

传感器的最新发展可大幅提高BLDC电机控制性能

作者: ADI公司Brendan Cronin、Robert Guyol、Mark Donegan

BLDC电机趋势

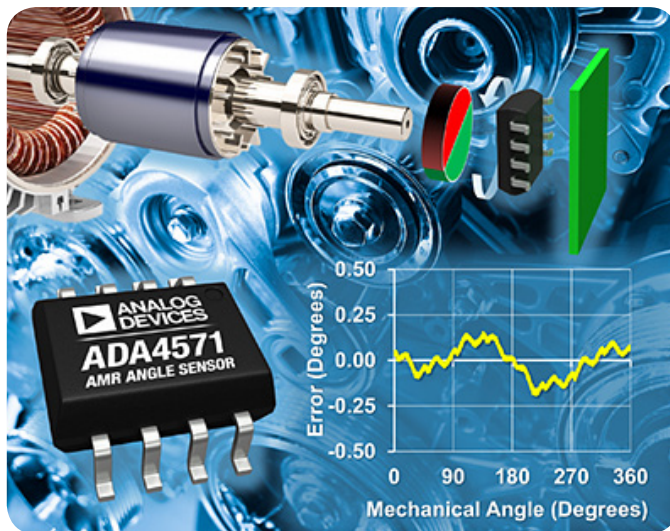
近年来,许多终端市场和应用中的一个明显趋势是用高效率的无刷直流电机(BLDC)替换交流电机或机械泵。使用BLDC的一些主要优点包括:更高的功率和热效率、更高的空间/重量效率、更高的可靠性(无刷)、在危险环境下工作更安全(不会像有刷电机一样产生刷粉或火花)。此外,由于BLDC电机采用电子换向方式,因此更易在应用的速度范围内控制扭矩和速度参数,并且能够实现更复杂的控制,例如维持保持扭矩或速度极限。凭借这些优点, BLDC电机在众多现有和新应用中占得一席之地。在汽车领域, BLDC电机已用于替换液压执行器和有刷电机,这不仅能够减小重量/尺寸、延长工作寿命、降低维护成本,而且能够大幅提高整体系统性能和效率。随着汽车行业向优化燃油效率快速发展, BLDC电机现能够实现相应的性能,帮助减小传动系统、电动助力转向和HVAC(暖通空调)系统以及起动机/发电机和各类泵(水/燃油/油)中的发动机负荷。

角度传感器在BLDC电机控制中的作用

要实现电机的精确控制和高效换向,高分辨率电流和旋转位置信息至关重要。一般而言,在基于旋变器的系统中,分辨率和精度可能非常高,但终端解决方案可能价格昂贵且体积较大,这是因为旋变器本身会占用较大的物理空间。无传感器方案也可用于检测反电动势电流,而且还能降低传感器重量和成本,但是电机启动性能可能是个问题,因为这时不会产生反电动势,因此就无法得到可用的位置数据。其他解决方案,例如利用三个霍尔效应传感器检测电机磁体的位置,通常用于对成本敏感的应用中。这种情况下,要求的分辨率可以实现,但需要监控三个信号。此外,这些传感器不是配套的,这可能会产生空间和安装难题。

一种替代方案是使用基于异性磁阻(AMR)技术的角度传感器,这些传感器既便宜又精确。借助ARM传感器,不仅可实现高角度精度,而且可将一个检测元件和电子电路集成在同一封装中。这可获得非常小的传感器子系统,并且能够在电机总成内定位传感器。

ADI公司已与MR技术的领导者——Sensitec GmbH——开展合作,共同提供ADA4571,该产品将高精度AMR传感器和高性能仪表放大器集成在单个封装中。



ADA4571在-40°C至+150°C的宽工作温度范围下进行的生产测试得到的最大角度误差为0.5°,而且具有内置诊断功能、大输出电平、EMC保护以及低失调偏移,因此是非常理想的传感器,它能够实现高性能BLDC电机控制,而且速度超过25000 RPM。

