

Kyle R. Stone

随着提升系统效率的需求不断增长，我们面临着改善电机工作效率和控制功能的直接压力。几乎所有类型的电机均面临着这种需求压力，包括以下领域中使用的电机：

- 白色家电
- 工业驱动器
- 自动化
- 汽车应用

在工作电压较高且具有较高功率的系统中尤其如此。反馈到控制算法中的电机运行特性对于确保电机以峰值效率和性能运行至关重要。相电流是系统控制器用于实现出色电机性能的重要诊断反馈要素之一。

由于测量信号具有连续性并与相电流直接相关，因此测量电机电流的位置应直接与每个相位保持一致，如图 1 所示。在其他位置（如每个相位的低侧）测量电流需要首先对数据进行重新组合和处理，以便控制算法使用有意义的的数据。

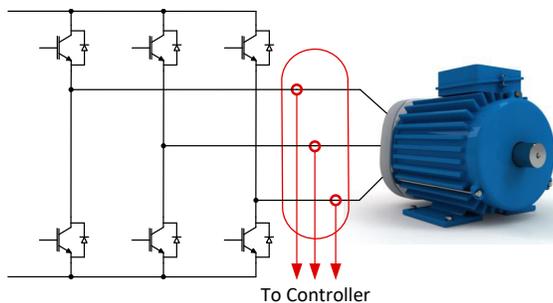


图 1. 直列式电流检测

电机的驱动电路可生成脉宽调制 (PWM) 信号来控制电机的运行。这些调制信号使与每个电机相位一致的测量电路经受很大的电压瞬变，这些瞬变每个周期在正负电源轨之间切换。电流传感器能够完全抑制测量的共模电压分量，并且仅测量相关的电流。TMCS1123 或 TMCS1100 等封装内磁性电流传感器使相电流流经封装引线框，从而产生内部磁场。然后，电隔离传感器测量磁场，从而在传感器 IC 和隔离的相电流之间没有任何直接电气连接的情况下提供电流测量。通过仅测量磁场，该传感器可隔离高共模电压，并提供出色的抗 PWM 开关瞬态性能。这可以实现出色的电机相电流测量，而不会由于较大的 PWM 驱动输入电压阶跃而在传感器输出端产生不必要的干扰。图 2 显示了经过 RC 滤波的 TMCS1100 输出波形，以及电机相电压和电流

波形。只能观察到由于测量寄生效应引起的微小 PWM 耦合，TMCS1100 输出跟踪电机相电流，而没有 300V 开关事件引起的明显输出瞬态。

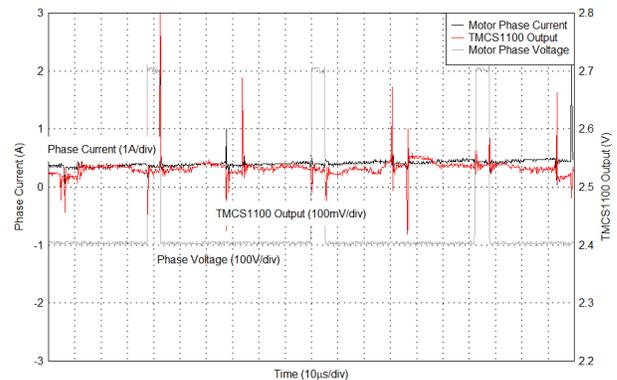


图 2. 具有高瞬态抗扰度的电机相电流测量

封装内磁性电流传感器的独特特性消除了其他的电机相电流测量设计所面临的许多挑战。固有的电隔离提供了承受高电压的能力，并且输出的高瞬态抗扰度降低了由于开关事件引起的输出噪声。没有该抗扰性的电流检测实现需要更高的带宽，以缩短输出干扰的建立时间；磁性传感器可以使用较低带宽的信号链，而不牺牲瞬态抗扰性。由于不需要外部电阻分流器、无源滤波或相对于高电压输入的隔离电源，因此封装内磁性电流传感器还可以降低总体设计成本和设计复杂性。

对于相电流测量可提供过流保护或诊断的应用，等磁性电流传感器的高瞬态抑制可防止由于输出干扰而引起的错误过流指示。在使用闭环电机控制算法的电机系统中，需要进行精确的相电流测量以优化电机性能。过去，基于霍尔效应的电流传感器具有很大的温度、寿命和迟滞误差，这些误差会降低电机效率、动态响应并引起转矩波动等误差。常见的系统级校准技术可以提高室温下的精度，但是说明参数（如灵敏度和失调电压）中的温度漂移是具有挑战性的。

