

步进电机与驱动器工作原理

Working principle of stepper motor and driver

广东大比特网络科技有限公司 广州 510660

摘要：步进电动机是一种将电脉冲信号转换成角位移或线位移的机电元件。步进电机驱动器，是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。步进电动机的输入量是脉冲序列，输出量则为相应的增量位移或步进运动。首先步进驱动器会接收到一个脉冲信号，然后它按设定的方向转动一个固定的角度，它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。同时可以通过控制脉冲的个数来控制那个固定角度，从而达到准确定位的目的；利用脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速和定位的目的。

关键词：步进电动机，步进电机驱动器，工作原理

1 引言

步进电动机是一种将电脉冲信号转换成角位移或线位移的机电元件。步进电动机的输入量是脉冲序列，输出量则为相应的增量位移或步进运动。正常运动情况下，它每转一周具有固定的步数；做连续步进运动时，其旋转速度与输入脉冲的频率保持严格的对应关系，不受电压波动和负载变化的影响。由于步进电动机能直接接受数字量的控制，所以特别适宜采用微机进行控制。

步进电机驱动器，其实就是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。首先步进驱动器会接收到一个脉冲信号，然后它按设定的方向转动一个固定的角度，它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。同时可以通过控制脉冲的个数来控制那个固定角度，从而达到准确定位的目的；利用脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速和定位的目的。

2 步进电动机的分类

步进电机按结构分类：步进电动机也叫脉冲电机，包括反应式步进电动机（VR）、永磁式步进电动机（PM）、混合式步进电动机（HB）等。

(1) 反应式步进电动机（VR）：也叫感应式、磁滞式或磁阻式步进电动机。其定子和转子均由软磁材料制成，定子上均匀分布的大磁极上装有多相励磁绕组，定、转子周边均匀分布小齿和槽，通电后利用磁导的变化产生转矩。一般为三、四、五、六相；可实现大转矩输出（消耗功率较大，电流最高可达 20A，驱动电压较高）；步距角小（最小可做到 10'）；断电时无定位转矩；电机内阻尼较小，单步运行（指脉冲频率很低时）震荡时间较长；启动和运行

频率较高。

反应式步进电动机结构简单，生产成本低，步距角小；但动态性能差。

(2) 永磁式步进电动机（PM）：通常电机转子由永磁材料制成，软磁材料制成的定子上有多相励磁绕组，定、转子周边没有小齿和槽，通电后利用永磁体与定子电流磁场相互作用产生转矩。一般为两相或四相；输出转矩小（消耗功率较小，电流一般小于 2A，驱动电压 12V）；步距角大（例如 7.5 度、15 度、22.5 度等）；断电时具有一定的保持转矩；启动和运行频率较低。

永磁式步进电动机出力大，动态性能好；但步距角大。

(3) 混合式步进电动机（HB）：也叫永磁反应式、永磁感应式步进电动机，混合了永磁式和反应式的优点。其定子和四相反应式步进电动机没有区别（但同一相的两个磁极相对，且两个磁极上绕组产生的 N、S 极性必须相同），转子结构较为复杂（转子内部为圆柱形永磁铁，两端外套软磁材料，周边有小齿和槽）。一般为两相或四相；须供给正负脉冲信号；输出转矩较永磁式大（消耗功率相对较小）；步距角较永磁式小（一般为 1.8 度）；断电时无定位转矩；启动和运行频率较高；发展较快的一种步进电动机。

混合式步进电动机综合了反应式、永磁式步进电动机两者的优点，它的步距角小，出力大，动态性能好，是目前性能最高的步进电动机。它有时也称作永磁感应子式步进电动机。

3 步进电动机工作原理

图 1 是最常见的三相反应式步进电动机的剖面示意图。

进电机步进转动。但是步进电动机不能直接接到直流或交流电源上工作，必须使用专用的驱动电源。如图3所示，为四相反应式步进电机工作原理示意图。

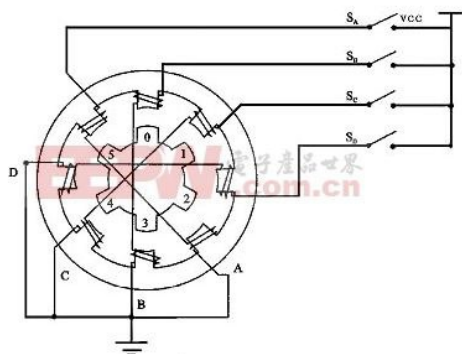


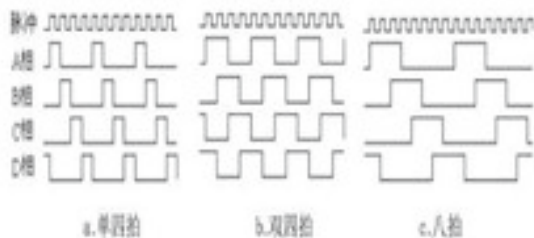
图3 四相反应式步进电机工作原理示意图

开始时，开关 S_B 接通电源， S_A 、 S_C 、 S_D 断开，B 相磁极和转子 0、3 号齿对齐，同时，转子的 1、4 号齿就和 C、D 相绕组磁极产生错齿，2、5 号齿就和 D、A 相绕组磁极产生错齿。

当开关 S_C 接通电源， S_B 、 S_A 、 S_D 断开时，由于 C 相绕组的磁力线和 1、4 号齿之间磁力线的作用，使转子转动，1、4 号齿和 C 相绕组的磁极对齐。而 0、3 号齿和 A、B 相绕组产生错齿，2、5 号齿就和 A、D 相绕组磁极产生错齿。依次类推，A、B、C、D 四相绕组轮流供电，则转子会沿着 A、B、C、D 方向转动。