AMR技术

基于AMR理念的传感器的材料电阻率取决于相对于电流方向的磁化方向。该传感器通常沉积为薄膜透磁合金(磁性铁镍合金)。AMR传感器在饱和状态下工作,因此外部磁场对电阻变化起决定作用。外部磁场和电流方向平行时电阻最大,施加磁场与载流透磁合金的平面垂直时电阻最小。AMR传感器如何工作的简化图如图1所示。

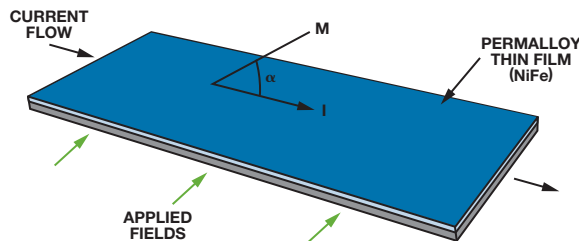


图1. AMR工作原理

两个独立的惠斯登电桥配置以彼此呈45°的方式排列时，可实现角度传感器，其正弦和余弦输出取决于外部磁场方向。此配置可提供具有180°绝对测量范围的传感器。

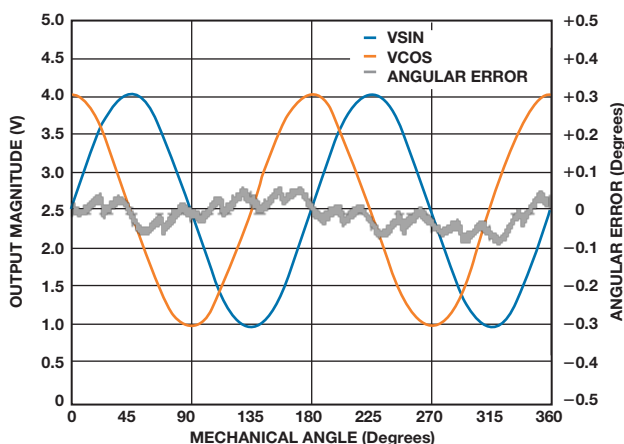


图2. 360°机械旋转时的ADA4571误差(灰色)和输出波形(橙色/蓝色)

图2显示了旋转磁场施加在360°机械旋转情形时ADA4571的典型高输出电平和角度误差。在微控制器中进行失调校正和反正切计算之后，典型误差小于0.1°。

传感器安装

对于大部分BLDC控制系统，根据可用空间和电机轴安装的便利性，配置和安装传感器有许多选择方式。图3显示了ADA4571的两个配置示例。

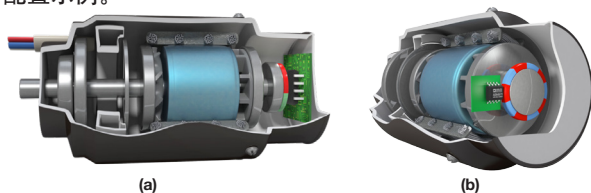


图3. BLDC系统与ADA4571 (a)轴端系统(b)轴侧系统

典型的轴端配置包括一个安装在旋转轴上的直径磁化盘式磁体，该磁体安装在电机总成内部，如图3(a)所示。该磁体可提供一个穿过传感器平面的磁场。

在此配置中，无需使机械和电气组件接触即可直接读取转子角度。由于AMR技术不依赖磁场强度，因此能够耐受气隙变化。不依赖磁场强度还可增大机械容差并使磁体材料的选择简单化。

紧凑的轴端配置意味着传感器可直接安装在非常靠近电子控制装置(微控制器、MOSFET)的印刷电路板(PCB)上，从而能够最大限度减少信号路由并减小与恶劣电机环境的距离。

另一种可能的配置是图3(b)所示的轴侧系统。轴侧配置可用于待检测轴无法在端头安装磁体的应用。在此配置中，由磁极环提供激励，传感器和磁极环可安装在轴上的任意位置。典型应用包括电动助力转向泵或由于空间限制不能使用轴端的BLDC电机。

