



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104852664 B

(45)授权公告日 2017.04.26

(21)申请号 201510276353.9

H02P 21/24(2016.01)

(22)申请日 2015.05.26

H02P 27/04(2016.01)

H02P 25/024(2016.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104852664 A

(56)对比文件

(43)申请公布日 2015.08.19

CN 103401493 A,2013.11.20,

CN 104104301 A,2014.10.15,

(73)专利权人 国电南京自动化股份有限公司

CN 102420561 A,2012.04.18,

地址 210009 江苏省南京市鼓楼区新模范
马路38号

EP 0613234 A1,1994.08.31,

US 2011/0153113 A1,2011.06.23,

(72)发明人 胡贤新 杨奇 余志飞 胡炫

审查员 赵兴帮

刘春松 李冰 钱诗宝

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限

公司 32224

代理人 董建林 耿英

(51)Int.Cl.

H02P 21/18(2016.01)

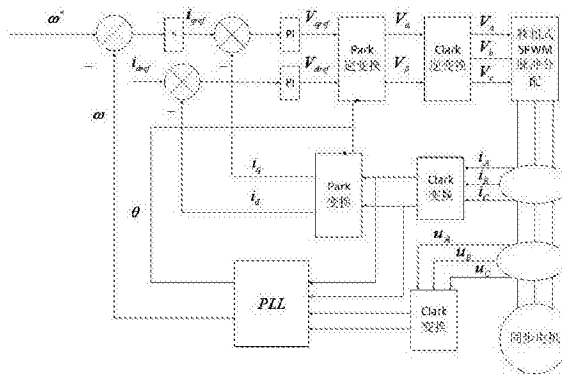
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法,其特点在于,包括以下步骤:1)实时采样定子电压和定子电流;2)通过锁相环获得转子位置和转速;3)通过速度、电流双闭环控制得到三相正弦电压信号 V_a^* 、 V_b^* 、 V_c^* ;4)将三相正弦电压信号 V_a^* 、 V_b^* 、 V_c^* 送往移相式SPWM分配板,利用移相SPWM控制方法对级联功率单元进行控制,控制电机转速。采用本发明的方法,在电机轴上无需安装速度传感器,避免了安装速度编码器所带来的弊端。



1. 一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

1) 实时采样得到同步电机的定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C ;

2) 通过锁相环获得同步电机的转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ ;

利用Clark变换将步骤1)得到的定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C 变换到两相静止坐标系上,得到在两相静止坐标系上的定子电压 u_α 、 u_β 和定子电流 i_α 、 i_β ,即

$$\begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix};$$

3) 由步骤2)的转子位置电气角度 θ ,利用Park变换将两相静止坐标系上的定子电流变换到两相旋转坐标系中

$$\begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

将步骤2)得到的转子角速度 ω 与给定的角速度参考值 ω^* 比较,得到的转速偏差经PI控制器,并计算得到定子相电流转矩分量 i_{qref} ; i_{dref} 是励磁电流给定; i_{qref} 和 i_{dref} 分别与 i_q 和 i_d 经过PI控制器得到q轴电压给定值 V_{qref} 和d轴电压给定值 V_{dref} ,结合步骤2)得到的转子位置电气角度 θ ,经Park逆变换和Clark逆变换输出三相正弦电压信号 V_a 、 V_b 、 V_c ;

4) 将三相正弦电压参考信号 V_a 、 V_b 、 V_c 送往移相式SPWM分配板,利用移相SPWM控制方法对级联变频器的功率单元进行控制,控制同步电机转速;

步骤2)中,

同步电机在 $\alpha\beta$ 坐标系上的定子电压方程为

$$\begin{cases} u_\alpha = Ri_\alpha + L \frac{di_\alpha}{dt} + e_\alpha \\ u_\beta = Ri_\beta + L \frac{di_\beta}{dt} + e_\beta \end{cases} \quad (1)$$

