

文章编号: 1005—0523(2009)01—0067—04

转差频率矢量控制仿真研究

彭伟发, 徐晓玲, 邹 娟

(华东交通大学 电气学院, 江西 南昌 330013)

摘要:在基于转子磁场定向的旋转坐标系下,建立了不带磁通闭环的只带转速闭环的交流异步电机转差频率矢量控制系统仿真模型,实现了交流异步电机的解耦控制.转速闭环采用带限幅的 PI 调节器,主电路采用电流滞环控制 PWM 逆变器.仿真结果表明,转差频率矢量控制系统具有良好的动静态性能.

关 键 词:异步电机;转差频率矢量控制;解耦控制

中图分类号: TM301.2

文献标识码: A

鉴于直接转子磁场定向矢量控制系统较为复杂、磁链反馈信号不易准确获取的缺点,借鉴矢量控制的思想和方法,应用稳态转差频率,得到转子磁场的位置,即转差频率矢量控制的方法.

该控制原理的出发点是,异步电机的转矩主要取决于电机的转差频率.在运行状态突变的动态过程中,电机的转矩之所以出现偏差,是因为电机中出现了暂态电流,它阻碍着运行状态的突变,影响了动作的快速性.如果在控制过程中,只要能使电机定子、转子或气隙磁场中有一个始终保持不变,电机的转矩就和稳态时工作一样,主要由转差率决定.按照这个想法,在转子磁通定向矢量方程中,如果仅考虑转子磁通的稳态方程式,就可以从转子磁通直接得到定子电流 m 轴分量的给定值,再通过对定子电流的有效控制,就形成了转差频率矢量控制,避免了磁通的闭环控制.这种控制方法也称为间接磁场定向矢量控制,不需要实际计算转子磁链的幅值和相位,用转差频率和量测的转速相加后积分来估计磁通相对于定子的位置,结构相对比较简单,所能获得的动态性能基本上可以达到直流双闭环控制系统的水平,得到了较多的推广应用.

1 两相旋转坐标系到三相静止坐标系 ($2 r/3 s$) 变换

两相旋转坐标系到两相静止坐标系的变换阵为

$$C_{2r/2s} = \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix}$$

二相静止坐标系变换到三相静止坐标系的变换阵,按照变换前后功率不变的原则可以导出

$$C_{2s/3s} = \sqrt{2/3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & \sqrt{3}/2 & 1/\sqrt{2} \\ -1/2 & -\sqrt{3}/2 & 1/\sqrt{2} \end{bmatrix}$$

两相旋转坐标系到三相静止坐标系变换的模块图如图 1.

收稿日期: 2008—07—10

基金项目: 华东交通大学科研基金资助项目 (08DQ02)

作者简介: 彭伟发 (1975—), 男, 湖南株洲人, 讲师, 研究方向为电力电子与电气传动.

2 系统模型的建立

三相交流异步电机是高阶、非线性、强耦合的多变量系统,为了使其得到线性、解耦的系统,应用矢量坐标变换的方法,通过三相静止坐标系到两相静止坐标系的变换,再到两相旋转的变换,得到给予磁场定向的解耦方程.

两相旋转坐标系可以定向在定子磁场、转子磁场或气隙磁场方向,但是在基于定子磁场或气隙磁场方向的解耦都是不完全的,只有定向在转子磁场方向的解耦,才能得到完全的解耦.

交流异步电机在基于转子磁场定向的 m_t 旋转坐标系下的电压方程:

$$\begin{bmatrix} u_{m1} \\ u_{t1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + L_s p & -\omega_1 L_s & L_m p & -\omega_1 L_m \\ \omega_1 L_s & R_1 + L_s p & \omega_1 L_m & L_m p \\ L_m p & 0 & R_2 + L_r p & 0 \\ \omega_s L_m & 0 & \omega_s L_r & R_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{m1} \\ i_{t1} \\ i_{h1} \\ i_{h2} \end{bmatrix} \tag{1}$$

式中: $R_1、L_s$ ——定子绕组电阻和电感;
 $R_2、L_r$ ——转子绕组电阻和电感;
 L_m ——定、转子绕组之间的互感;
 $\omega_1、\omega_s$ ——电源频率、转差频率.

