

(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203219239 U

(45) 授权公告日 2013.09.25

(21) 申请号 201320129816.5

(22) 申请日 2013.03.21

(73) 专利权人 安徽理工大学

地址 232001 安徽省淮南市舜耕路 168 号

(72) 发明人 王静 黄友锐 董苏

(51) Int. Cl.

H02P 21/14(2006.01)

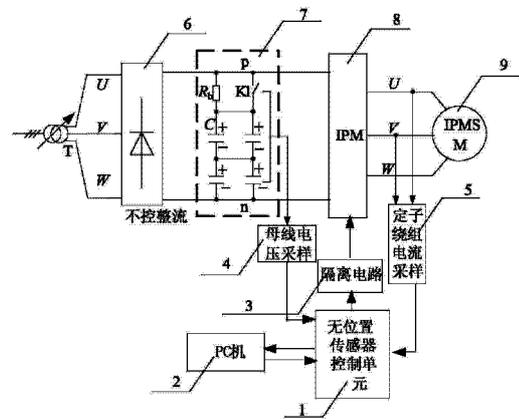
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 实用新型名称

SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置

(57) 摘要

本实用新型涉及一种 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,属于无传感器永磁同步电机控制技术领域。它包括无位置传感器控制单元、PC 机、隔离电路、母线电压采样单元、定子绕组电流采样单元、三相不控整流桥、母线储能电容器组、IPM 三相电压源型逆变器、永磁同步电动机。它利用电机的凸极性,通过注入高频电压激励,在定子绕组中感应出包含转子位置信息的高频电流响应信号,再采用 SDFT 算法提取出位置信号用于矢量控制中,实现了无机械式位置传感器控制电机的效果。本实用新型适用于内置式和内插式永磁同步电机使用。



1. SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:它包括无位置传感器控制单元(1)、PC 机(2)、隔离电路(3)、母线电压采样单元(4)、定子绕组电流采样单元(5)、三相不控整流桥(6)、母线储能电容器组(7)、IPM 三相电压源型逆变器(8)、永磁同步电动机(9),三相不控整流桥(6)将三相交流电整流为直流电对母线储能电容器组(7)进行充电,母线储能电容器组(7)的输出经 IPM 三相电压源型逆变器(8)变频后,为定子绕组提供变频电源;定子绕组电流采样单元(5)的输出端信号为无位置传感器控制单元(1)提供采样电流,隔离电路(3)输出的驱动信号作为 IPM 三相电压源型逆变器(8)的驱动输入信号。

2. 根据权利要求 1 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置的无位置传感器控制单元(1),其特征在于:无位置传感器控制单元(1)的输入端分别与母线电压采样单元(4)输出端、定子绕组电流采样单元(5)输出端相连,无位置传感器控制单元(1)的输出信号与隔离电路(3)输入信号端相连,无位置传感器控制单元(1)的通信端与 PC 机(2)的通信端相连。

3. 根据权利要求 1 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:所述的无位置传感器控制单元(1)包括转速 PI 调节器(101)、q 轴电流 PI 调节器(102)、d 轴电流 PI 调节器(103)、高频电压发生器(104)、反 Park 变换单元(105)、SVPWM 脉冲调制器(106)、解耦控制器(107)、Clark 变换单元(108)、第一 Park 变换单元(109)、低通滤波器 1LPF(110)、低通滤波器 2LPF(111)、第二 Park 变换单元(112)、SDFT 单元(113)、PI 调节器(114)、积分器(115)。

4. 根据权利要求 1 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:所述的无位置传感器控制单元(1)中转子位置角和转速是通过 SDFT 单元(113)和 PI 调节器(114)辨识得到而不是传感器检测而来,第二 Park 变换单元(112)输出的高频电流信号作为 SDFT 单元(113)的输入,经过 SDFT 单元提取出转子位置信息,再通过 PI 调节器(114)进行调制得到转速,转速通过积分器(115)得到转子位置角。

5. 根据权利要求 1 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:所述的母线电压采样单元(4)所用的是霍尔式电压传感器、定子绕组电流采样单元(5)所用的是霍尔式电流传感器。

6. 根据权利要求 1 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:所述的隔离电路(3)为光耦隔离。

7. 根据权利要求 1 和权利要求 2 所述的 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,其特征在于:所述的无位置传感器控制单元(1)其核心微处理器型号为 TI 公司的 32 位 DSP-TMS320F28335。

SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种无位置传感器永磁同步电机控制装置,属于无传感器永磁同步电机矢量控制技术领域。