其中, R 为同步电机的定子电阻, L 为同步电机的漏感, e_α 为同步电机相反电势在 α 轴上的分量, e_β 为同步电机相反电势在 β 轴上的分量;

$$\text{令: } k = e_{\alpha\beta} - e_{\beta\alpha} \quad (2)$$

$$\text{将式(1)代入式(2)得: } k = u_\alpha i_\beta - u_\beta i_\alpha + Li_\alpha \frac{di_\beta}{dt} - Li_\beta \frac{di_\alpha}{dt} \quad (3) \text{ 又有 } i_\alpha = i \cos \omega t,$$

$$i_\beta = i \sin \omega t$$

其中 ω 为转子角速度, i 为定子综合电流, t 为时间;

$$\text{则式(3)进一步化简为 } k = u_\alpha i_\beta - u_\beta i_\alpha + \omega L (i_\alpha^2 + i_\beta^2)$$

通过锁相环,控制 $k=0$ 获得转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ 。

一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法,属于电力电子自动控制技术领域。

背景技术

[0002] 级联高压变频调速是近些年来广泛应用的一种调速技术。通过高压变频调速系统,解决了大多数电机的起调和调速问题,节能效果显著,具有广阔的发展空间。

[0003] 在水泥、冶金、化工等行业特别是矿山,同步电机都有较多的应用。同步电机的变频调速大多采用矢量控制。为了确定定子电流矢量的方向和建立速度闭环反馈就必须获得转速信号,通常采用光电编码盘的速度传感器进行转速检测。然而速度传感器在安装、维护、易受环境影响等方面严重影响了电动机调速系统的简便性、廉价性和可靠性。特别是像高压变频器应用环境比较复杂的场合,速度编码器的测量精度受环境影响比较大。

[0004] 因此,研究应用于级联高压变频器的高压同步电机驱动系统中的无速度传感器矢量控制意义重大。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是避免安装速度编码器所带来的弊端,并且能估计电机的转速,改善电机在启动、调速、稳态运行时的静动态性能。且只需电机电感和采样定子电压和电流,无需复杂的磁链估算,大大简化了控制系统。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明的具体实施如下:

[0007] 一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0008] 1) 实时采样得到同步电机的定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C ;

[0009] 2) 通过锁相环获得同步电机的转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ ;

[0010] 利用Clark变换将步骤1)得到的定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C 变换到两相静止坐标系上,得到在两相静止坐标系上的定子电压 u_α 、 u_β 和定子电流 i_α 、 i_β ,即

$$[0011] \quad \begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix}$$

$$[0012] \quad \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$$

[0013] 同步电机在 $\alpha\beta$ 坐标系上的定子电压方程为

$$[0014] \quad \begin{cases} u_{\alpha} = Ri_{\alpha} + L \frac{di_{\alpha}}{dt} + e_{\alpha} \\ u_{\beta} = Ri_{\beta} + L \frac{di_{\beta}}{dt} + e_{\beta} \end{cases} \quad (1)$$

$$[0015] \quad \text{令: } k = e_{\alpha}i_{\beta} - e_{\beta}i_{\alpha} \quad (2)$$

$$[0016] \quad \text{将式(1)代入式(2)得: } k = u_{\alpha}i_{\beta} - u_{\beta}i_{\alpha} + Li_{\alpha} \frac{di_{\beta}}{dt} - Li_{\beta} \frac{di_{\alpha}}{dt}$$

[0017] 又有 $i_{\alpha} = i \cos \omega t$, $i_{\beta} = i \sin \omega t$

[0018] 其中 ω 为转子角速度, i 为定子综合电流, t 为时间;

[0019] 则式(3)进一步化简为 $k = u_{\alpha}i_{\beta} - u_{\beta}i_{\alpha} + \omega L(i_{\alpha}^2 + i_{\beta}^2)$

[0020] 通过锁相环, 控制 $k=0$ 获得转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ 。

[0021] 3) 由步骤2) 的转子位置角度 θ , 利用Park变换将两相静止坐标系上的定子电流变换到两相旋转坐标系中

$$[0022] \quad \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{\alpha} \\ i_{\beta} \end{bmatrix}$$

[0023] 将步骤2) 得到的转子角速度 ω 与给定的角速度参考值 ω^* 比较, 得到的转速偏差经PI控制器, 并计算得到定子相电流转矩分量 i_{qref} ; i_{dref} 是励磁电流给定; i_{qref} 和 i_{dref} 分别与 i_q 和 i_d 经过PI控制器得到q轴电压给定值 V_{qref} 和d轴电压给定值 V_{dref} , 结合步骤2) 得到的转子位置电气角度 θ , 经Park逆变换和Clark逆变换输出三相正弦电压信号 V_a, V_b, V_c 。

