



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106849804 A

(43)申请公布日 2017.06.13

(21)申请号 201710249453.1

(22)申请日 2017.04.17

(71)申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西
大直街92号

(72)发明人 王高林 杨雷 赵楠楠 张国强
徐殿国

(74)专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事
务所 23109

代理人 岳昕

(51)Int.Cl.

H02P 21/18(2016.01)

H02P 21/04(2006.01)

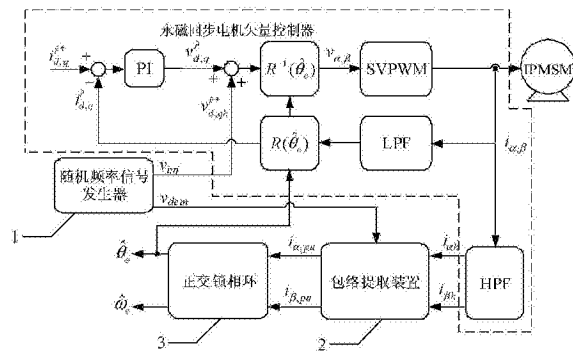
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器

(57)摘要

为了解决现有基于高频信号注入法内置式永磁同步电机无传感器控制中,产生噪音的问题,提供一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,属于电机控制领域。本发明包括:随机频率信号发生器,用于产生频率相同且相位正交的随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} ;包络提取装置,用于根据随机频率解调信号 v_{dem} ,提取 α 轴高频电流 $i_{\alpha h}$ 和 β 轴高频电流 $i_{\beta h}$ 的包络线,获得 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$;正交锁相环3,用于根据 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$,估计出转子的位置。本发明可以广泛的应用于内置式永磁同步电机控制系统中,不需要额外硬件,降低噪音效果明显。



1. 一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,其特征在于,所述观测器包括随机频率信号发生器、包络提取装置和一个正交锁相环;

随机频率信号发生器,用于产生随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} ,所述随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 频率相同且相位正交;随机频率注入信号 v_{inj} 输入至永磁同步电机矢量控制器的估计d轴中;随机频率解调信号 v_{dem} 输入至包络提取装置;

永磁同步电机矢量控制器输出的 α 轴高频电流和 β 轴高频电流分别输入至包络提取装置;

包络提取装置,用于根据随机频率解调信号 v_{dem} ,提取 α 轴高频电流 i_{ah} 和 β 轴高频电流 i_{bh} 的包络线,获得 α 轴高频电流包络信号 $i_{a,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{b,pu}$;

正交锁相环,用于根据 α 轴高频电流包络信号 $i_{a,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{b,pu}$,估计出转子的位置。

2. 根据权利要求1所述的一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,其特征在于,所述随机频率信号发生器包括两个固定频率信号发生单元和一个随机选择单元;

第一固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj1} 和一个解调方波信号 v_{dem1} ,所述注入方波信号 v_{inj1} 和解调方波信号 v_{dem1} 频率相同且相位正交;

所述第二固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj2} 和一个解调方波信号 v_{dem2} ,注入方波信号 v_{inj2} 和解调方波信号 v_{dem2} 频率相同且相位正交;

两个固定频率信号发生单元产生的方波信号频率不同;

所述随机选择单元在每一个信号周期对两个固定频率信号发生单元随机选择一次,选择的固定频率信号发生单元产生的注入方波信号和解调方波信号分别作为随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 输出。

3. 根据权利要求1或2所述的一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,其特征在于,所述包络提取装置包括一个双周期滞后单元、第一乘法器、第二乘法器、第一一阶低通滤波器、第二一阶低通滤波器、第一除法单元、第二除法单元和一个 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

随机频率解调信号 v_{dem} 输入至双周期滞后单元,双周期滞后单元的输出同时输入至第一乘法器和第二乘法器;

所述第一乘法器将 α 轴高频电流 i_{ah} 与双周期滞后单元的输出相乘后,输入至第一一阶低通滤波器进行滤波;

所述第二乘法器将 β 轴高频电流 i_{bh} 与双周期滞后单元的输出相乘后,输入至第二一阶低通滤波器进行滤波;

所述第一一阶低通滤波器将输出的滤波信号分别输入至第一除法器和 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

所述第二一阶低通滤波器将输出的波信号分别输入至第一除法器和 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

所述 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元将第一一阶低通滤波器的输出和第二一阶低通滤波器的输出分

