



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102983803 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201210449875. 0

(22) 申请日 2012. 11. 12

(71) 申请人 中冶南方(武汉)自动化有限公司

地址 430205 湖北省武汉市东湖新技术开发
区流芳大道凤凰园一路 9 号

(72) 发明人 徐晖 王胜勇 卢家斌 王国强
唐文秀 王傲能

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限
公司 42102

代理人 王丹

(51) Int. Cl.

H02P 21/00 (2006. 01)

权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

永磁同步电机初始定位方法

(57) 摘要

本发明提供永磁同步电机初始定位方法,包括步骤:增设旋转变压器、旋变-数字转换模块和电平转换模块,旋转变压器的定子绕组和转子绕组分别固定在永磁同步电机的定子和转子上;定子绕组包括初级绕组和次级绕组,旋变-数字转换模块给初级绕组提供励磁信号,并将次级绕组输出的包络线信号转变为绝对角度信号;旋变-数字转换模块通过电平转换模块与系统主处理器通信;系统首次上电,转子停在 0 角度位置,主处理器获得电机初始角 A_0 ;继而永磁同步电机闭环矢量运行,主处理器获得电机绝对角 A_x ,永磁同步电机的转子位置角 $\theta = A_x - A_0$;系统每次断电,将当前的转子位置角进行存储,再次上电时作为电机初始角。

1. 永磁同步电机初始定位方法,其特征在于:它包括以下步骤:

增设旋转变压器、旋变-数字转换模块和电平转换模块,其中:旋转变压器包括定子绕组和转子绕组,分别固定在永磁同步电机的定子和转子上;定子绕组包括初级绕组和次级绕组,旋变-数字转换模块通过差分放大器给初级绕组提供励磁信号,并将次级绕组输出的包络线信号转变为绝对角度信号;旋变-数字转换模块通过电平转换模块与系统主处理器通信传输绝对角度信号;

当系统首次上电时,使得转子停在 0 角度位置,系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机初始角 A_0 ,并进行存储;继而使得永磁同步电机闭环矢量运行,系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机绝对角 A_x ,永磁同步电机的转子位置角 $\theta = A_x - A_0$;

系统每次断电时,将当前的转子位置角进行存储,再次上电时作为电机初始角用于计算转子位置角。

2. 根据权利要求 1 所述的永磁同步电机初始定位方法,其特征在于:获得电机初始角 A_0 时,利用直流制动的方法使转子停到与 A 相轴线重合的位置,即 0 角度位置。

3. 根据权利要求 1 所述的永磁同步电机初始定位方法,其特征在于:安装好旋转变压器、旋变-数字转换模块和电平转换模块后,使得电机在 VF 控制模式下运转,并记录获得的绝对角度信号,若绝对角度信号平滑连续,则表明该信号有效。

永磁同步电机初始定位方法

技术领域

[0001] 本发明涉及变频调速系统,具体为基于旋转变压器的永磁同步电机初始定位方法。

背景技术

[0002] 对永磁同步电机进行伺服控制时,控制器控制定子三相电流合成磁场的矢量方向。为了有效控制定子磁场矢量,需要对转子位置进行精确测量。通常经济有效的方法是:在电机转子上安装增量式编码器,用编码器输出脉冲数量来表征转子位置变化。该方法中,控制器需要先得知转子的初始位置,再根据编码器送来的 AB 脉冲才能确定转子旋转的方向和已转过的角度。在系统首次上电时,电机转子的绝对位置是不确定的。因此只能让电机先转起来,当检测到 Z 信号时,才能给电机转子位置准确定位,进行矢量控制。这种方法的弊端是:控制器每次重新上电时都要对电机转子初始位置进行辨识。而且每次辨识初始角时,电机可能要转过 360° 才能寻找到零点,对电机准确定位。在某些场合,如电动汽车上是不允许这么做的。

发明内容

[0003] 本发明要解决的技术问题是:提供一种永磁同步电机初始定位方法,能够避免每次上电都要重新辨识初始角的麻烦。

[0004] 本发明为解决上述技术问题所采取的技术方案为:永磁同步电机初始定位方法,其特征在于:它包括以下步骤:

