



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810051306.4

[43] 公开日 2009 年 3 月 25 日

[11] 公开号 CN 101393231A

[22] 申请日 2008.10.22

[21] 申请号 200810051306.4

[71] 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路 16 号

[72] 发明人 白 越 吴一辉 武俊锋

[74] 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所

代理人 赵炳仁

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 2 页

[54] 发明名称

对电机进行快速的高精度测速方法

[57] 摘要

本发明涉及快速的高精度测速方法，特别是一种对电机进行快速的高精度测速方法。通过对被测电机霍尔信号的标定，实现了利用电机旋转过程中的一小段信号准确获得电机的转速。在稳速条件下，对被测电机旋转一周的过程中产生的三个霍尔信号长度大小关系进行标定，用来判断实际运转过程中霍尔元件和不同磁极的对应关系，同时完成电机运转过程中霍尔信号对应磁极的追踪定位。本方法的最大优点是只需要利用电机旋转一周过程中产生的一小段信号，就可以精确获得电机转速，实现了快速的高精度速度测量。

1. 一种对电机进行快速的高精度测速方法，其特征在于按以下步骤进行：

a. 在外加高精度匀速电机拖动下对霍尔信号进行标定，确定电机旋转一周过程中 A、B、C 三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号波形，在稳速下测量三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间 $t_1 \sim t_{18}$ ， t 为电机转动一周所用的时间—简称周期；

b. 算出步骤 a 测得三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间 $t_1 \sim t_{18}$ 各自占整个周期 t 的百分比 $d_i = \frac{t_i}{t}$ ，式中 $i = 1 \sim 18$ ；

c. 在电机进入正常的工作状态之前，根据测得的数据关系，完成霍尔信号与对应磁极的追踪，由此从下一时刻起可以判断每次测得的时间长度为 $t_1 \sim t_{18}$ 中的归属关系，进入正常运转状态的测速过程；

d. 当测得 $t_1 \sim t_{18}$ 中的任何一个值时，利用事先测量好的比例关系就可以准确的计算出电机旋转一周所用时间： $T = \frac{t_i}{d_i}$ ，其中 t_i 为实际运转过程中测量得到的 $t_1 \sim t_{18}$ 中的某一个， d_i 为该时间段对应的比例，从而可以计算电机转速为： $n = \frac{6d_i}{t_i}$ ，若时钟频率为 f_c ， t_i 时间段内测得的时钟脉冲为 m ，电机转速为： $n = \frac{60d_i \cdot f_c}{m}$ 。

对电机进行快速的高精度测速方法

技术领域

本发明涉及快速的高精度测速方法，特别是一种对电机进行快速的高精度测速方法。

背景技术

在工程实践中，经常会遇到各种需要测量转速的场合，例如在发动机、电动机、卷扬机、机床主轴等旋转设备的试验运转和控制中，常需要分时或连续测量、显示其转速或瞬时转速。目前，常用的数字式转速测量方法主要有三种，分别是 M 法（频率法）、T 法（周期法）和 M/T 法（频率/周期法）。M 法是在既定的检测时间内，测量所产生的转速脉冲信号的个数来确定转速，适合于高速测量；T 法是测量相邻两个转速脉冲信号的时间来测定转速，适合于低速测量；M/T 法是同时测量检测时间和在此时间内的转速脉冲信号的个数来确定转速。

霍尔元件输出波形误差主要由霍尔元件安装误差，转子磁极加工及安装误差影响产生。霍尔元件安装误差只对一路霍尔信号测量时不起作用（因为旋转一周后误差相互抵消），转子磁极加工及安装误差可以通过测量整数圈数使其累加误差为 0。对于具有 N 对永磁转子的无刷直流电机，转过一周每个霍尔元件输出 N 个方波。也就是说每次测量一路霍尔信号的 N 个霍尔波形，则可以使霍尔波形误差带来的测速误差为 0。低速时，通常采用 T 测速测量电机旋转一周的时间。T 测速法即周期测速法，通过测量霍尔传感器发生脉冲的周期来计算电机轴转速的方法。脉冲周期的测量是借助某一时钟频率确定的时钟脉冲来间接获得。若时钟频率为 f_c ，测得的时钟脉冲为 m，则电机