别作为输入a和输入b, $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出分别输入至第一除法器和第二除法器;

第一除法器将第一一阶低通滤波器的输出作为被除数, 将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出作为除数, 输出 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$;

第二除法器将第二一阶低通滤波器的输出作为被除数, 将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出作为除数, 输出 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 。

4. 根据权利要求3所述的一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器, 其特征在于, 所述正交锁相环包括第三乘法器、第四乘法器、一个减法器、一个比例积分单元、一个积分单元、一个正弦函数计算单元和一个余弦函数计算单元;

第三乘法器将 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 与正弦函数计算单元的输出相乘后, 输入至减法器的减数端;

第四乘法器将 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 与余弦函数计算单元的输出相乘后, 输入至减法器的被减数端;

所述减法器输出误差信号 ϵ , 并将该误差信号 ϵ 输入至比例积分单元;

所述比例积分单元输出估计转速 $\hat{\omega}_e$, 并将该估计转速 $\hat{\omega}_e$ 输入至积分器;

所述积分器输出估计位置 $\hat{\theta}_e$, 并将该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 同时输入至正弦函数计算单元和余弦函数计算单元, 该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 为正交锁相环估计出的转子的位置。

一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种永磁同步电机转子位置观测器,特别涉及一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,属于电机控制领域。

背景技术

[0002] 近年来,交流电机在工业产品及家用电器中扮演重要的角色。与传统的异步电机相比,永磁同步电机具有高转矩密度,高功率密度的优点,且得益于近些年来永磁材料制备技术的发展,使得其在现代工业中占有重要地位。目前,已出现各种永磁同步电机类型,用于驱动各种生产设备如传送带、机器手臂、起重机、造纸厂及废水处理器等。伴随着功率半导体器件、变频器拓扑、微处理器的发展和进步,永磁同步电机在变速电机控制系统中起着日益重要的作用。

[0003] 为了得到稳定的控制性能,电机的转子位置及转速是必不可少的环节。传统方法是在转子轴上安装速度或位置传感器,目前有光电码盘、旋转编码器和测速发电机等机械速度位置传感器。尽管这些机械传感器具有高精度和高分辨率等优点,然而它们的安装会带来体积增大、系统成本提高、复杂性增加及可靠性下降等诸多问题。因此在过于20年间,各种无位置传感器控制方法被相继提出。根据其适用范围可以分为两类:适用于中高速的反电动势模型法及零低速的高频信号注入法。前者通过构造反电动势观测器,计算得到与转自位置相关的反电动势信号,进而得到转自位置。然而,在低速甚至零速区域,该方法不能有效工作。另一类基于高频信号注入,通过向电机定子注入高频信号,追踪转子凸极,进而得到电机转子位置。

[0004] 高频方波电压信号注入法通过追踪电机凸极,实现零低速的无位置传感器控制方法,可以保证电机在低速域的控制性能。然而,该方法存在缺陷,即高频电流产生的噪音问题,这一缺点使其在工业及家用领域应用受限。传统高频信号注入法使用固定频率的信号注入,使噪声集中于某一频率,产生尖锐刺耳的噪音。

发明内容

[0005] 本发明的目的是为了解决现有基于高频信号注入法内置式永磁同步电机无传感器控制中,产生噪音的问题,本发明提供一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器。

[0006] 本发明的一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,所述观测器包括随机频率信号发生器1、包络提取装置2和一个正交锁相环3;

[0007] 随机频率信号发生器1,用于产生随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} ,所述随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 频率相同且相位正交;随机频率注入信号 v_{inj} 输入至永磁同步电机矢量控制器的估计d轴中;随机频率解调信号 v_{dem} 输入至包络提取装置2;

[0008] 永磁同步电机矢量控制器输出的 α 轴高频电流和 β 轴高频电流分别输入至包络提取装置2;

[0009] 包络提取装置2,用于根据随机频率解调信号 v_{dem} ,提取 α 轴高频电流 $i_{\alpha h}$ 和 β 轴高频电流 $i_{\beta h}$ 的包络线,获得 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$;

[0010] 正交锁相环3,用于根据 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$,估计出转子的位置。

[0011] 优选的是,所述随机频率信号发生器1包括两个固定频率信号发生单元和一个随机选择单元;

[0012] 第一固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj1} 和一个解调方波信号 v_{dem1} ,所述注入方波信号 v_{inj1} 和解调方波信号 v_{dem1} 频率相同且相位正交;

