

Scott Hill, Mubina Toa, Current Sensing Products

高精度大功率电机系统通常需要将转速、转矩和位置等详细反馈发送回到电机控制电路，从而高效精确地控制电机运行。其他电机控制应用（例如固定运动任务）无需同等系统复杂度即可执行相关作业。诸如电机已失速、在电机路径中发现意外物体或检测到电机绕组短路之类的信息警报可发送回电机控制电路。通过增加简单的超限检测功能，指示超限事件的速度有所提升，更多实现动态控制和主动监测的电机控制系统能够得到有效帮助。

将电流检测放大器与直流电源串联来驱动电机驱动电路的高侧（如图 1 所示），可以轻松测量流入电机的总电流并检测超出范围的情况。如需检测小幅漏电流，也可测量低侧返回电流。高侧与低侧电流之差表示电机内或电机控制电路内部存在漏电流路径。

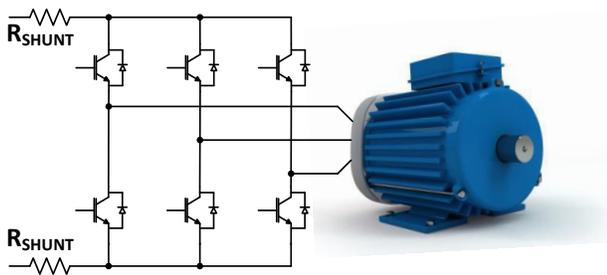


图 1. 低侧和高侧电流检测

直流电压根据电机额定电压有所差异，从而提供适应相应电压水平的多种电流测量解决方案。对于低电压电机（约 5V），选择用于监测此电流的电路要简单得多，有多种放大器类型（电流检测、运算、差分、仪表），并可执行电流测量功能以支持该共模输入电压范围。

对于电压较高的电机（如 24V 和 48V），可用的选项局限于专用电流检测放大器和差分放大器。随着电压要求的逐步提升，测量误差开始影响有效确定超限条件的能力。共模抑制 (CMR) 指示放大器在高输入电压条件下运行时的有效性。该规范直接介绍了放大器输入电路针对高输入电压干扰的抑制效果。

在理想条件下，放大器能够完全抑制或消除两输入引脚的共模电压并且仅对二者间的差分电压进行放大。然而，随着共模电压的上升，放大器输入级的漏电流将额外生成输入偏移电压。如果监测到较大输入范围，则测量误差也将按比例增大。

例如，CMR（共模抑制）规格为 80dB 的放大器（差分放大器或电流检测放大器）会根据输入电压电平在测

量结果中引入较大的失调电压。CMR 规格为 80dB 时，对于施加到输入端的每伏特电压，在测量中将相应产生额外的 100 $\mu$ V 失调电压。

许多器件具有规定的工作条件（ $V_{CM} = 12V$  且  $V_S = 5V$ ），这建立了默认规格（尤其是 CMR 和 PSRR）奠定了基础。本示例中，在 60V 共模电压下运行会导致  $V_{CM}$  变化 48V（60V 至 12V）。CMR 为 80db 时，除了器件数据表中指定的输入失调电压之外，48V 的变化还会导致产生额外的 4.8mV 失调电压。

采用校准方案的应用受这种额外引入的失调电压影响较小。不过，对于系统校准无法解决该失调电压漂移的应用，需要选择具有更佳共模电压抑制规格的放大器。

INA240 是一款专用的电流检测放大器，其共模输入电压范围为 -4V 至 +80V，在该器件整个输入和温度范围内最坏的 CMR（共模抑制）规格为 120dB。120dB 的 CMR 对应于共模电压每变化 1V 便额外产生 1 $\mu$ V 的输入失调电压。许多产品数据表中未详细介绍温度对于放大器共模电压抑制能力的影响，因此除了室温规格之外，您还应对该影响进行评估。INA240 在整个 -40 $^{\circ}$ C 至 +125 $^{\circ}$ C 的温度范围内可确保 120dB CMR 规格。INA240 在整个温度范围内的典型 CMR 性能为 135dB（每变化 1V 产生的偏移小于 0.2 $\mu$ V），如图 2 所示。