由式 (1)第三行得:

$$0=R_2 i_{h2} + p(L_m i_{h1} + L_r i_{h2}) \tag{2}$$

又有

$$\psi_2 = L_m i_{h1} + L_r i_{h2} \tag{3}$$

由 (2)、(3)可得:

$$i_{h1} = \frac{T_2 p + 1}{L_m} \psi_2 \tag{4}$$

式中: T_2 ——转子励磁时间常数, $T_2 = L_r / R_2$

由式 (4)可知, ψ_2 与 i_{h1} 之间的传递函数是一阶惯性,这和直流电动机励磁特性是相似的.当 ψ_2 到达稳定时, $p\psi_2 = 0$,因而, $\psi_2 = L_m i_{h1}$,所以

$$i_{h1} = \frac{\psi_2}{L_m} \tag{5}$$

由于转差频率矢量控制系统为保持磁通恒定的控制,故设 i_{h1} 为常数,由式 (5)确定.

转矩方程:

$$T_e = p_m L_m (i_{t1} i_{h2} - i_{h1} i_{t2}) = p_m L_m i_{h1} / L_r = p_m \frac{L_m}{L_r} i_{h1} \psi_2 \tag{6}$$

式中: p_m ——转子极对数;
 ψ_2 ——转子磁链;

运动方程:

$$T_e - T_l = \frac{J d\omega}{n_p dt} \tag{7}$$

式中: J ——转动惯量;
 ω ——转子电角速度;

系统仿真模型如图 2

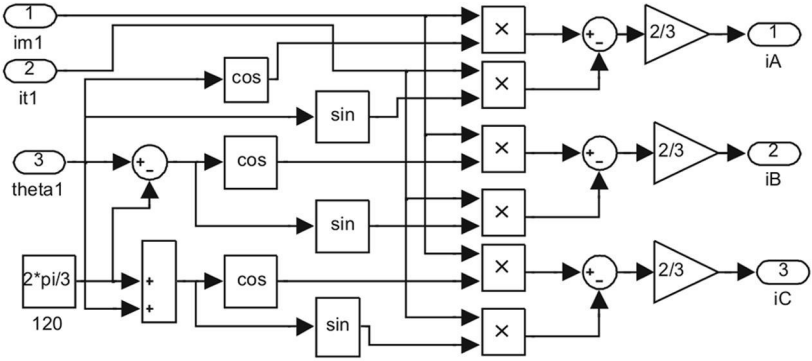


图 1 2r/3s变换模块图

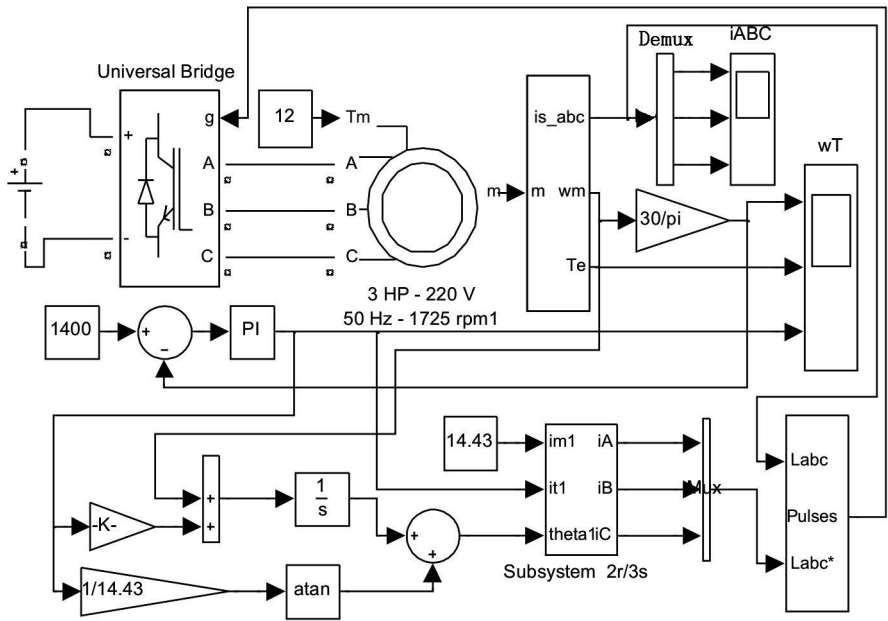


图 2 系统仿真模型

3 仿真结果

在该模型的仿真测试中,交流异步电机参数为:相电压为 220 V,定子相绕组电阻 $R_s=0.435\ \Omega$,定子绕组自感 $L_s=2\text{ mH}$,转子绕组电阻 $R_r=0.816\ \Omega$,转子绕组自感 $L_r=2\text{ mH}$,定、转子间互感 $L_m=69.31\text{ mH}$,转动惯量 $J=0.089\text{ kg}\cdot\text{m}^2$,额定转速 $n_N=1\ 500\text{ rpm}$,极对数 $p=2$