[0013] 所述第二固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj2} 和一个解调方波信号 v_{dem2} ,注入方波信号 v_{inj2} 和解调方波信号 v_{dem2} 频率相同且相位正交;

[0014] 两个固定频率信号发生单元产生的方波信号频率不同;

[0015] 所述随机选择单元在每一个信号周期对两个固定频率信号发生单元随机选择一次,选择的固定频率信号发生单元产生的注入方波信号和解调方波信号分别作为随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 输出。

[0016] 优选的是,所述包络提取装置2包括一个双周期滞后单元、第一乘法器、第二乘法器、第一一阶低通滤波器、第二一阶低通滤波器、第一除法单元、第二除法单元和一个 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

[0017] 随机频率解调信号 v_{dem} 输入至双周期滞后单元,双周期滞后单元的输出同时输入至第一乘法器和第二乘法器;

[0018] 所述第一乘法器将 α 轴高频电流 $i_{\alpha h}$ 与双周期滞后单元的输出相乘后,输入至第一一阶低通滤波器进行滤波;

[0019] 所述第二乘法器将 β 轴高频电流 $i_{\beta h}$ 与双周期滞后单元的输出相乘后,输入至第二一阶低通滤波器进行滤波;

[0020] 所述第一一阶低通滤波器将输出的滤波信号分别输入至第一除法器 and $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

[0021] 所述第二一阶低通滤波器将输出的波信号分别输入至第一除法器 and $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元;

[0022] 所述 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元将第一一阶低通滤波器的输出和第二一阶低通滤波器的输出分别作为输入a和输入b, $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出分别输入至第一除法器 and 第二除法器;

[0023] 第一除法器将第一一阶低通滤波器的输出作为被除数,将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出作为除数,输出 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$;

[0024] 第二除法器将第二一阶低通滤波器的输出作为被除数,将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元的输出作为除数,输出 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 。

[0025] 优选的是,所述正交锁相环3包括第三乘法器、第四乘法器、一个减法器、一个比例积分单元、一个积分单元、一个正弦函数计算单元和一个余弦函数计算单元;

[0026] 第三乘法器将 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 与正弦函数计算单元的输出相乘后,输入至减法器的减数端;

[0027] 第四乘法器将 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 与余弦函数计算单元的输出相乘后,输入至减法器的被减数端;

[0028] 所述减法器输出误差信号 ϵ ,并将该误差信号 ϵ 输入至比例积分单元;

[0029] 所述比例积分单元输出估计转速 $\hat{\omega}_e$,并将该估计转速 $\hat{\omega}_e$ 输入至积分器;

[0030] 所述积分器输出估计位置 $\hat{\theta}_e$,并将该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 同时输入至正弦函数计算单元和余弦函数计算单元,该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 为正交锁相环估计出的转子的位置。

[0031] 上述技术特征可以各种适合的方式组合或由等效的技术特征来替代,只要能够达到本发明的目的。

[0032] 本发明的有益效果在于,首先通过随机频率信号发生器1产生相位正交的随机频率注入信号和随机频率解调信号。然后通过永磁同步电机矢量控制器中的逆变器将随机频率注入信号注入到估计d轴中。通过包络提取装置2提取两相静止坐标系下的随机高频电流的包络线,得到与位置相关的正余弦信号。最后通过正交锁相环将对转子的位置进行估计。

[0033] 本发明的随机频率高频信号注入法通过随机切换注入信号的频率,使得噪声的频率分散,从而降低噪音。且简单易行、可靠使用。拓宽了高频信号注入法的实际应用范围,可以广泛的应用于内置式永磁同步电机控制系统中,不需要额外硬件,降低噪音效果明显。

附图说明

[0034] 图1是具体实施方式中随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器的原理结构示意图;其中永磁同步电机矢量控制器为现有控制方案;

[0035] 图2是具体实施方式中所述的随机频率信号发生器的原理结构示意图;

[0036] 图3是具体实施方式中所述的包络提取装置的原理结构示意图;

[0037] 图4是具体实施方式中所述的正交锁相环的原理结构示意图;

[0038] 图5是两相静止轴系、两相同步旋转轴系和三相静止轴系的关系示意图;其中dq表示两相同步旋转坐标系, $\alpha\beta$ 表示两相静止坐标系,ABC表示三相静止坐标系。

