出电压稳定。

2. 根据权利要求 1 所述的方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 其特征在于: 所述的电枢电流检测及选择单元采用一个电流传感器测量母线电流的方法, 然后母线电流采样时需要在 PWM 导通期间采样该电流值。

3. 根据权利要求 1 所述的方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 其特征在于: 所述的电枢电流检测及选择单元采用两个传感器分别测量两相电枢电流的方法, 并结合转子位置判断采样现阶段的导通相电流值。

4. 根据权利要求 1 所述的方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 其特征在于: 起动模式采用速度控制时, 将励磁电流给定设置为最大值, 通过励磁调节单元(2)加载励磁电流, 保证电机以最大转矩快速起动; 给定转速与速度反馈量形成偏差, 经速度调节后产生电枢电流参考量, 它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成 PWM 占空比的控制量, 通过驱动电路控制逆变器(3)的全控型开关元件 T1-T6 的导通顺序, 实现方波复合励磁电机(1)的速度控制。

5. 根据权利要求 1 所述的方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 其特征在于: 起动模式采用转矩控制时, 将励磁电流给定设置为最大值, 通过励磁调节单元(2)加载励磁电流, 保证电机以最大转矩快速起动; 将电枢电流给定值设为最大值, 它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成 PWM 占空比的控制量, 通过驱动电路控制逆变器(3)的全控型开关元件 T1-T6 的导通顺序, 实现方波复合励磁电机(1)的快速起动。

6. 根据权利要求 1 所述的方波复合励磁起动 / 发电机控制方法, 其特征在于: 方波复合励磁电机(1)进入发电模式时母线电压给定值与母线电压检测得到的实际值进行比较产生偏差, 经电压调节后产生励磁电流参考量, 它与电枢电流反馈量的偏差经过励磁电流调节后形成 PWM 占空比的控制量, 通过驱动电路控制励磁调节单元(2)的全控型开关元件 T7-T10 的导通顺序, 实现励磁电流的大小和方向控制, 从而改变气隙磁场的大小, 使输出母线电压稳定。

一种方波复合励磁起动 / 发电机控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种起动 / 发电机控制方法,特别是方波复合励磁起动 / 发电机控制方法,可应用于汽车发动机起动 / 发电领域。

背景技术

[0002] 混合动力汽车兼有电动车的低排放优点与内燃机汽车的高比能量优点而越来越受到关注。一体化起动 / 发电机是混合动力汽车的关键部件,可实现发动机的怠速停机和快速起动功能,从而达到节省油耗和降低排放的目的。

[0003] 现有汽车一体化起动 / 发电机采用了多种电机类型,各有优势及不足。如:爪极电励磁交流电机机械强度较好、结构简单,但有效磁通受爪极间气隙的影响,低速时出力不足,发电效率低;异步(感应)电机机械强度好、成本低,但其功率密度低;永磁同步电机无需励磁绕组,具有结构简单、运行可靠、效率高等优点,但是气隙磁场不易调节,当负载或者转速大范围变化时,保持电压恒定比较困难。

[0004] 复合励磁电机具有永磁体和电励磁绕组,利用二者组合励磁,对气隙磁场进行控制,可较好地解决电励磁电机效率低及永磁电机励磁调节困难的问题。目前的复合励磁电机多为正弦波电动势电机,在起动转矩、系统成本等方面仍有改善空间。

[0005] 如果把复合励磁电机的电枢绕组电动势设计成梯形波(称之为方波复合励磁电机),就可以考虑采用方波电流进行控制,从而实现大起动转矩、低成本、高效发电等综合性能,在汽车发动机一体化起动 / 发电应用上具有很好的前景。