旋转一周所用时间为: $T = \frac{m}{f_c}$, 则电机转速为: $n = \frac{60f_c}{m}$ 。测速时 m 的误差为 ± 1 。但这种方法在低速时测量一周的时间较长, 只有当测得一周的霍尔信号后才知道速度值, 而且测得的速度值相对真实值存在滞后性, 测量速度就成为一个显著问题。实际应用中受到很大的局限性, 如在高精度的飞轮姿态控制中, 要求有较高的实时性, 这种方法就不能满足要求。需要有更加快速的测速方法, 能在更短的时间内精确测得电机的转速。

发明内容

本发明的目的是为了解决上述背景技术低速时测量周期和精度的矛盾, 获得快速的高精度速度测量方法, 提供既能测量低速, 又能测量高速的一种对电机进行快速的高精度测速方法。

本发明对电机进行快速的高精度测速方法, 其特征在于按以下步骤进行:

- a. 在外加高精度匀速电机拖动下对霍尔信号进行标定, 确定电机旋转一周过程中 A、B、C 三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号波形, 在稳速下测量三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间 $t_1 \sim t_{18}$, t 为电机转动一周所用的时间—简称周期;
- b. 算出步骤 a 测得三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间 $t_1 \sim t_{18}$ 各自占整个周期 t 的百分比 $d_i = \frac{t_i}{t}$, 式中 $i = 1 \sim 18$;
- c. 在电机进入正常的工作状态之前, 根据测得的数据关系, 完成霍尔信号与对应磁极的追踪, 由此从下一时刻起可以判断每次测得的时间长度为 $t_1 \sim t_{18}$ 中的归属关系, 进入正常运转状态的测速过程;
- d. 当测得 $t_1 \sim t_{18}$ 中的任何一个值时, 利用事先测量好的比例关系就可以准确的计算出电机旋转一周所用时间: $T = \frac{t_i}{d_i}$, 其中 t_i 为实际运转过程中测量得到的 $t_1 \sim t_{18}$ 中的某一个, d_i 为该时间段对应的比例, 从而可以计算电机转速为: $n = \frac{6di}{t_i}$, 若时钟频率为 f_c , t_i 时间段内测得的时钟脉冲为 m , 电机转速

$$\text{为: } n = \frac{60di \cdot f_c}{m}.$$

对 A、B、C 任意一路霍尔信号而言，霍尔元件安装误差、定子线圈和转子磁极加工误差的存在使得电机在稳速下旋转一周的过程中，产生的霍尔信号长度并不相同。根据电机在稳速下旋转一周的过程中，产生的三个霍尔信号长度大小关系就可以判断实际运转过程中霍尔元件和不同磁极的当前位置关系。因此实现霍尔元件和不同磁极的定位，就可以知道 t_i 是实际运转过程中 $t_1 \sim t_{18}$ 中的哪一个，而下一个信号可以顺序得到。

本发明方法相对于现有传统测速方法具有以下优点：

本方法解决了上述背景技术中低速测量时周期和精度之间的矛盾；

本方法具有较好的实时性，减小了测得的速度值相对真实值存在滞后性；

本方法利用电机旋转一周过程中的 1/18 信号，实现了快速的精确速度测量，周速测量时间提高了 18 倍。

附图说明

图 1 是本发明测速原理示意图；

图 2 至图 7 是本发明磁极追踪定位原理图示意图。

具体实施方式

以下结合实施例对本发明方法作进一步详细阐述。

实施例 1

采用本发明方法对直流无刷电机进行快速的高精度测速方法，按以下步骤进行：

- a. 在外加高精度匀速电机拖动下对霍尔信号进行标定，确定电机旋转一周过程中 A、B、C 三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号波形，在稳速下精确测量三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间 $t_1 \sim t_{18}$ ， t 为电机转动一周所用时间。如照图 1 所示，霍尔元件输出波形主要由霍尔元件安装误差，定子线圈和转子磁极加工误差产生。霍尔元件安装误差使任意两路霍尔信号间的相位差并非精确地等于 120° （三霍尔 120° 安装），

