主要体现：利用电机的物理特性来获取换向信号，主要有反电动势过零检测方法、反电动势三次谐波积分检测法、续流二极管检测法、磁链估计法、扩展卡尔曼滤波法。

Mukherjee 等人 [7J 基于反电动势过零检测的原

理提出了无传感器控制的新策略，利用硬件电路获

得换相信号，运算要求低、戚本低廉、运行可靠，但无

法解决低速或启动状态下电机转子的定位，启动需

借助位置编码器实现;邹继斌等人 [8J 提出了单一霍

尔位置检测的方法，减少了电机中霍尔传感器的数

目，但只适合于稳速系统，应用受到限制;夏长亮等

人 [9J 采用扰动观测器检测无刷直流电机的反电动势

过零点，运算负荷轻、位置和转速解调控制，但其需

要 60 0的时延，无法用纯硬件方法实现;韦鲤等人 [10J

采用三次谐波法检测转子位置，无需深度滤波，从理

论上验证了实现零启动的可能性，但该方法运算要

求高，并且在转速低于一定值时，三次谐波严重畸变，

无法正确识别转子位置;如j毅等人 [1 1-12J 基于转子凸极

跟踪的转子空间位置检测方法准确地观测出了转子

的空间位置和速度，但存在高速 DSP 运算处理负荷

过重以及低速位置的检测误差.

本方法优点：基于反电动势过零检测原理实现零启动的纯硬件方法，系统采用纯硬件电路设计，响应时间短，运算负荷低，具有低成本，高可靠性、零启动、90度硬件时延。

1. 反电动势过零检测

基本原理：每相绕组单周期正反相分别导通120度，并且在任何时刻三相中只有两相同时导通，通过测量三相绕组端子及中性点的电位，当另一相点电位与中性点电位相等时，即为该未导通相的反电动势过零点，再过 30 0 电角度时延进行电子换

相 [13J 永酷同步电机任意一相等效电路如图 1 所示.