背景技术

[0002] 永磁同步电机具有功率密度高、结构简单、效率高、控制性能优越等优点,在数控机床、医疗器械、航空航天领域得到广泛的应用。高性能永磁同步电机交流调速系统需要获取转子瞬时位置信息以实现磁场定向。实际系统中通常采用传感器实时检测转子位置,常用的传感器有:光电编码器、旋转变压器、霍尔位置传感器等。这些独立传感器的使用不仅增加了控制系统的成本,也带来了相应的信号检测处理复杂性及可靠性问题。机械传感器的使用在实际应用中具有很大的局限性,表现在以下几个方面:

[0003] (1) 对于一些容量小、追求低成本的设备,精度高、响应速度快的位置传感器价格昂贵,显著增加了系统成本降低了市场竞争力。

[0004] (2) 传感器的精度易受温度、湿度、振动等外部环境条件干扰,在一些环境比较恶劣的场合以及高温、密封、粉尘等特殊场合无法使用。

[0005] (3) 安装在轴上的机械式传感器不仅增加了电机转子转轴的转动惯量,增大了电机轴向空间尺寸而且安装不当会导致同心度问题,降低精度。

[0006] 由于在高性能电机驱动系统中转子位置信息是不可缺少的重要物理量,而机械式位置传感器的安装和使用存在上述的各种缺陷,所以研究无位置传感器永磁同步电机控制方法及装置有着重要的实际意义。

发明内容

[0007] 本实用新型是为了解决现有机械式位置传感器检测信号成本高、安装维护复杂、可靠性差等问题,提供一种 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置。

[0008] 本实用新型所采用的技术方案是:

[0009] 本实用新型 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器永磁同步电机控制装置,它包括无位置传感器控制单元、PC 机、隔离电路、母线电压采样单元、定子绕组电流采样单元、三相不控整流桥、母线储能电容器组、IPM 三相电压源型逆变器,永磁同步电动机。三相不控整流桥将三相交流电整流为直流电对母线储能电容器组进行充电,母线储能电容器组的输出经 IPM 三相电压源型逆变器变频后,为定子绕组提供变频电源;定子绕组电流采样单元的输出端信号为无位置传感器控制单元提供采样电流,隔离电路输出的驱动信号作为 IPM 三相电压源型逆变器的驱动输入信号。无位置传感器控制单元的输出端连接隔离电路的输入端,隔离电路输出的驱动信号连接 IPM 三相电压源型逆变器的驱动输入端,无位置传感器控制单元的通信端与 PC 机相连;其特征在于无位置传感器控制单元的输出端与隔离电路输入端相连,无位置传感器控制单元的输入端分别与母线电压采样单元输出端、定子绕组电流采样单元输出端相连,无位置传感器控制单元的通信端与 PC 机通信端相连。

[0010] 所述的无位置传感器控制单元包括转速 PI 调节器、q 轴电流 PI 调节器、d 轴电流 PI 调节器、高频电压发生器、反 Park 变换单元、SVPWM 脉冲调制器、解耦控制器、Clark 变换单元、第一 Park 变换单元、低通滤波器 1LPF、低通滤波器 2LPF、第二 Park 变换单元、SDFT 单元、PI 调节器和积分器。无位置传感器控制单元中转子位置角和转速是通过 SDFT 单元和 PI 调节器辨识得到而不是传感器检测而来,第二 Park 变换单元输出的高频电流信号作为 SDFT 单元的输入,经过 SDFT 单元提取出转子位置信息,再通过 PI 调节器进行调制得到转速,转速通过积分器得到转子位置角。母线电压采样单元所用的是霍尔式电压传感器、定子绕组电流采样单元所用的是霍尔式电流传感器。隔离电路为光耦隔离。无位置传感器控制单元其核心微处理器型号为 TI 公司的 32 位 DSP-TMS320F28335。

[0011] 本实用新型的优点是:无需机械式位置传感器,利用电机的凸极性注入高频电压激励,定子绕组中感应出包含转子位置信息的高频电流响应信号,通过 SDFT (Slide Discrete Fourier Transform) 提取出 d、q 轴高频电流分量的幅值并进行简单的代数运算即可得到转子位置角度,相比现有的外差法无需同步轴系坐标变换和带通滤波器、高通滤波器的使用,结构简单,且不受注入信号初始相位的影响,精度高、响应快,造价低,方便维护具有广泛的实用性。