增设旋转变压器、旋变-数字转换模块和电平转换模块,其中:旋转变压器包括定子绕组和转子绕组,分别固定在永磁同步电机的定子和转子上;定子绕组包括初级绕组和次级绕组,旋变-数字转换模块通过差分放大器给初级绕组提供励磁信号,并将次级绕组输出的包络线信号转变为绝对角度信号;旋变-数字转换模块通过电平转换模块与系统主处理器通信传输绝对角度信号;

当系统首次上电时,使得转子停在 0 角度位置,系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机初始角 A_0 ,并进行存储;继而使得永磁同步电机闭环矢量运行,系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机绝对角 A_x ,永磁同步电机的转子位置角 $\theta = A_x - A_0$;

系统每次断电时,将当前的转子位置角进行存储,再次上电时作为电机初始角用于计算转子位置角。

[0005] 按上述方案,获得电机初始角 A_0 时,利用直流制动的方法使转子停到与 A 相轴线重合的位置,即 0 角度位置。

[0006] 按上述方案,安装好旋转变压器、旋变-数字转换模块和电平转换模块后,使得电机在 VF 控制模式下运转,并记录获得的绝对角度信号,若绝对角度信号平滑连续,则表明该信号有效。

[0007] 本发明的工作原理为:当旋转变压器转子随电机同步旋转时,在初级励磁绕组上

外加交流励磁电压,次极输出绕组中便会产生感应电动势,大小为励磁与转子旋转角正余弦的乘积。设 α_1 为旋转变压器定子侧绕组轴线与电机定子A相轴线的交角,旋转变压器定子安装到电机端盖上后, α_1 即被固定;设 α_2 为旋转变压器转子侧绕组轴线与电机转子d轴的交角,当旋转变压器转子安装到电机转子轴上后, α_2 即被固定;设 θ 为电机定子A相轴线与电机转子d轴的交角,即电机位置角; A_x 为旋转变压器定子轴线与旋转变压器转子轴线的交角,即绝对角度,可以通过旋变-数字转换模块根据旋转变压器得到,并由系统主处理器获得。可以看到,电机位置角可以表示为: $\theta = A_x - (\alpha_1 + \alpha_2)$,由于 A_x 可以通过旋变-数字转换模块得到,为了能求出电机位置角 θ ,还需要测出 $(\alpha_1 + \alpha_2)$ 的值。为此,只要在电机位置角 $\theta = 0$ 时,通过旋变-数字转换模块得到此时的绝对角度即可。

[0008] 本发明的有益效果为:

1、本发明将旋转变压器的特性运用到电机上,使得电机转子的旋转角度与旋转变压器同步,通过获得旋转变压器的旋转角度来得知电机转子的位置角,并且在每次断电时将当前位置角保存,用于下一次位置角的计算,因此仅需在首次上电时需要计算初始角,从而避免了每次上电都要重新辨识初始角的麻烦。

[0009] 2、在获得电机初始角 A_0 时利用直流制动的方法,直接利用软件反推出控制电压,无需增加其它硬件设备。

[0010] 3、通过在VF控制模式对绝对角度信号进行检测,以保证各硬件是否连接正确、解码是否成功。

[0011] 4、本方法涉及的硬件结构简单、常规,可在原有的系统中进行改进,操作方便。

附图说明

[0012] 图1为旋转变压器的工作原理图。

[0013] 图2为旋变-数字转换模块外围功能电路图。

[0014] 图3为旋变-数字转换模块与DSP的接线图。

[0015] 图4为电机转子位置角与绝对角度的关系图。

[0016] 图5为直流制动构架图。

具体实施方式

[0017] 图1为旋转变压器的工作原理图,旋转变压器的初级励磁绕组(R_1 - R_2)和二相正交的次极感应绕组(S_1 - S_3 为第一次级感应绕组, S_2 - S_4 为第二次级感应绕组)同在定子侧。转子侧则是与初级绕组和次极绕组磁通耦合的绕组线圈。当旋转变压器转子随电机同步旋转时,在初级励磁绕组上外加交流励磁电压,次极输出绕组中便会产生感应电动势,大小为励磁与转子旋转角正余弦的乘积。旋转变压器输入输出关系如下:

$$E_{R_1-R_2} = E_0 \sin \omega t \quad (1),$$

$$E_{S_1-S_2} = kE_{R_1-R_2} \sin\theta \quad (2),$$

$$E_{S_2-S_4} = kE_{R_1-R_2} \cos\theta \quad (3),$$

式中： E_0 - 励磁最大幅值； $E_{R_1-R_2}$ - 初级励磁绕组励磁电压； ω - 励磁角频率； $E_{S_1-S_2}$ - 第一次级感应绕组励磁电压； $E_{S_2-S_4}$ - 第二次级感应绕组励磁电压； k - 旋转变压器变比； θ - 转子旋转角度，即转子的位置角。

[0018] 永磁同步电机初始定位方法，包括以下步骤：

一、增设旋转变压器、旋变 - 数字转换模块和电平转换模块，其中：旋转变压器包括定子绕组和转子绕组，分别固定在永磁同步电机的定子和转子上；定子绕组包括初级绕组和次级绕组，旋变 - 数字转换模块通过差分放大器给初级绕组提供励磁信号，并将次级绕组输出的包络线信号转变为绝对角度信号，其电路图如图 2 所示；旋变 - 数字转换模块通过电平转换模块与系统主处理器通信传输绝对角度信号，其电路图如图 3 所示。

[0019] 本实施例中，选用的旋变 - 数字转换模块为 AD2S1200 芯片，其主要工作特性和参数是：(1) 5V 单电源供电；(2) 输出 12 位绝对位置信息和带符号位的 11 位速度信息；(3) 具有串行通信接口和并行通信借口；(4) 励磁频率为 10KHz, 12KHz, 15KHz, 20KHz 可编程。本系统采用 ISE70-30D08 型旋转变压器，它所需的激磁电压为 3-7V (有效值)。初次级电压比为 0.286，而 AD2S1200 输出的励磁信号峰 - 峰值为 8.2V，接收的正余弦信号峰 - 峰值为 $(3.6 \pm 10\%)V$ ，所以励磁电压信号从图 2 所示 AD2S1200 的 EXC+ 和 EXC- 输出，经过差分放大器后电压峰 - 峰值变为 $8.2 \times 1.575 = 12.9V$ ，该电压作为旋转变压器的初级励磁电压，次极输出电压的峰 - 峰值为 $U_{pp} = 12.9 \times 0.286 = 3.69V$ 。旋转变压器次极输出信号 U_{s1} , U_{s2} , U_{s3} 和 U_{s4}

经滤波电路后直接进入 AD2S1200 的 SIN, SINLO, COS, COSLO 四个管脚。功能电路图如图 2。AD2S1200 被设置成串行输出模式，与系统的主 CPU (TMS320F28335) 通信。由电平转换芯片 ADG3308BRUZ 实现 AD2S1200 输出的 5V 电平到 DSP 输入 3.3V 电平之间的转换。

[0020] 安装好旋转变压器、旋变 - 数字转换模块和电平转换模块后，使得电机在 VF 控制模式下运转，并记录获得的绝对角度信号，若绝对角度信号平滑连续，说明此处旋变解码芯片解码成功，表明该信号有效。

[0021] 二、当系统首次上电时，利用直流制动的方法使得转子停在 0 角度位置，系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机初始角 A_0 ，并进行存储；继而使得永磁同步电机闭环矢量运行，系统主处理器获得的绝对角度信号即为电机绝对角 A_x ，永磁同步电机的转子位置角 $\theta = A_x - A_0$ 。

[0022] 旋转变压器初始定位的主要目的是获得在电机位置角为 0 度时对应的编码器绝对角度，根据这一信息可以使得电机位置角与编码器的绝对角度一一对应。图 4 中， α_1 为旋转变压器定子侧绕组轴线与电机定子 A 相轴线的交角，旋转变压器定子安装到电机端盖上后， α_1 即被固定； α_2 为旋转变压器转子侧绕组轴线与电机转子 d 轴的交角，当旋转变压器