定子线圈和转子磁极加工误差使一路霍尔信号的占空比并非精确地等于50%。A、B、C三路霍尔信号在三对磁极作用下产生的霍尔信号波形依据霍尔信号的上升沿、下降沿触发脉冲可分为不同间隔的时间端。(可参照图1)

由于直流无刷电机制作、安装完成后，霍尔传感器安装误差、直流无刷电机转子磁极加工误差、线圈绕组分布差异对霍尔信号的各种影响便固定下来。在稳速下精确测量三路霍尔信号在不同磁极作用下产生的霍尔信号时间t_{1~t18}，t₁为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₂为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为低电平时间段，t₃为霍尔信号A为高电平、B为高电平、C为低电平时间段，t₄为霍尔信号A为低电平、B为高电平、C为低电平时间段，t₅为霍尔信号A为低电平、B为高电平、C为高电平时间段，t₆为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₇为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₈为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为低电平时间段，t₉为霍尔信号A为高电平、B为高电平、C为低电平时间段，t₁₀为霍尔信号A为低电平、B为高电平、C为高电平时间段，t₁₁为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₁₂为霍尔信号A为低电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₁₃为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为低电平时间段，t₁₄为霍尔信号A为高电平、B为高电平、C为低电平时间段，t₁₅为霍尔信号A为低电平、B为高电平、C为高电平时间段，t₁₆为霍尔信号A为高电平、B为低电平、C为高电平时间段，t₁₇为霍尔信号A为低电平、B为低电平、C为低电平时间段，t₁₈为霍尔信号A为高电平、B为高电平、C为高电平时间段， $t=t_1+t_2+\dots+t_{18}$ 。t为电机转动一周所用时间。在不同稳速值下，t_{1~t18}的大小虽然有所不同，但t_{1~t18}各自占整个周期t的百分比是保持一致的。

b. 算出 $t_1 \sim t_{18}$ 各自占整个周期 t 的实际百分比 $d_i = \frac{t_i}{t}$, $i=1 \sim 18$ (在没有霍尔

安装误差、磁极加工误差、定子绕组分布误差等任何影响下, $t_1 \sim t_{18}$ 各自占
占整个周期 t 的百分比相等)。

c. 将该组百分比数据存入储存器中; 计算 $t_{A1}=t_1+t_2+t_3$, $t_{A2}=t_7+t_8+t_9$,
 $t_{A3}=t_{13}+t_{14}+t_{15}$, 并比较 t_{A1} 、 t_{A2} 、 t_{A3} 的大小关系。将 t_{A1} 、 t_{A2} 、 t_{A3} 的
大小关系以及相对应的磁极关系存入数据存入储存器中。当 t_{A1} 为最大, t_{A3}
最小, t_{A2} 为两者之间时将三者关系 $t_{A1}>t_{A2}>t_{A3}$ 存入储存器(如图 2 所示); 当
 t_{A1} 为最大, t_{A2} 最小, t_{A3} 为两者之间时将三者关系 $t_{A1}>t_{A3}>t_{A2}$ 存入储存器
(如图 3 所示); 当 t_{A2} 为最大, t_{A3} 最小, t_{A1} 为两者之间时将三者关系
 $t_{A2}>t_{A1}>t_{A3}$ 存入储存器(如图 4 所示); 当 t_{A2} 为最大, t_{A1} 最小, t_{A3} 为两
者之间时将三者关系 $t_{A2}>t_{A3}>t_{A1}$ 存入储存器(如图 5 所示); 当 t_{A3} 为最大,
 t_{A2} 最小, t_{A1} 为两者之间时将三者关系 $t_{A3}>t_{A1}>t_{A2}$ 存入储存器(如图 6 所
示); 当 t_{A3} 为最大, t_{A1} 最小, t_{A2} 为两者之间时将三者关系 $t_{A3}>t_{A2}>t_{A1}$
存入储存器(如图 7 所示)。在电机进入正常的工作状态之前, 会经历一个由静
止到稳速的过程。当电机稳速一段时间后, 载入 t_{A1} 、 t_{A2} 、 t_{A3} 的大小关系
数据以及相对应的磁极关系数据, 根据当前测得的 t_{A1} 、 t_{A2} 、 t_{A3} 判断 A 相
霍尔信号当前对应的磁极。如表 1 所示, 当存储数据为 $t_{A1}>t_{A2}>t_{A3}$ 时, 假
如测得一周 A 相三个霍尔信号的时间长度后, 如果当前 A 相霍尔的时间 t_{Ax}
为三个数据中的最大者, 可以判断, 下一时刻测得的小时间段 t_i 为 t_4 , 即 $i=4$ 。
如果当前 A 相霍尔的时间 t_{Ax} 为三个数据中的中间者, 可以判断, 下一时刻
测得的小时间段 t_i 为 t_{10} , 即 $i=10$ 。如果当前 A 相霍尔的时间 t_{Ax} 为三个数据
中的最小者, 可以判断, 下一时刻测得的小时间段 t_i 为 t_{16} , 即 $i=16$ 。由此从
下一时刻起可以完全知道每次测得的时间长度为 $t_1 \sim t_{18}$ 中的哪一个(其他情况
可以对照表 1)。从而完成霍尔信号对应磁极的追踪。

