

浅谈爪极同步电机



同步电机，顾名思义，同步。

谁和谁同步？定子和转子同步。

唉？不对呀，定子是不转的，怎么和转子同步呀。虽然定子线圈不转，但是线圈里的电流转呀，磁场在转。旋转磁场与转子频率相同，相位固定。

因此，直流无刷电机是同步电机，永磁同步电机是同步电机（其实和直流无刷电机的概念是重叠的），步进电机是同步电机。

嗯？没错，步进电机电流轮替，转子步进，他们是同步的。

步进电机有失步的时候？这个不能抬杠，飞机也有掉下来的时候，但是正常使用情况下，飞机在飞。步进电机在同步。

今天介绍的是爪极式同步电机（Claw Pole Synchronous Motor），它属于永磁同步电动机的一种变种。

为啥叫“爪”，别急，等一下会介绍。

爪极式电机的转子是永磁体，磁场沿径向四周发射。一般是四对极。这与一般的永磁同步电机没差别。

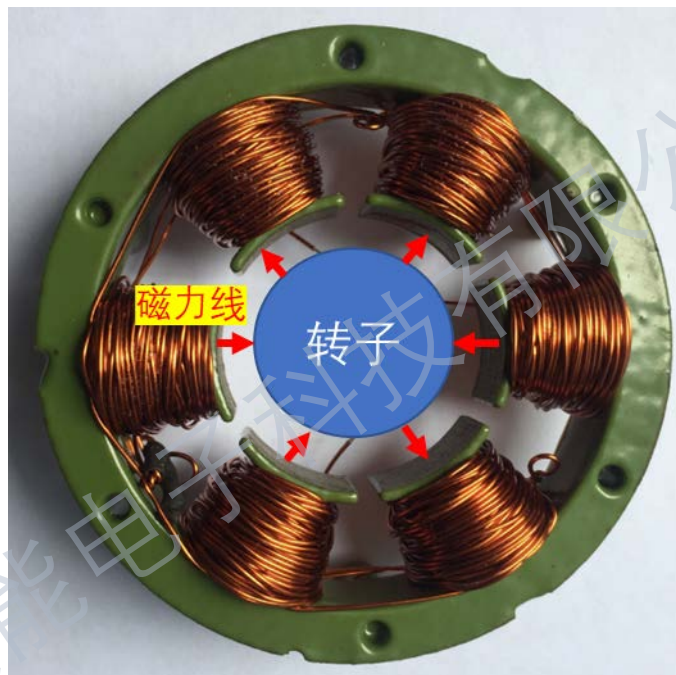
爪极式电机的定子线圈与电机转动轴是平行的（共轴的），这样做结构紧凑，制造（绕线）成本低。



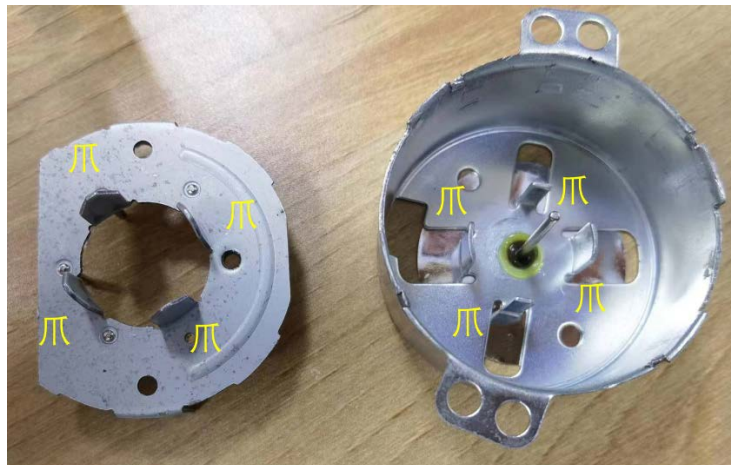
大家看一下定子绕线就明白了。

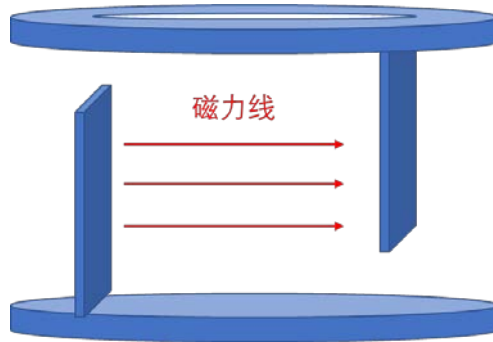


像不像小时候家里缝纫机的线轴，直接横着绕就行了。简单不简单？服不服气？
等一下，我不太服气！一般电机的定子磁场要面对转子磁场，这样才能产生洛伦兹力。你这个线轴，跟转子共轴放置，没有磁力线通路，没有出力呀。



这个时候“爪”极结构就出场了。定子的铁芯被加工成了一个特殊的形状（爪），上爪和下爪交互排列。正是这种爪的铁芯把磁力线引到了定子（永磁体的表面）。





下面说说同步电机的控制，只有两根线，要能够连续旋转，显然需要的是交流电。一个办法是把 220V, 50Hz 交流市电直接接进来，直接就转起来了。这也是同步电机传统的用法。随着低压 BLDC 的技术发展，很多家电的供电都有低压直流（比如 24V）的趋势，低压供电的系统有着安全性高，灵活可控（加入单片机控制）的优点。