转子安装到电机转子轴上后, α_2 即被固定; θ 为电机定子 A 相轴线与电机转子 d 轴的交角, 即电机位置角; A_x 为旋转变压器定子轴线与旋转变压器转子轴线的交角, 即绝对角度, 可以通过旋变-数字转换模块根据旋转变压器得到, 并由系统主处理器获得。可以看到, 电机位置角可以表示为: $\theta = A_x - (\alpha_1 + \alpha_2)$, 由于 A_x 可以通过旋变-数字转换模块得到, 为了能求出电机位置角 θ , 还需要测出 $(\alpha_1 + \alpha_2)$ 的值。为此, 只要在电机位置角 $\theta = 0$ 时, 通过旋变-数字转换模块得到此时的绝对角度即可。

[0023] 利用直流制动的方法使得转子停在 0 角度位置: 直流制动构架图如图 5 所示, 在 dq 轴坐标系下, 基于坐标变换和 SVPWM 原理, 通过软件设计可生成 0-360° 的高分辨率电压矢量。由 SVPWM 主导转子的定位, 使得 d 轴电压 u_d 为固定值, q 轴电压 u_q 为 0, park 反变换角度给定固定值为 θ , 此时电机转子磁场方向和定子给定电压矢量方向一致, 永磁体转到 θ 位置。

[0024] 把电机停到 0 位置, 也就是给电机提供一个与定子 A 轴轴线重合的电压矢量即可。选择两相静止定子坐标系, 由永磁同步电机的数学模型可地它的定子电压方程为:

$$\begin{cases} u_d = R_s i_d + L_s \frac{di_d}{dt} - \omega_r \phi_f \sin \theta_r \\ u_q = R_s i_q + L_s \frac{di_q}{dt} + \omega_r \phi_f \cos \theta_r \end{cases} \quad (4),$$

式中: u_d 为 d 轴电压, u_q 为 q 轴电压, R_s 为定子电阻, i_d 为 d 轴电流, i_q 为 q 轴电流, L_s 为定子电感, ω_r 为转子角速度, ϕ_f 为磁链, θ_r 为转子位置角, dt 为对时间 t 的微分因子;

可得:

$$\begin{cases} \frac{di_d}{dt} = -\frac{R_s}{L_s} i_d + \omega_r \frac{\phi_f}{L_s} \sin \theta_r + \frac{u_d}{L_s} \\ \frac{di_q}{dt} = -\frac{R_s}{L_s} i_q - \omega_r \frac{\phi_f}{L_s} \cos \theta_r + \frac{u_q}{L_s} \end{cases} \quad (5),$$

永磁同步电机在空间矢量坐标系里, 同步旋转 dq 轴系经反 PARK 变换到静止的 $\alpha \beta$ 轴系, 再经由反 CLARK 变化到三相 ABC 轴坐标系。

[0025] 具体的变化方程式如式(6):

$$\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \end{pmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{pmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_A \\ i_B \\ i_C \end{pmatrix} \quad (6),$$

由式(5)-式(6)可以获得当电机通 $i_q=0$, $i_d=I_N$ (I_N 为任意大小的给定电流), $\theta=0$ 的矢量电压时, 三相电流状态 i_A 、 i_B 、 i_C 为 $i_A = \frac{2}{3} I_N$, $i_B = i_C = -\frac{1}{3} I_N$, 电机永磁体在电枢磁场效应下转到与 A 轴、 α 轴、d 轴三轴重合的位置, 电机永磁体在电枢磁场效应下转到与 A 轴、 α 轴、d 轴三轴重合的位置。直流制动时电机的电流表征为电流从 A 相进电机并从 BC 相出电机。