由于ADA4571能够提供低延迟和精确的位置反馈信息，因此可对电机各相的电流进行精确控制，从而使电机对动态负载做出顺畅响应，或在变化的条件下维持恒速。最终结果就是更好的控制、最大的扭矩、更高的启动/停止效率，以及更佳的运行状况。

传感器设置和校准

要获得更高的精度，可在用户的生产线末端执行各类校准程序。可执行一次性失调校准，以消除正弦和余弦信号的初始失调。

图4显示了在室温下执行一次性失调校准后的典型性能。

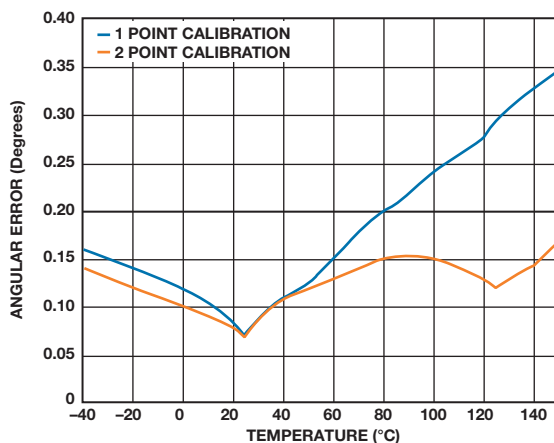


图4. 单点和双点校正时典型角度误差与温度的关系

由于传感器的失调漂移，角度精度可能随温度升高而下降，如在150°C时进行单点校正的情况，而双点温度校准则可提高性能。在这种情况下，可对失调和片内温度传感器的信息进行插值计算，并且可补偿随温度变化的失调。

自由运行应用中的BLDC系统可充分利用连续的失调校正技术，方法是计算指定时间内传感器输出的均值。微控制器中的动态失调补偿可在整个温度范围和工作寿命内实现非常高的精度。

与其他传感器技术(霍尔/GMR/TMR)不同，ADA4571无需执行额外的校准步骤，例如幅度校正或正交性校正。经过生产测试验证的幅度失配确保小于1%，而先进的传感器设计还可确保正交性。传感器还可忽略迟滞，从而获得高可靠性且精确的位置信息。

对于无需高精度、低性能且对成本敏感的应用，ADA4571可在不进行线路终端失调校正的情况下使用。这种情况下，ADA4571可确保具有小于5°的角度误差。这对于一些未校准的应用非常有用，因为主机控制器知道轴的位置，因此可优化启动状况。

结论

磁性位置传感器可为工业和汽车BLDC电机控制系统设计人员提供小型、稳定且易于组装的位置检测解决方案。ADI的新款ADA4571提供高速、高精度、经生产测试保证的全角度精度、集成式诊断功能以及低功耗工作模式，明显优于前几代磁性位置传感器。

为了确保器件的安装和校准设置简单方便并减少用户的软件开销，ADI投入了大量精力。

因此，BLDC电机制造商可从非常精确的位置数据中受益，即使在高速应用中也可获得非常高的扭矩性能，除此之外，他们还能获得使用无接触式磁性检测技术的所有好处。

参考文献

[ADA4571数据手册](#)。

AA700应用笔记。AMR Free Pitch Sensoren für winkel- und Längenmessung. Sensitec.

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

ezchina.analog.com。



全球总部

One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部

上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路 2290 号展想广场 5 楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司

深圳市福田中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心 4205-4210 室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司

北京市海淀区
上地东路 5-2 号
京蒙高科大厦 5 层
邮编: 100085
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司

湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路 889 号光谷国际广场
写字楼 B 座 2403-2405 室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

亚洲技术支持中心

免费热线电话: 4006 100 006
电子邮箱:
china.support@analog.com
技术专栏:
www.analog.com/zh/CIC
样品申请:
www.analog.com/zh/sample
在线购买:
www.analog.com/zh/BOL
在线技术论坛:
ezchina.analog.com