附图说明

[0012] 图 1 为本实用新型的结构原理示意框图。

[0013] 图 2 为本实用新型中的 SDFT 转子位置辨识无位置传感器控制单元结构示意图。

具体实施方式

[0014] 具体实施方式一:下面结合图 1 说明本实施方式,本实施方式所述 SDFT 转子位置辨识的无位置传感器电机控制装置,它包括无位置传感器控制单元 1、PC 机 2、隔离电路 3、母线电压采样单元 4、定子绕组电流采样单元 5、三相不控整流桥 6、母线储能电容器组 7、IPM 三相电压源型逆变器 8、永磁同步电动机 9。本装置在连接三相交流电源前将母线储能电容器组 7 预充电电路中的开关 K1 断开,上电后三相交流电源经三相不控整流桥 6 对母线储能电容器组 7 进行充电,预充电结束后闭合开关 K1,为 IPM 三相电压源型逆变器 8 提供直流电源,母线电压采样单元 4 使用 LEM 公司的 LV28-P 霍尔式电压传感器,其输入端与母线储能电容器组 7 相连,输出端送入无位置传感器控制单元 1 中,IPM 三相电压源型逆变器 8 与永磁同步电机 9 相连,在连接线上串联定子绕组电流采样单元 5,定子绕组电流采样单元 5 使用的是 LA28-NP 霍尔式电流传感器,其输出端与无位置传感器控制单元 1 中 Clark 变换单元 108 的输入端相连,无位置传感器控制单元 1 输出端经隔离电路 3 后将脉冲调制信号输入到 IPM 三相电压源型逆变器 8 驱动输入端为功率器件提供开关信号,无位置传感器控制单元 1 的通信端与 PC 机 2 连接。

[0015] 具体实施方式二:下面结合图 2 说明本实施方式,本实施方式为基于实施方式一所述 SDFT 转子位置辨识的永磁同步电机无位置传感器控制装置的无位置传感器控制单元,它包括转速 PI 调节器 101、q 轴电流 PI 调节器 102、d 轴电流 PI 调节器 103、高频电压发生器 104、反 Park 变换单元 105、SVPWM 脉冲调制器 106、解耦控制器 107、Clark 变换单元 108、第一 Park 变换单元 109、低通滤波器 1LPF110、低通滤波器 2LPF111、第二 Park 变换单

元 112、SDFT 单元 113、PI 调节器 114、积分器 115。设定的 ω^{ref} 与 SDFT 辨识得到的 ω 相比较,经过转速 PI 调节器 101 输出 q 轴电流值 $i_{q\text{ref}}$, $i_{d\text{ref}}$ 是 d 轴电流设定值,通过定子绕组电流采样单元 5 检测到的永磁同步电机 9 定子绕组中的电流 i_a 、 i_b ,经 Clark 变换单元 108、第一 Park 变换单元 109、低通滤波器 1LPF110、低通滤波器 2LPF111 得到电流 i_d 、 i_q ,分别将其与 $i_{q\text{ref}}$ 、 $i_{d\text{ref}}$ 比较后经过各自的电流 PI 调节器 101、102 输出 u_d 、 u_q ,再和解耦控制器 107 的输出、高频电压发生器 104 的输出组合后得到电压指令值,再经反 Park 变换单元 105 得到在两相静止坐标系下的电压指令值 u_α^* 、 u_β^* ,最后经 SVPWM 脉冲调制器 106 输出开关信号,从定子绕组电流采样单元得到的电流 i_a 、 i_b ,经 Clark 变换单元 108、第二 Park 变换单元 109 得到包含位置信息的高频电流 \hat{i}_{id} 、 \hat{i}_{iq} 经 SDFT 单元 113 提取幅值后进行简单的代数运算得到包含位置信息的误差信号 $4I_n \sin(2\theta)$,最后经 PI 调节器 114 得到转子位置角 $\hat{\theta}_e$,再经过积分器 115 输出转速信号 ω 。

[0016] 下面对实施方式二中的 SDFT 转子位置辨识的方法进行具体阐述,在图 2 中注入的高频电压激励如公式 1 所示:

$$[0017] \quad \begin{bmatrix} u_{id} \\ u_{iq} \end{bmatrix} = |u_i| \begin{bmatrix} \sin \omega_i t \\ \cos \omega_i t \end{bmatrix} \quad (\text{公式 1})$$