[0026] 三、系统每次断电时, 将当前的转子位置角存储到外部 eeprom 存储器里面, 再次

上电时作为电机初始角用于计算转子位置角,这样就避免了每次上电都要重新辨识初始角的麻烦。

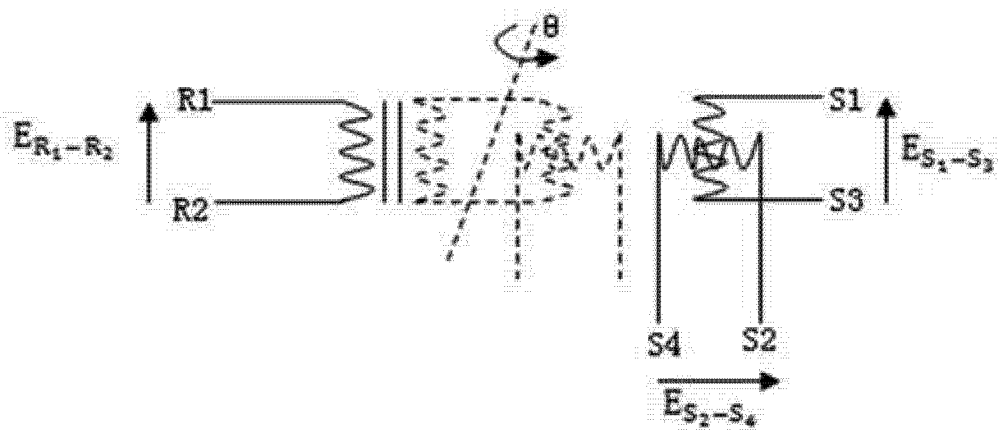


图 1

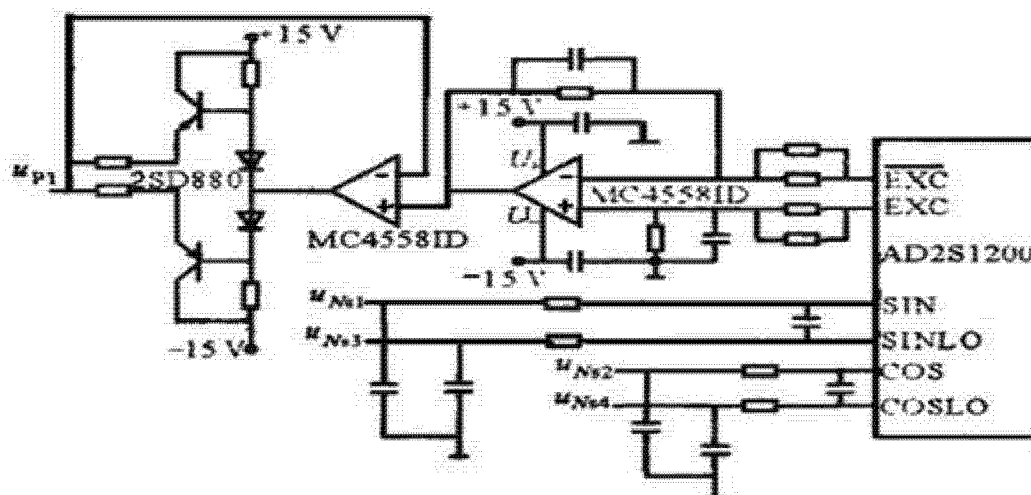