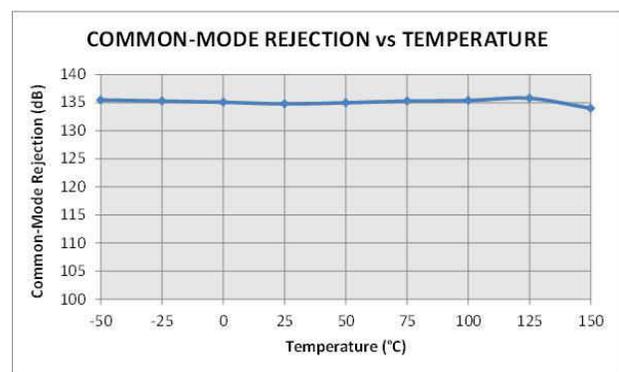


图 2. 共模抑制与温度间的关系

系统控制器能够根据电流检测放大器的测量结果来评估系统的运行情况。通过对比电流信息和预定义运行阈值可检测超限事件。高侧电流检测放大器后的比较器能够轻松检测并快速向系统发出报警，以便采取纠正措施。

图 3 显示了用于在测量驱动电机驱动电路的高电压轨上的电流时监测和检测超出范围偏移的信号链路径。除了发送至比较器来检测过流事件外，与测得的输入电流成正比的输出信号还会直接馈入 ADC。如果输入电流超出作为比较器基准电压的预定义阈值，则比较器报警置为有效。

对过流检测电路的一项关键要求是能够检测出超出范围情况并快速作出响应。快速信号带宽器件（如 [INA290](#)）可实现对控制单元的快速响应，以确保系统中流过的意外过大电流不会损坏其他关键系统组件。[INA290](#) 是一款 1.1MHz 器件，可在 2.7V 至 120V 共模范围内的高侧进行测量。

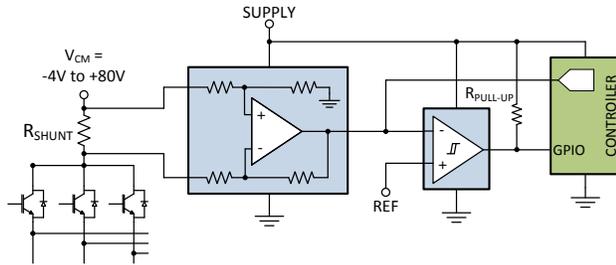


图 3. 高侧过流检测

### 备选器件建议

如果需要比较器，则 [INA301](#) 是一个不错的选择，因为它是一款具有板载比较器的精密电流检测放大器，非常适合检测高达 36V 的共模电压下的过流事件。对于需要能够承受更高电压的应用，可选择 [INA149](#)，这是一款高性能差分放大器，能够连接高达  $\pm 275V$  的共模电压（电源电压为  $\pm 15V$ ），并确保 CMR 为 90dB（即输入每变化 1V 便产生 31.6 $\mu V$  的失调电压）。如果需要隔离或高电压共模功能，可选择 [TMCS1100](#)，这是一款霍尔效应电流传感器，具有  $\pm 600V$  的基本隔离。

表 1. 备选器件建议

器件	经优化的参数	性能权衡
<a href="#">INA290</a>	封装：SC-70，信号带宽 (1.1MHz)	仅高侧 (2.7V <sub>cm</sub> 至 120V <sub>cm</sub> )
<a href="#">INA149</a>	V <sub>CM</sub> 范围： $\pm 275V$	CMR，增益
<a href="#">INA301</a>	板载比较器；35 $\mu V$ V <sub>OS</sub>	V <sub>CM</sub> ：0V 至 36V
<a href="#">TMCS1100</a>	$\pm 600V$ 基本隔离	不如基于分流器的解决方案准确

表 2. 相关的 TI 应用简报

文献编号	标题
<a href="#">SBOA160</a>	高精度、低漂移直列式电机电流测量
<a href="#">SBOA161</a>	适用于三相系统的低漂移低侧电流测量
<a href="#">SBOA162</a>	测量电流以检测超出范围的情况
<a href="#">SBOA165</a>	高压电源轨上的精密电流测量

## 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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司