发明内容

[0006] 本发明的目的是提供方波复合励磁起动 / 发电机的控制方法,实现汽车发动机怠速停机、快速起动以及宽转速范围发电功能,以改善汽车发动机的能耗和排放。

[0007] 为实现上述目的,本发明提供的车用方波复合励磁电机系统硬件结构如图 1 所示,包括:方波复合励磁电机(1)、励磁调节单元(2)、逆变器(3)、储能装置(4)、单片机控制单元(5)五部分构成。方波复合励磁电机(1)其反电动势波形为梯形波,绕组由三相对称电枢绕组及励磁绕组组成,由永磁励磁和电励磁两种励磁源相互作用,共同实现电磁能量转换。励磁调节单元(2)是由四个全控型开关元件 T7-T10 组成的 H 桥,其输入为储能装置(4),输出接方波复合励磁电机(1)的励磁绕组。逆变器(3)是由六个全控型开关元件 T1-T6 组成的三相全桥,逆变器(3)的交流侧与方波复合励磁电机(1)的三相对称电枢绕组相连,直流侧与储能装置(4)连接。储能装置(4)是蓄电池或者超级电容或者蓄电池与超级电容的组合。单片机控制单元(5)包括单片机处理器、母线电压检测单元、电枢电流检测及选择单元、励磁电流检测单元、转子位置检测单元及驱动电路组成。

[0008] 根据混合动力汽车运行工况的要求,电机主要工作在以下几个模式:起动模式、起动 / 发电切换模式、发电模式和关闭模式。

[0009] 起动模式由速度闭环或者转矩控制,此时方波复合励磁电机(1)作为电动机工作,

电机在任何时间都是两相线圈导通,且一个电角度周期内有六种状态。以 A、B、C 三相定子绕组及 6 个全控型开关元件 T1-T6 为例,假定电机转动方向为正,每个电角度周期内三相绕组导通顺序为 A+B- → A+C- → B+C- → B+A- → C+A- → C+B-, 对应全控型开关元件的开通顺序 T1T4 → T1T6 → T3T6 → T3T2 → T5T2 → T5T4。起动时,将励磁电流给定设置为最大值,通过励磁调节单元(2)加载励磁电流,保证电机以最大转矩快速起动。当采用速度控制时,具体方法为:给定转速与速度反馈量形成偏差,经速度调节后产生电枢电流参考量,它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成 PWM 占空比的控制量,通过驱动电路控制逆变器(3)的全控型器件 T1-T6 的导通顺序,实现方波复合励磁电机(1)的速度控制;当采用转矩控制时,具体方法为:将电枢电流给定值设为最大值,它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成 PWM 占空比的控制量,通过驱动电路控制逆变器(3)的全控型开关元件 T1-T6 的导通顺序,实现方波复合励磁电机(1)的快速起动。当发动机转速达到起动转速时,发动机开始供油。当方波复合励磁电机(1)加速到需求转速时,将保持在这个速度下,且不会产生负转矩,当转速高于需求转速时,自动关闭 PWM 驱动。

[0010] 起动/发电切换模式是处在起动模式和发电模式之间的一个过渡过程。该过程很短暂,此时关闭逆变器(2)的 PWM 驱动及励磁电流,方波复合励磁电机不产生转矩。

[0011] 发电模式是由电压闭环控制,当方波复合励磁电机(1)顺利起动发动机后,电机进入起动/发电切换模式,随着发动机转速的继续增大,且小于怠速转速时,电机切换到发电模式。当车辆正常行走、转速高于怠速时,方波复合励磁电机(1)作为发电机开始发电,具体方法为:逆变器(3)采用不可控整流,母线电压给定值与母线电压检测得到的实际值进行比较产生偏差,经电压调节后产生励磁电流参考量,它与电枢电流反馈量的偏差经过励磁电流调节后形成 PWM 占空比的控制量,通过驱动电路控制励磁调节单元(2)的全控型开关元件 T7-T10 的导通顺序,实现励磁电流的大小和方向控制,从而改变气隙磁场的大小,使输出母线电压稳定,为储能装置(4)及其他负载供电。

[0012] 关闭模式为方波复合励磁电机(1)的励磁调节单元(2)、逆变器(3)的相关驱动都是关闭的,电机处于不工作状态。

[0013] 与现有技术相比,本发明具有以下优点:

[0014] 1、方波复合励磁电机电动运行时任意时刻只有两相导通,电机控制简单,硬件需求少,系统成本低。

[0015] 2、励磁电流调节可使方波复合励磁电机有较大的起动转矩。

[0016] 3、采用电压外环、励磁电流内环的发电控制方式,可获得宽电压调节范围,能够实现宽转速、大负载范围内恒压输出,且动态响应速度快。

附图说明

[0017] 图 1 是方波复合励磁电机控制系统结构框图;