表 1

存储关系	测得关系	判断 ti	测得关系	判断 ti	测得关系	判断 ti
tA1>tA2>tA3	tA1>tA2>tA3	t16	tA2>tA3>tA1	t10	tA3>tA1>tA2	t4
tA1>tA3>tA2	tA1>tA3>tA2	t16	tA3>tA2>tA1	t10	tA2>tA1>tA3	t4
tA2>tA3>tA1	tA2>tA3>tA1	t16	tA3>tA1>tA2	t10	tA1>tA2>tA3	t4
tA2>tA1>tA3	tA2>tA1>tA3	t16	tA1>tA3>tA2	t10	tA3>tA2>tA1	t4
tA3>tA1>tA2	tA3>tA1>tA2	t16	tA1>tA2>tA3	t10	tA2>tA3>tA1	t4
tA3>tA2>tA1	tA3>tA2>tA1	t16	tA2>tA1>tA3	t10	tA3>tA2>tA1	t4

d. 进入正常运转状态的测速过程。当测得 $t_1 \sim t_{18}$ 中的任何一个值时，利用事先测量好的比例关系就可以准确的计算出电机旋转一周所用时间： $T = \frac{t_i}{d_i}$ ，其中 t_i 为实际运转过程中测量得到的 $t_1 \sim t_{18}$ 中的某一个， d_i 为该时间段对应的比例，从而可以计算电机转速为： $n = \frac{6d_i}{t_i}$ ，若时钟频率为 f_c ， t_i 时间段内测得的时钟脉冲为 m ，电机转速为： $n = \frac{60d_i \cdot f_c}{m}$ 。