[0024] 4) 将三相正弦电压参考信号 V_a, V_b, V_c 送往移相式SPWM分配板, 利用移相SPWM控制方法对级联变频器的功率单元进行控制, 控制同步电机转速。

[0025] 本发明将检测到的电机定子电压和定子电流通过锁相环得到转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ 。经转速与电流双闭环控制得到输出三相正弦电压信号 V_a, V_b, V_c , 送往移相式SPWM分配板, 利用移相SPWM控制方法对级联变频器的功率单元进行控制, 达到控制电机转速的目的。

[0026] 本发明所达到的有益效果: 本发明的无速度传感器矢量控制方法应用在级联高压变频器的高压同步电机驱动系统中, 在电机轴上无需安装速度传感器, 避免了安装速度编码器所带来的弊端。并且能较好地估计电机的转速, 使得所驱动的高压同步电机能够获得与直流电动机相似的输出转矩特性, 有效地改善了电机在启动、调速、稳态运行时的静动态性能。且只需电机电感和采样定子电压和电流, 无需复杂的磁链估算, 大大简化了控制系统。

附图说明

[0027] 图1本发明的无速度传感器的高压同步电机矢量控制系统结构图。

具体实施方式

[0028] 本发明为一种无速度传感器的高压同步电机矢量控制方法, 由图1所示的无速度

传感器的高压同步电机矢量控制系统结构图可知,本发明的具体实现步骤如下:

[0029] 1) 实时采样得到同步电机定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C ;

[0030] 2) 通过锁相环获得同步电机转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ ;

[0031] 利用Clark变换将步骤1)得到的定子电压 u_A 、 u_B 、 u_C 和定子电流 i_A 、 i_B 、 i_C 变换到两相静止坐标系上,得到在两相静止坐标系上的定子电压 u_α 、 u_β 和定子电流 i_α 、 i_β ,即

$$[0032] \quad \begin{bmatrix} u_\alpha \\ u_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_A \\ u_B \\ u_C \end{bmatrix}$$

$$[0033] \quad \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{bmatrix}$$

[0034] 同步电机在 $\alpha\beta$ 坐标系上的定子电压方程为

$$[0035] \quad \begin{cases} u_\alpha = Ri_\alpha + L \frac{di_\alpha}{dt} + e_\alpha \\ u_\beta = Ri_\beta + L \frac{di_\beta}{dt} + e_\beta \end{cases} \quad (1)$$

[0036] 令: $k = e_\alpha i_\beta - e_\beta i_\alpha$ (2)

[0037] 将式(1)代入式(2)得: $k = u_\alpha i_\beta - u_\beta i_\alpha + Li_\alpha \frac{di_\beta}{dt} - Li_\beta \frac{di_\alpha}{dt}$

[0038] 又有 $i_\beta = i \cos \omega t$, $i_\alpha = i \sin \omega t$

[0039] 其中 ω 为转子角速度, i 为定子综合电流, t 为时间;

[0040] 则式(3)进一步化简为 $k = u_\alpha i_\beta - u_\beta i_\alpha + \omega L(i_\alpha^2 + i_\beta^2)$

[0041] 通过锁相环,控制 $k=0$ 获得转子角速度 ω 和转子位置电气角度 θ 。

[0042] 3) 由步骤2)的转子位置角度 θ ,利用Park变换将电流变换到两相旋转坐标系中

$$[0043] \quad \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$$

[0044] 将步骤2)得到的电机角速度 ω 与给定的角速度参考值 ω^* 比较,得到的转速偏差经PI控制器,并计算得到定子相电流转矩分量 i_{qref} ; i_{dref} 是励磁电流给定,根据实际需要调整。 i_{qref} 和 i_{dref} 分别与 i_q 和 i_d 经过PI控制器得到q轴电压给定值 V_{qref} 和d轴电压给定值 V_{dref} ,结合步骤2)得到的转子位置电气角度 θ ,经Park逆变换和Clark逆变换输出三相正弦电压信号 V_a 、 V_b 、 V_c 。