[0018] 图 2 是方波复合励磁电机控制模式流程图;

[0019] 图 3 是方波复合励磁电机控制方法框图;

具体实施方式

[0020] 图 1 是方波复合励磁电机控制系统结构图,由方波复合励磁电机(1)、励磁调节单

元(2)、逆变器(3)、储能装置(4)及单片机控制单元(5)组成。

[0021] 方波复合励磁电机(1)其反电动势波形为梯形波,绕组由三相对称电枢绕组及励磁绕组组成,由永磁励磁和电励磁两种励磁源相互作用,共同实现电磁能量转换。

[0022] 励磁调节单元(2)输入为储能装置(4),输出是通过励磁绕组与方波复合励磁电机(1)相连的,其输入与输出的连接方式:可以通过四个全控型开关元件组成的H桥或者两个可控型半桥元件组成H桥连接。其作用为:通过控制信号对励磁回路(2)中全控型开关元件的控制,调节励磁电流 i_f 的大小和方向,从而影响到电机(2)内部的气隙磁场大小。

[0023] 逆变器(3)是由六个全控型开关元件T1-T6组成的三相全桥。逆变器(3)的交流侧与方波复合励磁电机(1)的三相绕组相连,直流侧与储能装置(4)连接。电动运行时,逆变器(3)作为三相可控桥,通过控制全控型开关元件T1-T6的开通顺序,由储能装置(4)向方波复合励磁电机(1)供电,快速起动发动机;发电时,关闭全控型开关元件T1-T6,逆变器(3)作为不可控整流桥,通过控制励磁调节单元(2),由方波复合励磁电机(1)向储能装置(4)及其他负载供电。

[0024] 储能装置(4)可以为蓄电池,也可以为超级电容或者蓄电池与超级电容的组合。

[0025] 单片机控制单元(5)由所需的信号检测电路、单片机处理器和驱动电路等组成。单片机控制单元(5)功能是根据信号检测电路所得的信号,按照事先设定的控制策略,产生相对应的驱动信号。其信号检测电路包括:转子位置检测电路、励磁电流检测电路、电枢电流检测及选择电路及母线电压检测电路。转子位置检测电路优先采用霍尔位置传感器,也可以是旋转变压器等其他测量转子位置的传感器。电枢电流检测电路优先采用一个电流传感器测量母线电流的方法,该方法可以节省成本,但母线电流采样时需要保证在PWM导通期间采样电流值,保证电流采样的准确性;也可以采用两个传感器分别测量两相电枢电流的方法,并结合转子位置判断采样现阶段的导通相电流值。其驱动电路输出分为两组:一组输出引脚与逆变器(3)的六个全控型开关元件T1-T6的控制端相连,分别对应输出的控制信号为G1-G6;另一组输出引脚与励磁回路(2)H桥中的四个全控型开关元件T7-T10或者半桥中的两个控制端相连,对应输出的控制信号为G7-G10。

[0026] 图2为方波复合励磁电机控制模式流程图。当整车控制单元发出发动机起动请求信号时,方波复合励磁电机进入起动模式,若发动机正常起动,则进入起动/发电切换模式,之后进入发电模式。若发动机停机,则进入关断模式。

[0027] 图3为方波复合励磁电机控制方法框图。当发动机发出起动请求时,方波复合励磁电机进入起动模式,图3中模式选择开关为0。起动模式采用速度控制或者转矩控制的方法,及三相六状态导通方式快速起动发动机。起动模式采用速度控制时可以保证实际起动速度与所需相差不大,并对所输出的速度大小进行限制,使电机在不超过最大起动速度的情况下起动,若超过该速度则应停止起动。其具体方法为:将励磁电流给定 i_f^* 设置为最大值 i_{fmax} ,通过励磁调节单元加载励磁电流,保证电机以最大转矩快速起动;给定转速 n^* 与速度反馈量 n 形成偏差,经速度调节后产生电枢电流参考量,它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成PWM占空比的控制量,通过驱动电路控制逆变器的全控型器件T1~T6的导通顺序,实现方波复合励磁电机的速度控制。