具体实施方式

[0039] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动的前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0040] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0041] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明,但不作为本发明的限定。结合图1说明本实施方式,本实施方式所述的一种随机频率高频方波电压注入的永磁同步电机转子位置观测器,本实施方式在现有永磁同步电机矢量控制器的基础上,增加随机频率信号发生器1、包络提取装置2和一个正交锁相环3;

[0042] 如图1所示,永磁同步电机矢量控制器包括减法器、PI比例积分控制器、加法器、 $R^{-1}(\hat{\theta}_e)$ (同步旋转轴系到静止轴系坐标变换)、 $R(\hat{\theta}_e)$ (静止轴系到同步旋转轴系坐标变换)、空间矢量脉宽调制器SVPWM、低通滤波器LPF和高通滤波器HPF;

[0043] $i_{d,q}^*$ 表示两相同步旋转轴系下的定子电流给定值;

[0044] $i_{d,q}^f$ 表示两相同步旋转轴系下的定子电流反馈值;

[0045] $v_{d,qh}^*$ 表示两相同步旋转轴系下的高频方波电压信号;

[0046] $v_{\alpha,\beta}$ 表示两相静止坐标系下的电压;

[0047] $i_{\alpha,\beta}$ 表示两相静止坐标系下的电流;

[0048] 随机频率信号发生器1,用于产生随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} ,所述随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 频率相同且相位正交;

[0049] 随机频率注入信号 v_{inj} 输入至永磁同步电机矢量控制器的估计d轴中;随机频率解调信号 v_{dem} 输入至包络提取装置2;

[0050] 本实施方式中,通过随机频率信号发生器1产生随机频率注入信号,通过永磁同步电机矢量控制器的逆变器向内置式永磁同步电机IPMSM中注入随机频率高频电压信号;电机的电流中含有基波成分与随机频率成分。通过高通滤波器HPF对电机的随机高频电流进行提取,获得 α 轴高频电流 i_{ah} 和 β 轴高频电流 i_{bh} 。

[0051] 如图1所示,本实施方式的包络提取装置2设置了 α 轴高频电流 i_{ah} 输入端口、 β 轴高频电流 i_{bh} 输入端口和随机频率解调信号 v_{dem} 输入端口、 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 输出端口和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 输出端口;

[0052] 包络提取装置2,用于根据随机频率解调信号 v_{dem} ,提取静止两相坐标系下 α 轴高频电流 i_{ah} 和 β 轴高频电流 i_{bh} 的包络线,获得 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$;

[0053] 如图1所示,本实施方式的正交锁相环3设置了 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 输入端口、 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 输入端口、估计转速 $\hat{\omega}_e$ 输出端口和估计位置 $\hat{\theta}_e$ 输出端口;

[0054] 正交锁相环3,用于根据 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$,估计出转子的位置。

[0055] 本实施方式从 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 与 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 中提取转子位置 $\hat{\theta}_e$,进而估计出转子的位置。

[0056] 优选实施例中,如图2所示,本实施方式的随机频率信号发生器1包括两个固定频率信号发生单元和一个随机选择单元;

[0057] 第一固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj1} 和一个解调方波信号 v_{dem1} ,该注入方波信号 v_{inj1} 和解调方波信号 v_{dem1} 频率相同且相位正交;

[0058] 第二固定频率信号发生单元,用于产生一个注入方波信号 v_{inj2} 和一个解调方波信号 v_{dem2} ,该注入方波信号 v_{inj2} 和解调方波信号 v_{dem2} 频率相同且相位正交;

[0059] 两个固定频率信号发生单元产生的方波信号频率不同;

[0060] 本实施方式的随机选择单元在每一个信号周期对两个固定频率信号发生单元随机选择一次,选择的固定频率信号发生单元产生的注入方波信号和解调方波信号分别作为

随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} 输出。

[0061] 本实施方式的随机频率信号发生器1在每一个信号周期随机选择一次随机频率注入信号 v_{inj} 和随机频率解调信号 v_{dem} ,随机切换注入信号 v_{inj} 的频率,使得电机的高频电流产生的噪声的频率分散,从而降低噪音。

[0062] 优选实施例中,如图3所示,本实施方式的包络提取装置2包括一个双周期滞后单元2-1、第一乘法器2-2、第二乘法器2-3、第一一阶低通滤波器2-4、第二一阶低通滤波器2-5、第一除法单元2-6、第二除法单元2-7和一个 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8;

[0063] 随机频率解调信号 v_{dem} 输入至双周期滞后单元2-1,双周期滞后单元2-1的输出同时输入至第一乘法器2-2和第二乘法器2-3;

