

文章编号:1000-9779(2002)04-0012-03

# 无传感器无刷直流电机最佳触发信号的获取

曹荣昌

(长沙交通学院 计算机工程系, 湖南长沙 410076)

**摘要:** 论述了怎样通过线反电势过零点来获取定子最佳换相信号, 给出了实用电路, 并提出了通过埋置测试线圈来获取换相信号的新方法。

**关键词:** 无刷直流电机; 换相信号; 电路; 测试线圈

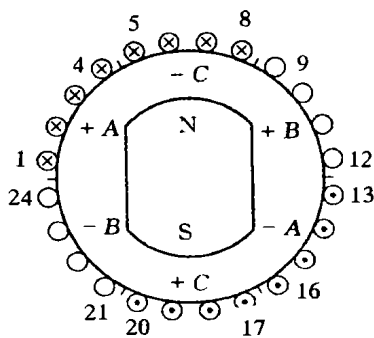
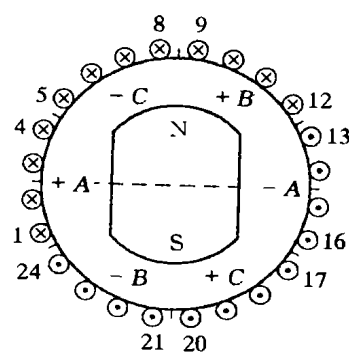
**中图分类号:** TM351 **文献标识码:** A

传统无刷直流电机一般都采用转子位置传感器来获取定子绕组的换相信号。对于三相桥式无刷直流电机, 至少需要3个位置传感器, 这样不但增加了电机的设计成本, 而且增加了电机安装难度。又由于有的传感器(如霍尔元件)对温度、噪声比较敏感, 这将导致电机可靠性降低。因此, 人们一直在探求怎样去掉传感器, 从一些已知量中获取转子位置信号。目前, 这个问题已基本解决。本文就常用反电势法获取最佳换相信号做一些探讨。

## 1 转子最佳位置的确定

图1所示为 $120^\circ$ 方波无刷直流电机原理。由于每相绕组导通 $120^\circ$ , 为了使绕组导通期间始终处于最大气隙磁密下, 在图示位置触发A相, 关断B相最佳<sup>[1]</sup>。从这个位置可以看到, A相最佳触发位置滞后A相绕组电动势过零时刻 $30^\circ$ 。

图2所示为 $180^\circ$ 方波无刷直流电机原理。由于每相绕组导通 $180^\circ$ , 为了使绕组导通期间始终处于最大气隙磁密下, 在图示位置使A相绕组电流换相最佳<sup>[1]</sup>。从图中可以看到, 这时A相绕组电动势恰好过零。

图1  $120^\circ$ 方波无刷直流电机原理图图2  $180^\circ$ 方波无刷直流电机原理图

## 2 绕组换相信号的获取

从上面分析可知, 有了最佳触发位置, 在此位置放置一传感器, 就可以获取定子绕组的换相信息。

收稿日期: 2002-01-21

作者简介: 曹荣昌(1966—), 男, 硕士, 长沙交通学院讲师。

由于传感器的引入有种种弊端,人们渴望去掉传感器,通过别的途径获取转子位置信息。这里我们介绍反电势法。所谓反电势法,就是捕捉定子绕组反电势过零时刻来间接获取转子位置信息。如图 3 所示三相无刷直流电机驱动电路中,  $E_a$ 、 $E_b$ 、 $E_c$  及  $i_a$ 、 $i_b$ 、 $i_c$  分别为  $120^\circ$  方波无刷直流电机的感生电动势和绕组电流,  $V_a$ 、 $V_b$ 、 $V_c$  为绕组端电压,  $V_n$  为中性点电压, 则有:

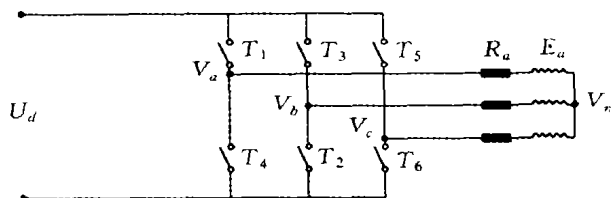


图 3 无刷直流电机驱动电路图

$$\left. \begin{aligned} V_a &= R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a + V_n \\ V_b &= R_b i_b + L_b \frac{di_b}{dt} + E_b + V_n \\ V_c &= R_c i_c + L_c \frac{di_c}{dt} + E_c + V_n \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$V_a + V_b + V_c = R(i_a + i_b + i_c) + L \left( \frac{di_a}{dt} + \frac{di_b}{dt} + \frac{di_c}{dt} \right) + E_a + E_b + E_c + 3V_n \quad (2)$$