[0028] 起动模式采用转矩控制时可以保证方波复合励磁电机以最大转矩起动。其具体方法为:将励磁电流给定 i_f^* 设置为最大值 i_{fmax} ,通过励磁调节单元加载励磁电流,保证电

机以最大转矩快速起动;将电枢电流参考量设定为最大值,它与电枢电流反馈量的偏差经过电枢电流调节后形成 PWM 占空比的控制量,通过驱动电路控制逆变器的全控型开关元件 T1-T6 的导通顺序,实现方波复合励磁电机的快速起动。

[0029] 电流的反馈优先采用一个传感器测量母线电流的方法,也可以采用两个传感器测量电枢电流的方法。速度反馈优先采用通过霍尔位置传感器输出的位置量计算得到,同时该位置量还用于换相逻辑控制。

[0030] 车辆正常行走时,方波复合励磁电机进入发电模式,图 3 中模式选择开关为 1,此时逆变器作为不可控整流桥,通过调节励磁电流大小,进而调节气隙磁场大小,使输出电压稳定。励磁调节单元采用 4 个全控型开关元件组成的 H 桥作为说明,其具体方法为:母线电压给定值 U_{dc}^* 与母线电压检测得到的实际值 U_{dc} 进行比较产生偏差,经电压调节后产生励磁电流参考量 i_f^* ,它与电枢电流反馈量 i_f 的偏差经过励磁电流调节后形成 PWM 占空比的控制量,通过驱动电路控制励磁调节单元的全控型开关元件 T7-T10 的导通顺序,实现励磁电流的大小和方向控制,从而改变气隙磁场的大小,使输出母线电压稳定。

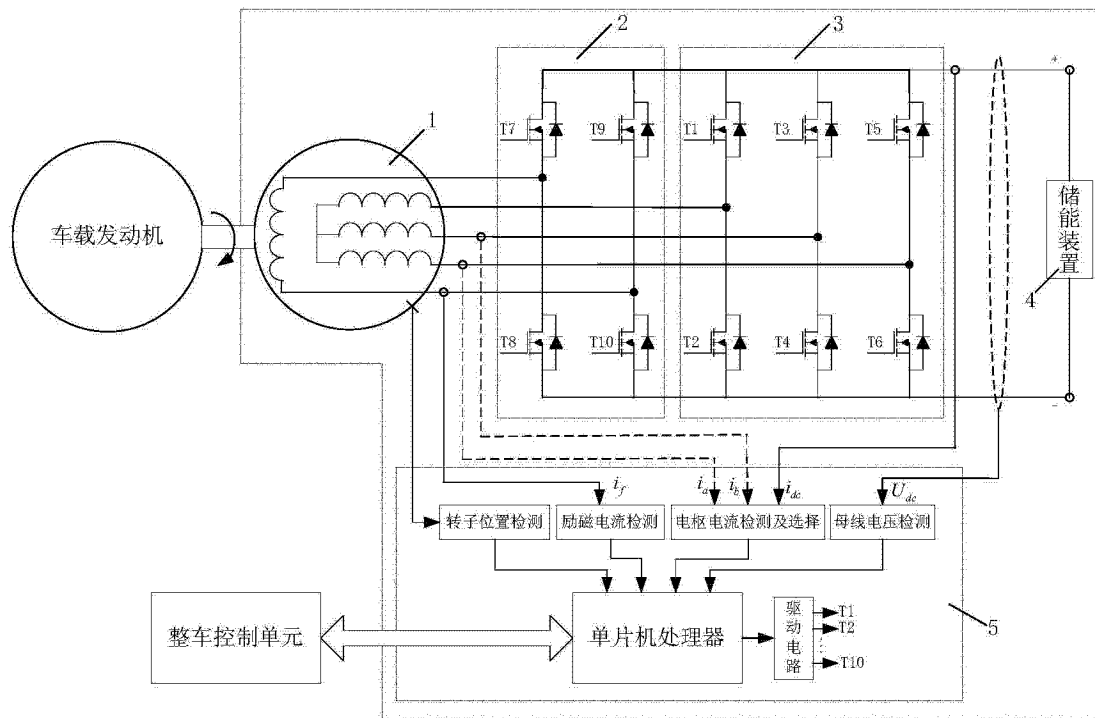


图 1