[0064] 第一乘法器2-2将 α 轴高频电流 i_{ch} 与双周期滞后单元2-1的输出相乘后,输入至第一一阶低通滤波器2-4进行滤波;

[0065] 第二乘法器2-3将 β 轴高频电流 i_{bh} 与双周期滞后单元2-1的输出相乘后,输入至第二一阶低通滤波器2-5进行滤波;

[0066] 第一一阶低通滤波器2-4将输出的滤波信号分别输入至第一除法器2-6和 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8;

[0067] 第二一阶低通滤波器2-5将输出的滤波信号分别输入至第一除法器2-7和 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8;

[0068] 本实施方式的 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8将第一一阶低通滤波器2-4的输出和第二一阶低通滤波器2-5的输出分别作为输入a和输入b, $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8的输出分别输入至第一除法器2-6和第二除法器2-7;

[0069] 第一除法器2-6将第一一阶低通滤波器2-4的输出作为被除数,将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8的输出作为除数,输出 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$;

[0070] 第二除法器2-7将第二一阶低通滤波器2-5的输出作为被除数,将 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8的输出作为除数,输出 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 。

[0071] 本实施方式给出了包络提取装置2的具体结构,该包络提取装置2首先通过双周期滞后单元2-1、第一乘法器2-2、第二乘法器2-3和第一一阶低通滤波器2-4、第二一阶低通滤波器2-5初步得到包络电流信号。为了进一步提高转子位置精度,使用第一除法器2-6、第二除法器2-7和 $\sqrt{a^2+b^2}$ 计算单元2-8计算得到精度较高的包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 和 $i_{\beta,pu}$ 。不仅如此,该实施方式所包含的双周期滞后单元2-1可以有效抑止数字系统延时影响。总体上,该装置可以从 α - β 轴静止坐标系的随机高频电流信号中解调出正余弦包络信号。使之为后面的正交锁相环3装置做初步处理。

[0072] 优选实施例中,如图4所示,本实施方式正交锁相环3包括第三乘法器3-1、第四乘法器3-2、一个减法器3-3、一个比例积分单元3-6、一个积分单元3-7、一个正弦函数计算单元3-4和一个余弦函数计算单元3-5;

[0073] 第三乘法器3-1将 α 轴高频电流包络信号 $i_{\alpha,pu}$ 与正弦函数计算单元3-4的输出相乘后,输入至减法器3-3的减数端;

[0074] 第四乘法器3-2将 β 轴高频电流包络信号 $i_{\beta,pu}$ 与余弦函数计算单元3-5的输出相乘

后,输入至减法器3-3的被减数端;

[0075] 减法器3-3输出误差信号 ε ,并将该误差信号 ε 输入至比例积分单元3-6;

[0076] 比例积分单元3-6输出估计转速 $\hat{\omega}_e$,并将该估计转速 $\hat{\omega}_e$ 输入至积分器3-7;

[0077] 积分器3-7输出估计位置 $\hat{\theta}_e$,并将该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 同时输入至正弦函数计算单元3-4和余弦函数计算单元3-5,该估计位置 $\hat{\theta}_e$ 和估计转速 $\hat{\omega}_e$ 表示正交锁相环3估计出的转子的位置。

[0078] 本实施方式给出了正交锁相环3的具体结构,该正交锁相环3的输入信号为 α 轴高频电流包络信号和 β 轴高频电流包络信号,输出信号为估计位置 $\hat{\theta}_e$ 和估计转速 $\hat{\omega}_e$ 。首先通过乘第三乘法器3-1、第四乘法器3-2、减法器3-3,正弦函数计算单元3-4和余弦函数计算单元3-5提取出转子位置误差信号 ε 。使用比例积分单元3-6和积分单元3-7将转子位置误差信号 ε 调整至0,则估计位置 $\hat{\theta}_e$ 将收敛到实际转子位置,实现对转子位置的估计。正交锁相环结构简单,且鲁棒性强,可以实现对转子位置的估计。

[0079] 虽然在本文中参照了特定的实施方式来描述本发明,但是应该理解的是,这些实施例仅仅是本发明的原理和应用的示例。因此应该理解的是,可以对示例性的实施例进行许多修改,并且可以设计出其他的布置,只要不偏离所附权利要求所限定的本发明的精神和范围。应该理解的是,可以通过不同于原始权利要求所描述的方式来结合不同的从属权利要求和本文中所述的特征。还可以理解的是,结合单独实施例所描述的特征可以使用在其他所述实施例中。