[0018] 式中 u_{id} 、 u_{iq} 为注入的高频电压, u_i 为注入信号的幅值, ω_i 为注入信号的频率。

[0019] 为阐述该方法的理论依据,在 dq 坐标系基础上,引入一个新的坐标系 $\hat{d}\hat{q}$ 其按照 $\Delta\theta = \theta - \hat{\theta}_e$ 旋转,其中 θ 为转子实际位置角, $\hat{\theta}_e$ 为辨识得到的转子位置角,则在该坐标系下感应产生的高频电流响应如公式 2 所示:

$$[0020] \quad \begin{cases} \hat{i}_d = -(I_{i0} + I_{i1} \cos(2\Delta\theta)) \cos \omega_i t + I_{i1} \sin(2\Delta\theta) \sin \omega_i t \\ \hat{i}_q = -I_{i1} \sin(2\Delta\theta) \cos \omega_i t + (I_{i0} - I_{i1} \cos(2\Delta\theta)) \sin \omega_i t \end{cases} \quad (\text{公式 2})$$

[0021] 式中 L_d 、 L_q 分别表示交直流轴电感, $L_\Sigma = (L_d + L_q) / 2$, $L_\Delta = (L_q - L_d) / 2$, $I_{i0} = \frac{u_i L_\Sigma}{\omega_i (L_\Sigma^2 - L_\Delta^2)}$,

$I_{i1} = \frac{u_i L_\Delta}{\omega_i (L_\Sigma^2 - L_\Delta^2)}$ 。则经 SDFT 单元 113 提取出的 d、q 轴高频电流幅值可以表示成公式 3 形式:

$$[0022] \quad \begin{cases} |\hat{i}_d| = \sqrt{(I_{i0} + I_{i1} \cos(2\Delta\theta))^2 + (I_{i1} \sin(2\Delta\theta))^2} \\ |\hat{i}_q| = \sqrt{(I_{i1} \sin(2\Delta\theta))^2 + (I_{i0} - I_{i1} \cos(2\Delta\theta))^2} \end{cases} \quad (\text{公式 3})$$

$$[0024] \quad \Rightarrow \left| \hat{i}_d \right|^2 - \left| \hat{i}_q \right|^2 = 4I_{i1} I_{i0} \cos(2\Delta\theta)$$

[0025] 根据公式 3,若用 PI 调节器 114 将误差信号闭环调节至 0 用于提取转子位置角,误差项需要化简为 $\sin(2\theta)$ 形式。因此,可将 $\hat{d}\hat{q}$ 转化成 $\hat{d}^* \hat{q}^*$ 坐标系,变换矩阵为公式 4 所

示：

$$[0026] \quad T_{\hat{d}\hat{q} \rightarrow \hat{d}\hat{q}} = \begin{bmatrix} \cos\left(\Delta\theta - \frac{\pi}{4}\right) & \sin\left(\Delta\theta - \frac{\pi}{4}\right) \\ -\sin\left(\Delta\theta - \frac{\pi}{4}\right) & \cos\left(\Delta\theta - \frac{\pi}{4}\right) \end{bmatrix} \quad (\text{公式 4})$$

[0027] 只需将第二 Park 变换单元 112 的输入角度减去 $\pi/4$ 即可实现上述坐标系的转换,则在 $\hat{d}\hat{q}$ 坐标系中

$$[0028] \quad \left| \hat{i}_{\hat{d}} \right|^2 - \left| \hat{i}_{\hat{q}} \right|^2 = 4I_{rl} \cos(2\Delta\theta) = 4I_{rl} \cos\left(2\left(\Delta\theta - \frac{\pi}{4}\right)\right) = 4I_{rl} \sin(2\Delta\theta) \quad (\text{公式 5})$$

[0029] 经 PI 调节器 114 调节后 $\theta \approx \hat{\theta}_e$ 时输出的即为转子位置角 $\hat{\theta}_e$,再经过积分器 115 得到转速信号 ω 。