仿真当中突加减转速、突加减负载步骤为,启动时,给定 1 400 r/m in 的转速,负载转矩为 12 从转速的波形来看,上升时间较短,这说明了电动机启动性能较好,电动机很快完成了全压启动过程.在 0.5 s 时转速与转矩达到稳定;在 1.4 s 时将负载转矩突减为 2 Nm,在 2 s 将负载转矩突加为 12 Nm,在 3 s 时将给定转速减为 100 r/m in,系统在 3.5 s 时在新的转速下达到稳定,在 5 s 时将给定转速又改为 1 400 r/m in,电机转速在 5.5 s 时达到稳定.电动机动态仿真过程中的转速、转矩以及转矩电流分量 i_d 变化曲线如图 3 所示,定子电流 i_s 如图 4 所示.从仿真波形可以看出矢量控制系统性能比较优越,系统稳定性能较好,转矩电流分量 i_d 很好的控制了转矩.

4 结论

在基于转子磁场定向的旋转坐标系下,建立了不带磁通闭环的只带转速闭环的交流异步电机转差频率矢量控制系统仿真模型,实现了交流异步电机的解耦控制.仿真结果表明,转差频率矢量控制系统具有良好的动静态性能.

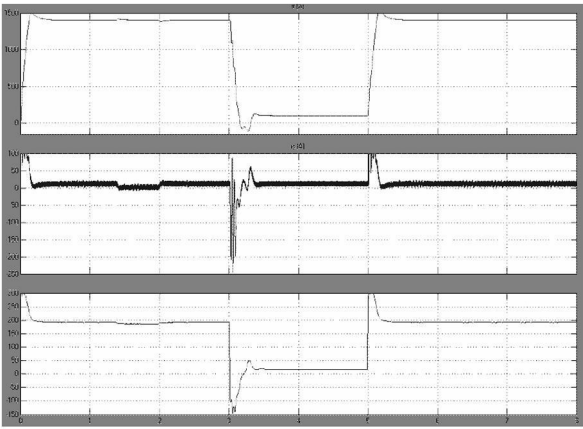


图 3 电机转速、转矩以及电流 i_d 波形

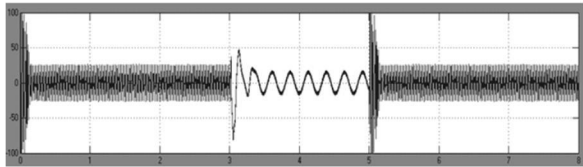


图 4 电机定子电流 i_s 波形

参考文献:

[1] 陈伯时,陈敏逊.交流调速系统(第2版)[M].北京:机械工业出版社,2005,169—209.
[2] 白继荣,李桥梁,黎志光.带转矩和磁链内环的交流异步电机矢量控制系统仿真[J].电机技术,2008,(2):1—4.

Simulation of SF Vector Control

PENG Wei-fa, XU Xiao-ling, ZOU Juan

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Based on the rotor flux-oriented coordinate simulation model of AC motor control system without flux closed-loop is established and its decoupling control is realized. The PI controller with limited amplitude is adopted in speed loop. Hysteretic-current-loop PWM inverter is its main circuit. A promising result has been testified of this system by the simulation result.

Key words: AC motor; slip frequency vector control; decoupling control

(责任编辑:王建华)

(上接第 46 页)

Improvem ent of Single-phase M atrix C onverter Based on Sim ulink

W ANG Jian-hua, GAO Hai-sheng

(School of Electrical and Electronic Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The output wave shape is obtained based on the single-phase matrix converter principle. Reasons of the output wave shape distortion are analyzed. The improving methods and the improving circuit diagram are proposed. Finally the output wave shape of single-phase matrix converter ideal is obtained by the simulink modeling simulation. It is shown that the AC-AC converter has good features such as unlimited output frequency, input and output electrical current approach sine wave etc. With good developing foreground, it deserves further researching.

Key words: single-phase matrix converter; distortion; modeling and simulating

(责任编辑:吴泽九)