有道理，那我们就把 24V 直流电直接接上去吧。

抱歉，这样转不起来的，顶多晃一下。不过没关系，英能电子 www.enpowermicro.com 的 ZH6219 芯片可以作为一个同步电机控制芯片，小封装，简单易用。用户只需要把使能脚拉高，就可以启动同步电机，使能脚拉低就停。

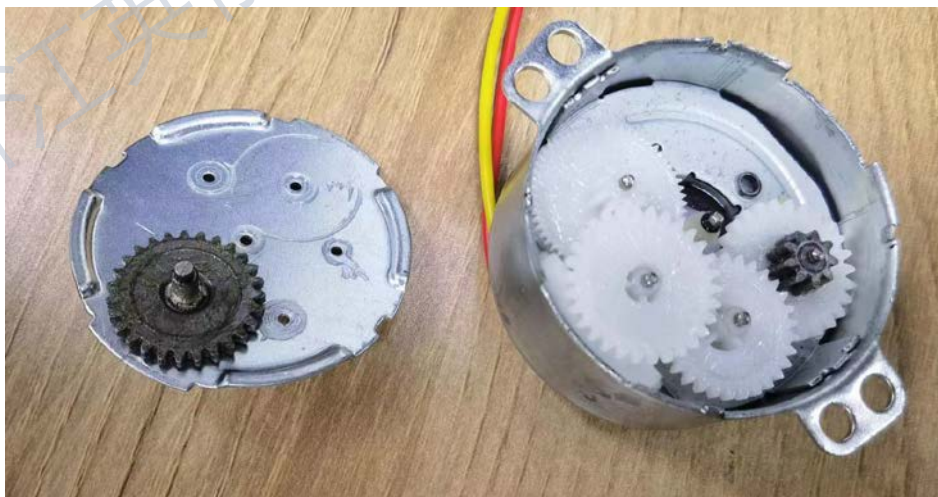
那这种同步电机能调速吗？

这种同步电机和普通的永磁同步电机相比，是工作在开环状态的，没有转子位置检测，也就是线圈频率永远是 50Hz，转子跟的上就跟，跟不上我也管不了那么多了。（步进电机也是这样的）。

可以通过复杂的方案（比如加个霍尔传感器）实现闭环控制，那就成了单相风扇电机了（手持 USB 风扇那种）。

我的问题是，能调速吗？

看一下爪极式同步电机的结构，里面有很多级的降速齿轮，实际输出的转速是非常低的，每分钟 4.5 圈（谁能算算齿轮降速比是多少？）。也就是说这种电机，仅仅是用在慢慢晃悠的场合，比如摇头风扇的摇头功能。



$50\text{Hz} = 50 \text{ 圈每秒} = 3000 \text{ 圈每分钟}$ ，要分到 5rpm，需要 600 的齿轮降速比。

错误！因为是四对极， $50\text{Hz}/4 \text{ 对极} = 12.5 \text{ 圈每秒} = 750 \text{ 圈每分钟}$ ，要分到 5rpm，需要 150 的齿轮降速比。

我的问题是，能调速吗？

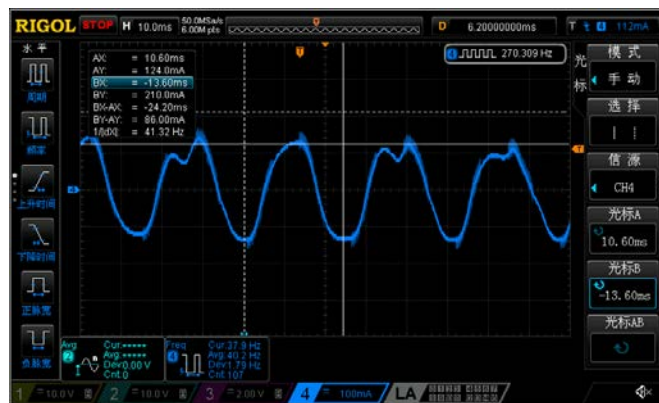
理论上使用控制器之后，是可以改变驱动频率的，频率快一点，慢一点，可以控制电机转速。但是，注意但是。这个爪极电机是开环的，能不能跟上全靠负载的情况，举一个例子。陪小朋友荡秋千，我在后面推，要按照固定的节奏推，推的太快，推的太慢都会乱掉。同步电机的转子和机构有一个固有频率，大概 50Hz 左右，因此 50Hz 的同步电机只能接受比较小范围，比如 45Hz 到 65Hz 的频率变化，频率差的太多，效率会下降，也会引起失步。



下面这个波形是使用 ZH6219 转动 50Hz 的电流波形。



而这个波形是使用 ZH6219 转动 30Hz 的电流波形，电流波形发生了畸变，电机其实已经失步了。



爪极式同步电机，你了解了吗？