[0030] 注意事项:本实用新型中所提及的角度均为电角度。

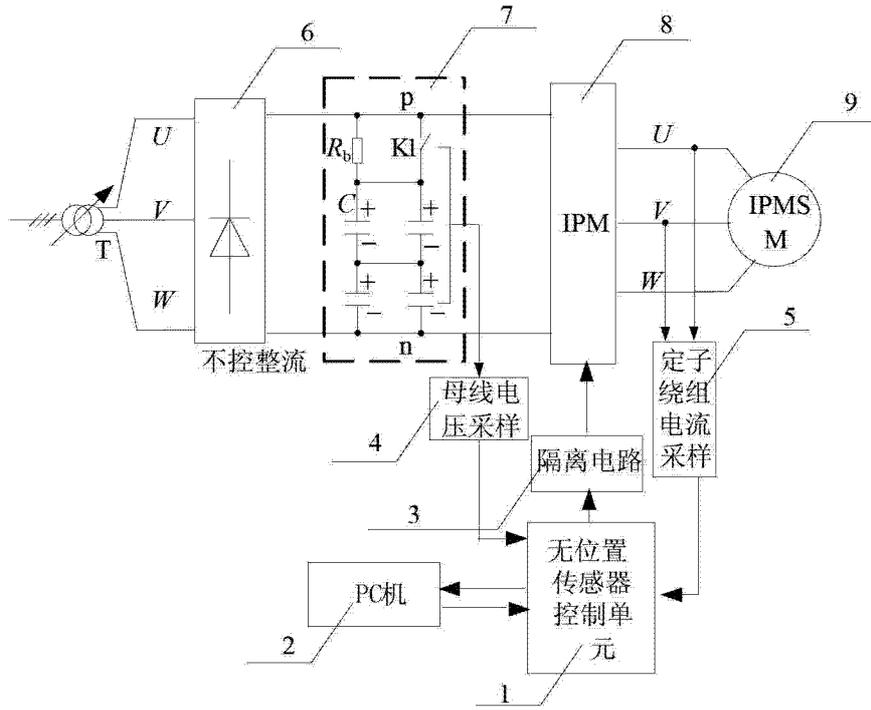


图 1

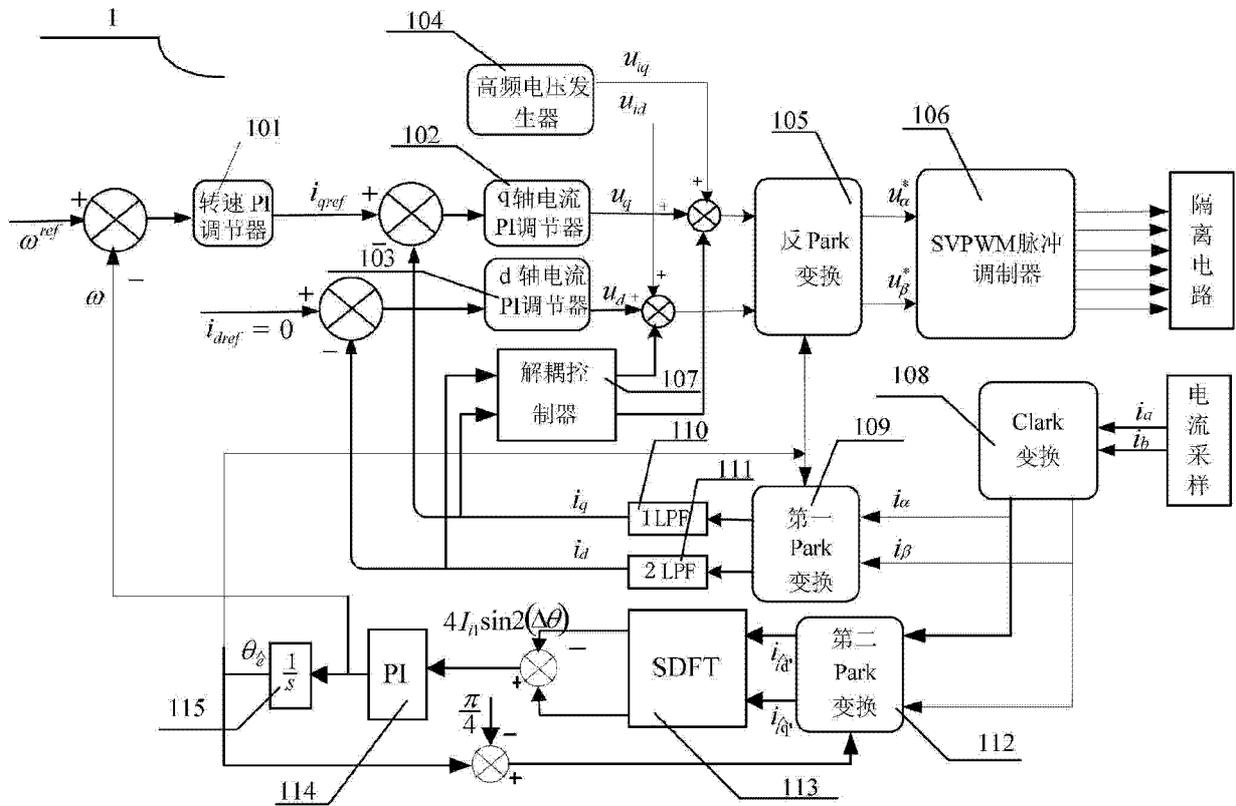


图 2