四相步进电机按照通电顺序的不同，可分为单四拍、双四拍、八拍三种工作方式。单四拍与双四拍的步距角相等，但单四拍的转动转矩小。八拍工作方式的步距角是单四拍与双四拍的一半，因此，八拍工作方式既可以保持较高的转动力矩又可以提高控制精度。

单四拍、双四拍与八拍工作方式的电源通电时序与波形分别如图4的 a、b、c 所示。



a- 单四拍；b- 双四拍；c- 八拍

图4 电源通电时序与波形

驱动器相当于开关的组合单元。通过上位机的脉冲信号有顺序给电机相序通电使电机转动。

5 步进电机驱动模式

步进电机和步进电机驱动器构成步进电机驱动系统。步进电机驱动器有三种基本的步进电机驱动模式：整步、半步、细分。其主要区别在于电机线圈电流的控制精度（即激磁方式）。

5.1 整步驱动

在整步运行中，同一种步进电机既可配整 / 半步驱动器也可配细分驱动器，但运行效果不同。步进电机驱动器按脉冲 / 方向指令对两相步进电机的两个线圈循环激磁（即将线圈充电设定电流），这种驱动方式的每个脉冲将使电机移动一个基本步距角，即 1.80 度（标准两相电机的一圈共有 200 个步距角）。

5.2 半步驱动

在单相激磁时，电机转轴停至整步位置上，驱动器收到下一脉冲后，如给另一相激磁且保持原来相继处在激磁状态，则电机转轴将移动半个步距角，停在相邻两个整步位置的中间。如此循环地对两相线圈进行单相然后双相激磁步进电机将以每个脉冲 0.90 度的半步方式转动。山社电机供应的所有的整 / 半步驱动器都可以执行整步和半步驱动，由驱动器拨码开关的拨位进行选择。和整步方式相比，半步方式具有精度高一倍和低速运行时振动较小的优点，所以实际使用整 / 半步驱动器时一般选用半步模式。

5.3 细分驱动

细分驱动模式具有低速振动极小和定位精度高两大优点。对于有时需要低速运行（即电机转轴有时工作在 60rpm 以下）或定位精度要求小于 0.90 度的步进应用中，细分型步进电机驱动器获得广泛应用。其基本原理是对电机的两个线圈分别按正弦和余弦形的台阶进行精密电流控制，从而使得一个步距角的距离分成若干个细分步完成。例如十六细分的驱动方式可使每圈 200 标准步的步进电机达到每圈 $200 \times 16 = 3200$ 步的运行精度（即 0.1125° ）。

总的来说：在整步运行状态下，每输入一个脉冲，电机轴的角位移是一个步距角，在半步运行状态下，每输入一个脉冲，电机轴的角位移是半个步距角。步进电机最好不使用整步状态，整步状态时振动大。

参考文献

- 1 步进电动机的工作原理及驱动方法. <http://www.eepw.com.cn/article/73889.htm>
- 2 步进电机驱动器原理. <http://www.eepw.com.cn/article/275647.htm>
- 3 求步进电机驱动器工作原理? <https://wenda.so.com/q/1464149896727890>
- 4 步进电机驱动器. <https://baike.so.com/doc/6032314-7154673.html>

上接49页



图 5: 安装在工业液箱顶部的 77GHz 雷达传感器, 用于液位测量

本身具有一定设计挑战。雷达感应领域中的低成本、低功耗器件不仅有助于应对这些设计挑战, 还可为车辆周围或工业环境中的新兴应用敞开大门。

关于德州仪器 (TI)

德州仪器 (TI) (纳斯达克股票代码: TXN) 是一家全球性的半导体公司, 致力于设计、制造、测试和销售模拟和嵌入式处理芯片, 用于工业、汽车、个人电子产品、通信设备和企业系统等市场。我们致力于通过半导体技术让电子产品更经济实用, 创造一个更美好的世界。如今, 每一代创新都建立在上一代创新的基础之上, 使我们的技术变得更小巧、更快速、更可靠、更实惠, 从而实现半导体在电子产品领域的广泛应用, 这就是工程的进步。这正是我们数十年来乃至现在一直在做的事。欲了解更多信息, 请访问公司网站 www.ti.com.cn

结语

适用于汽车或工业应用的超声波和电容式感应传感器

上接51页

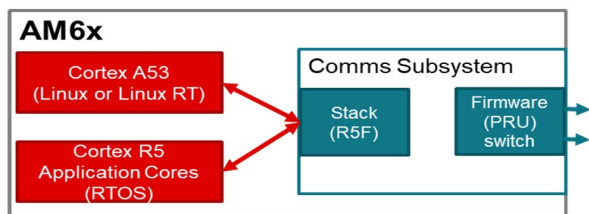


图 3: 使用 RTOS、HLOS 和固件的多核处理

通过集成可编程 MAC 的方法, 支持多协议工业以太网所需的不同帧处理方法, 并且将应用处理器置于单个芯片上。通过内部高速存储器接口, 可实现处理器和 MAC 之间过程数据的快速交换, 并且该系列提供可扩展的处理器内核。

德州仪器提供了适用于 Sitara™ 处理器系列的评估模块 (EVM) 以及使用 DP83867 或 DP83869 以太网 PHY 收发器的以太网 PHY 解决方案。