[0045] 4) 将三相正弦电压参考信号 V_a 、 V_b 、 V_c 送往移相式SPWM分配板,利用移相SPWM控制方法对级联变频器的功率单元进行控制,控制电机转速。

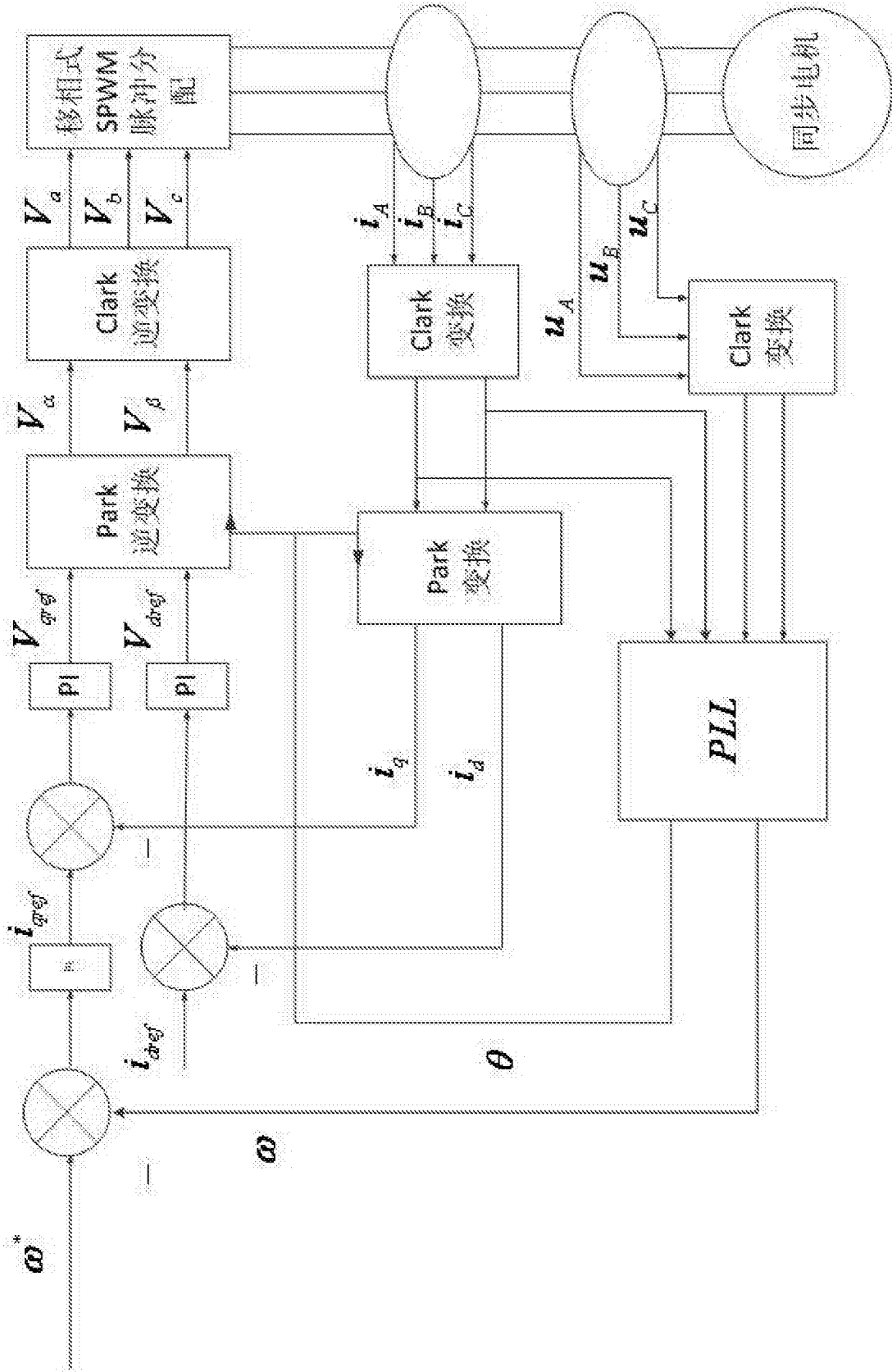


图1