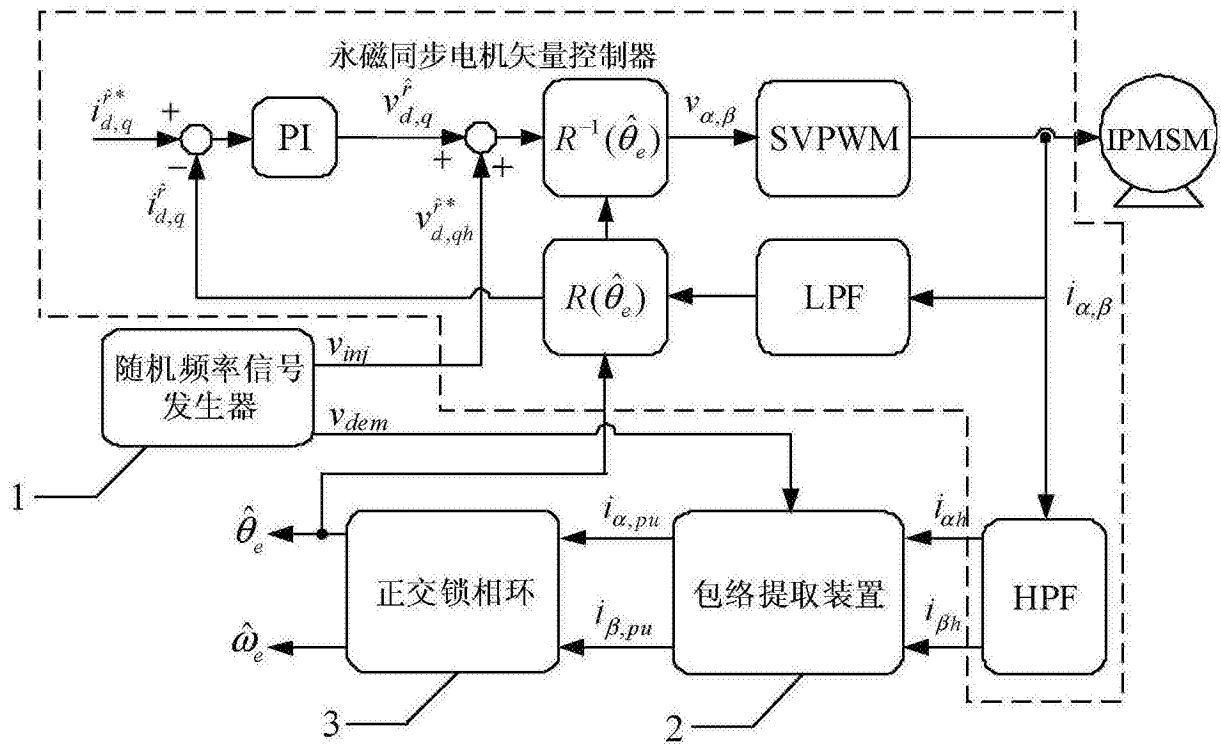


图1

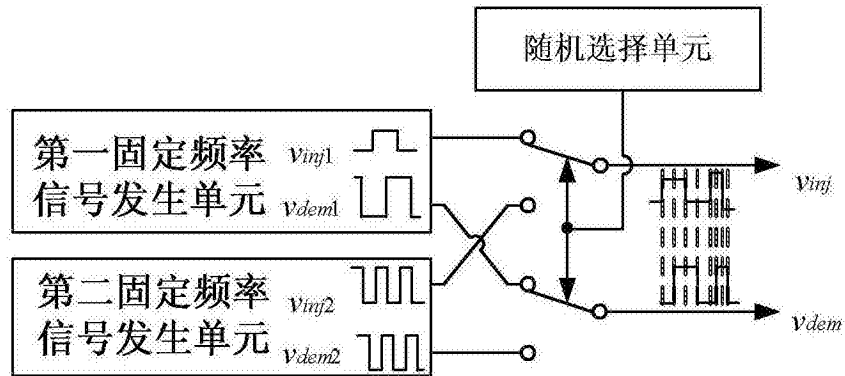


图2

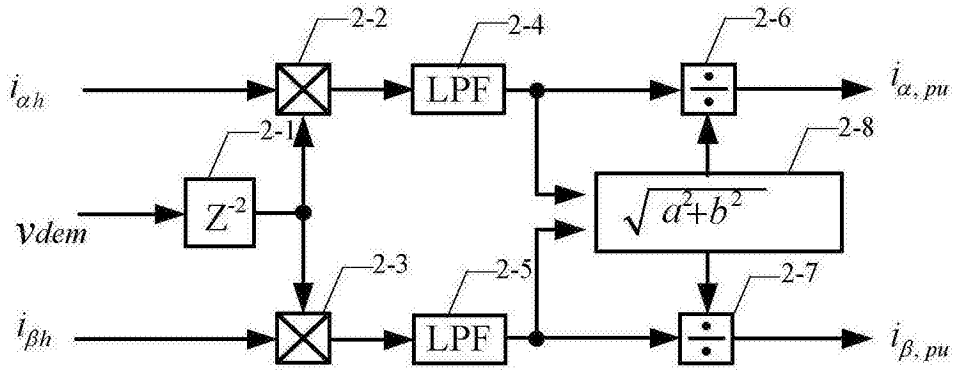