图 2

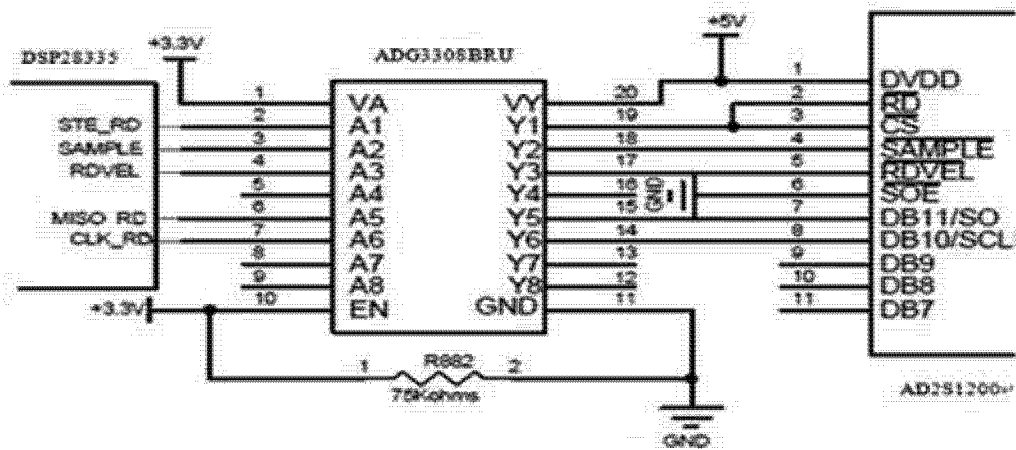


图 3

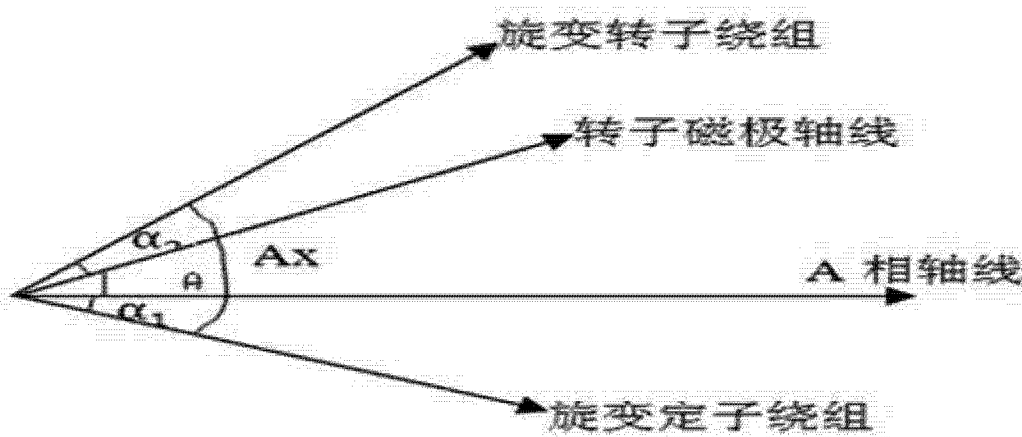


图 4

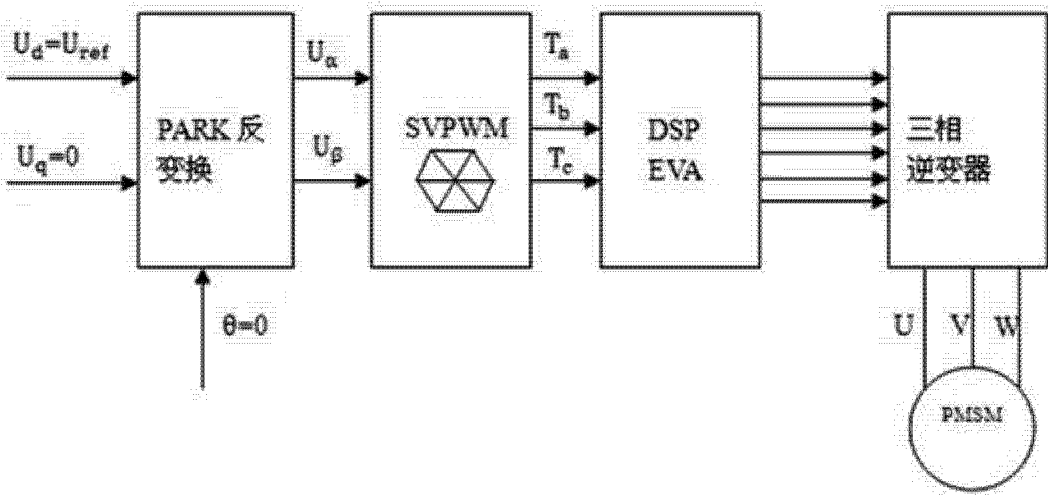


图 5