德州仪器 (TI) 的磁性电流感应产品通过采用已获专利的线性化技术和零漂移架构（可在整个温度范围内提供稳定、精确的电流测量）来提高系统级性能。高精度传感器严格控制相间电流测量误差，从而保持精确的反馈控制并提供无缝的用户体验。

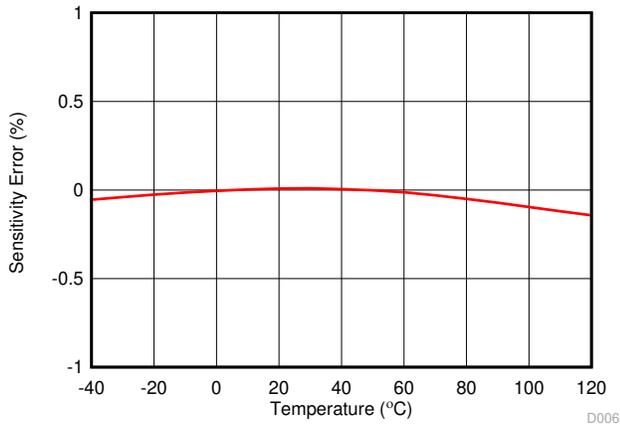


图 3. 在整个温度范围内的 TMCS1100 典型灵敏度误差

TMCS1100 在室温下的典型灵敏度误差小于 0.3%，在 -40°C 至 125°C 的整个温度范围内的最大灵敏度误差小于 0.85%。如图 3 所示，这种在整个温度范围内的稳定性可更大程度地减小传感器的温度漂移，从而提供出色的相间匹配。除高灵敏度精度之外，该器件还具有小于 2mV 的输出温漂（如图 4 所示），这极大地提高了测量动态范围，并且即使在轻负载下也可以进行精确的反馈控制。

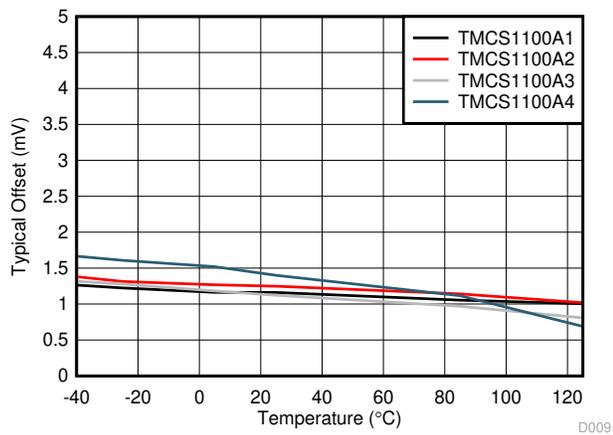


图 4. 在整个温度范围内的 TMCS1100 典型输出失调电压

高灵敏度稳定性和低失调电压相结合，形成了业内先进的隔离式电流检测设计，此设计在该器件的整个温度范围内具有小于 1% 的总误差。600V 的工作电压和 3kV 的隔离栅使该器件能够应用于各种高电压系统。

TMCS1100 结合了测量温度稳定性、电隔离和瞬态 PWM 输入抑制，专为 PWM 驱动的应用（如电机相电流测量）而设计，这些应用需要精确可靠的测量才能实现精确受控的性能。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能权衡
TMCS1123	环境磁场抑制，25°C 时为 75A <sub>RMS</sub> ，1.1kV 增强型隔离	更低的精度、PSRR
TMCS1101	具有内部基准的磁性电流传感器	更低的精度、PSRR

表 1. 备选器件建议 (continued)

AMC1300	增强型隔离分流放大器	设计尺寸，复杂性
INA241	具有 PWM 抑制功能的精密分流放大器	110V 工作电压

表 2. 相关的 TI 应用简报

文献编号	标题
SBOA340	比例式与非比例式磁信号链
SBOA160	具有 PWM 抑制功能的低漂移、内嵌式电机电流精密测量
SBOA161	用于三相系统的低漂移低侧电流测量
SBOA163	用于提供过流保护的高侧电机电流监控

## 重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司