图3

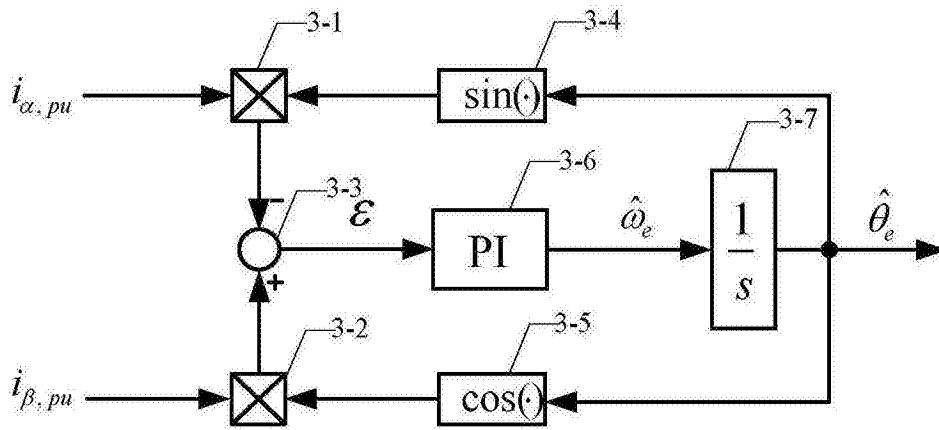


图4

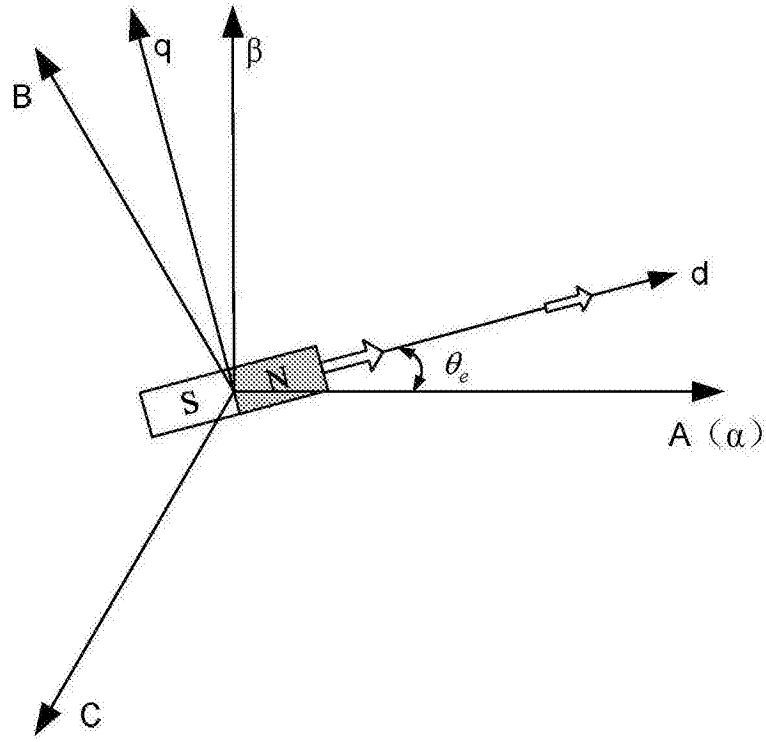


图5