为了便于说明,选择  $T_5$ 、 $T_6$  导通时绕组通电情况分析,这时 A 相断开, B、C 相导通,  $i_c = -i_b$ , 由图 1 可知,当  $E_a$  处于零值附近时,有:

$$L \frac{di}{dt} = 0 \quad E_b = -E_c \quad V_a = E_a + V_n \quad (3)$$

这时,  $V_a + V_b + V_c = E_a + 3V_n = E_a + 3(V_a - E_a) = 3V_a - 2E_a$ , 得:

$$E_a = \frac{1}{2}[3V_a - (V_a + V_b + V_c)] \quad (4)$$

由图 3 可知,  $V_c = U_d$ ,  $V_b = 0$ , 故

$$E_a = V_a - U_d/2 \quad (5)$$

由于  $V_a$ 、 $U_d$  都可以检测到,  $E_a$  过零点只需检测(4)或(5)式过零点即可。  $E_a$  过零点,意味着转子磁场轴线和电枢 A 相绕组平面的法线重合,捕捉住这个零电压就知道了转子轴线位置。由图 1 知,电机最佳换相位置并不在反电势过零点处,而是滞后其  $30^\circ$ 。怎样准确判定 A 相反电势过零后转子在什么时刻转过  $30^\circ$  是比较困难的,因为转子转速有快有慢,这也说明要得到定子最佳换相信号是比较困难的。因此,有人提出了各种接近  $30^\circ$  的方法,如利用 RC 电路实现绕组的自适应延时换相。本文从另一个角度提出两种方法。

方法 1,仔细观察图 1,在开通 A 相关断 B 相前瞬时,反电势虽不为零,但线电势  $E_{ab} = E_a - E_b$  为零,又知

$$\begin{aligned} V_a &= E_a + V_n & V_b &= i_b R_b + E_b + V_n \\ E_a - E_b &= E_{ab} = V_a - V_b + i_b R_b \approx V_{ab} \end{aligned}$$

由于  $R_b$  很小,故  $E_{ab} \approx V_{ab}$ 。

检测线电压过零点的电路有多种,下面介绍一种如图 4 所示的简单易行的检测电路<sup>[2]</sup>。它的基本原理如下:当  $S_{ab}$  为高电平时,RS 触发器置 1;当换相出现干扰时,可能导至 RS 触发器置 0 这一误动作,但同或门  $P_{ab}$  恰好在这时输出低电平,使两个与门输出低电平,RS 呈维持 1 状态,从而消去了干扰的影响。

方法 2,埋置测试线圈,在定子绕组对应的最佳换相时刻,使测试线圈反电势恰好过零点,通过检测测试线圈的反电势过零点获取最佳换相信息。这个方法有一个很大的优点,即信号不会因换相带来尖峰电势,这样可以去掉检测电路中的低通滤波器,避免了低通滤波器造成的相位延时。另外,这个方法工艺上也不难实现。

对  $180^\circ$  方波无刷直流电机,由于其最佳换相点就是相电势过零点。因此获取最佳换相信号较  $120^\circ$

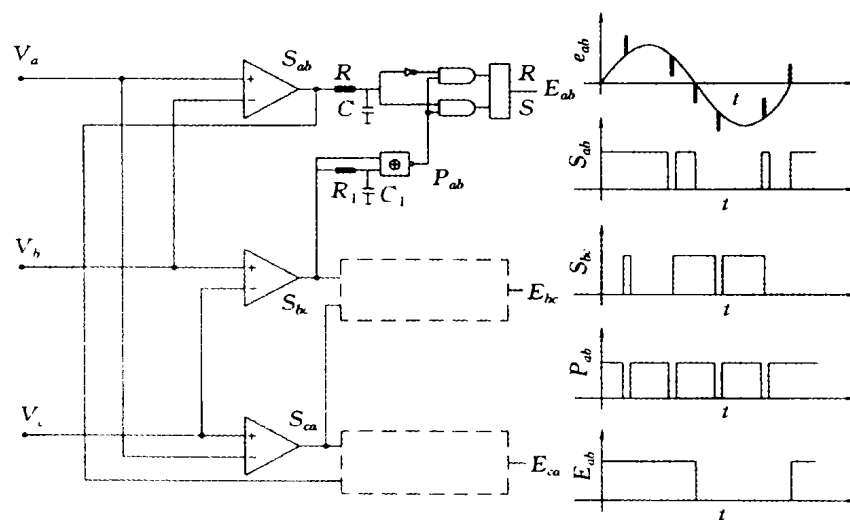


图 4 反电势检测线路

方波电机容易,处理方法也类似。

### 3 结 语

本文比较详细地论述了反电势法的原理,获取最佳换相信号的方法,以及检测电路的实现。反电势法最大的优点是简单、实用。最大的缺点是转子不动时没有反电势,当然也无法检测到反电势过零信号,因此采用反电势换相的无刷直流电机必须另外解决起动问题。由于反电势法的这一缺点,人们又提出了定子三次谐波法、电流通路监视法来获取定子换相信号,这些方法的原理可参见相关资料。

#### 参考文献:

- [1] 曹荣昌. 无刷直流电机最佳触发位置选择[J]. 电机技术, 2002(1).
- [2] 范承志. 一种无位置传感器无刷直流电机驱动电路[J]. 微电机, 2001(3).

## Acquisition of Optimum Commutation Signal in a Sensorless Brushless DC Motor

CAO Rong-chang

(Computer Engineering Department, Changsha Comm. Univ., Changsha 410076, China)

**Abstract:** In this paper, the author focuses on how to get the optimum commutation signal in stator coil according to back EMF and puts forwards a new method to get the optimum commutation signal through installing sensitive coil.

**Key words:** brushless DC motor; commutation signal; electrical circuit; measure coil