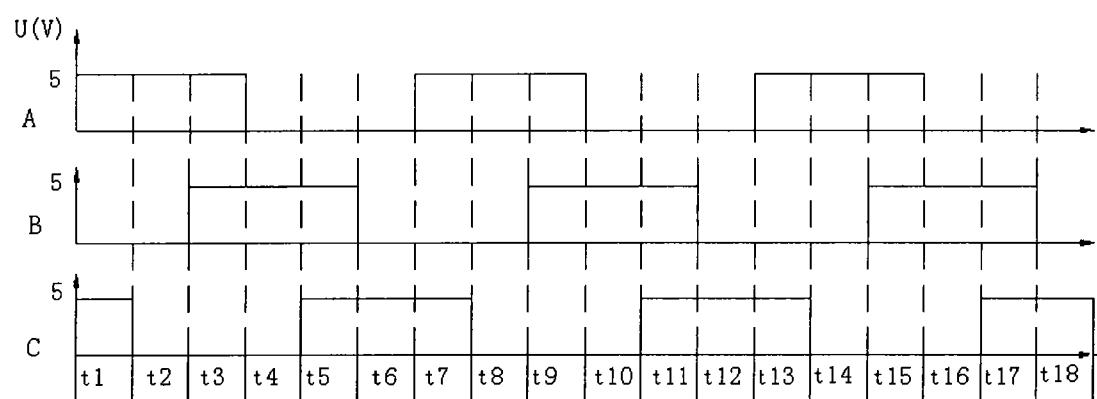


图 1

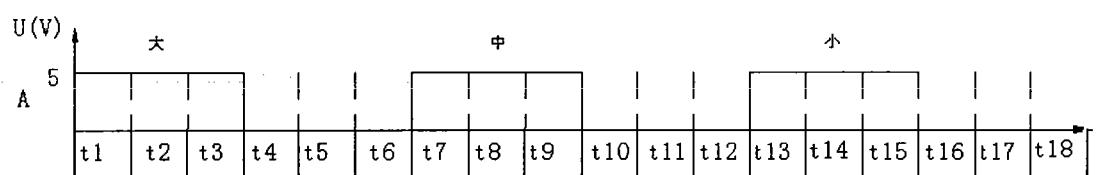


图 2

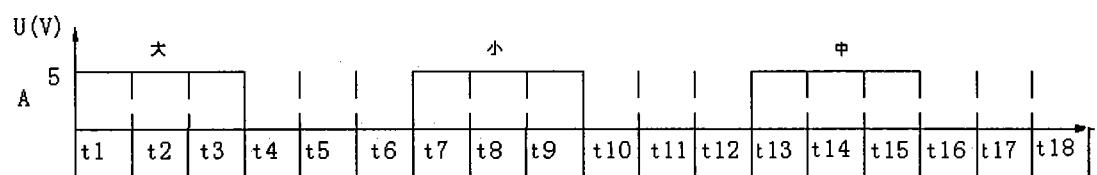


图 3

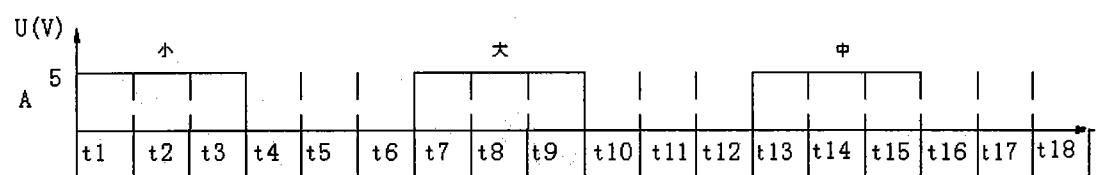


图 4

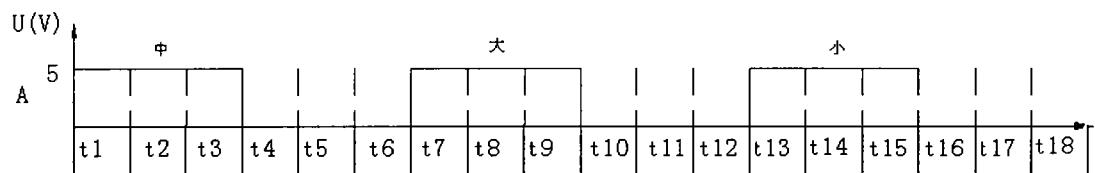


图 5

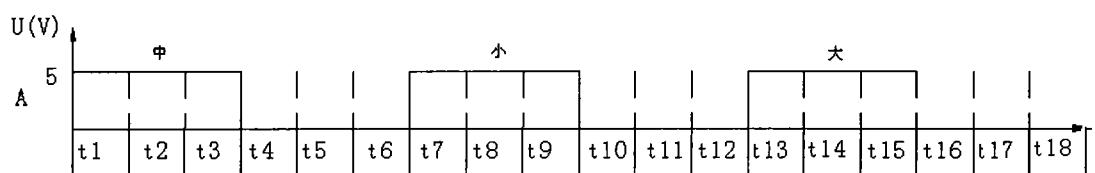


图 6

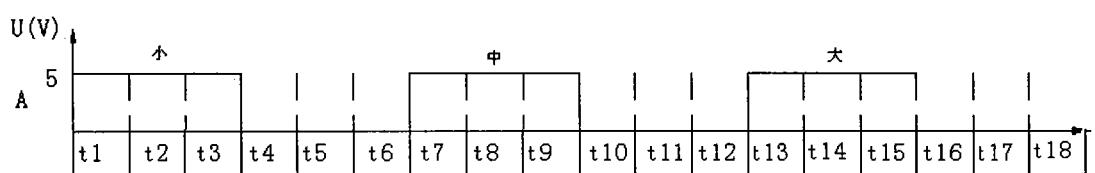


图 7