

# 实现过流保护的高侧电机电流监测

Scott Hill, 电流感测产品



高精度大功率电机系统通常需要将转速、转矩和位置等详细信息反馈回电机控制电路，从而高效精确地控制电机运行。其他电机控制应用（如固定运动控制任务）无需同等系统复杂度即可执行相关作业。确保将电机未发生停机、电机路径中不存在意外出现的物体或电机绕组发生短路等信息定期传回电机控制电路。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。

如图 1 所示，将电流感测放大器与驱动电机驱动电路的高侧直流电源串联，通过检测超限条件即可轻松测量电机总电流。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。

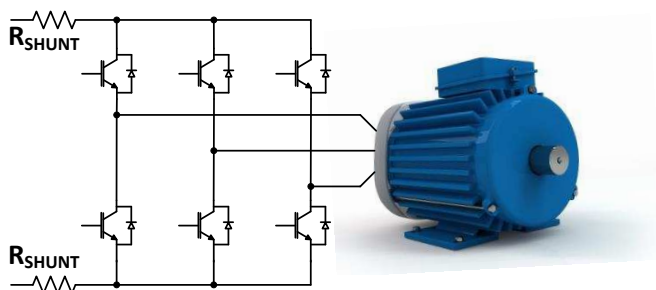


图 1. 低侧和高侧电流感测

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。对于低压电机（约 5V），电流监测电路的选择更为简单，原因是多种放大器（电流感测放大器、运算放大器、差分放大器和仪表放大器）均可执行电流测量，以支持此共模输入电压范围。

对于电压较高的电机（如 24V 和 48V），提供的选项局限于专用电流感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，放大器（差分放大器或电流感测放大器）的 CMR（共模抑制）规范为 80dB，则测量结果将根据输入电压引入大幅偏移电压。CMR 规范 80dB 对应于测量施加于输入的每伏特电压额外引入的 100 $\mu$ V 偏移电压。

许多器件在定义的条件具有额定规范 ( $V_{CM} = 12V$  且  $V_S = 5V$ )，这为默认规范（尤其是 CMR 和 PSRR）奠定了基础。本示例使用的 60V 共模电压导致  $V_{CM}$  变化 48V (60V - 12V)。在 80db CMR 下，除了器件数据表中指定的输入偏移电压外，48V 变化还会导致额外产生 4.8mV 偏移电压。

采用校准机制的应用受这种额外引入的偏移电压影响较小。然而，对于无法通过系统校准改善偏移的应用，需要选择共模电压抑制性能更为优异的放大器。

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，在其整个输入电压和温度范围内的极端 CMR（共模抑制）规范为 120dB。120dB CMR 对应于共模电压每变化 1V 额外引入的 1 $\mu$ V 输入偏移电压。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，因此除了室温规范外，还需考虑这方面的影响。INA240 在整个 -40°C 至 +125°C 温度范围内可确保 120dB CMR 规范。INA240 在整个温度范围内的典型 CMR 为 135dB（每变化 1V 产生的偏移小于 0.2 $\mu$ V），如图 2 所示。

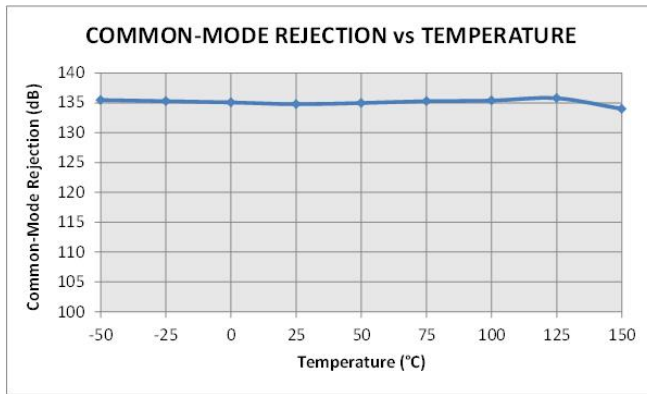


图 2. 共模抑制与温度之间的关系

系统控制器能够根据电流感测放大器的测量结果评估系统运行状态。通过对比电流信息和预定义运行阈值可检测超限事件。高侧电流感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 所示为测量驱动电机驱动电路的高压电源轨电流时，监测并检测超限偏移的信号链路径。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。

过流检测电路的关键要求是检测超限条件并进行快速响应。凭借 100kHz 信号带宽和 2V/μs 转换率，INA240 能够精确测量并放大输入电流信号，然后将输出传输至高速比较器，从而在几微秒内根据短路情况发出警报。这种快速响应确保其他关键系统组件不会因系统中出现的异常超量电流而受损。

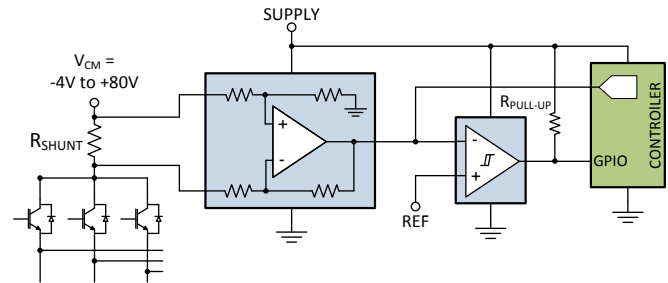


图 3. 高侧过流检测

### 备选器件建议

对于需要缩小信号带宽或采用小型封装的高压测量应用，可使用 LMP8640。对于电压处理能力要求较高的应用，可选择 INA149。这款高性能差分放大器能够连接共模电压高达 +/-275V 的 +/-15V 电源，其 CMR 稳定为 90dB（或输入每变化 1V 产生 31.6μV 偏移电压）。INA301 是一款配有板载比较器的高精度电流检测放大器，适用于检测高达 36V 的共模电压中出现的过流事件。

表 1. 备选器件建议

器件	优化参数	性能平衡
LMP8640HV	封装: SOT23-6, 信号带宽	精度
INA149	$V_{CM}$ 范围: +/-275V	CMR, 增益
INA301	板载比较器; 35μV $V_{OS}$	$V_{CM}$ : 0V 至 36V

表 2. 相关 TI 技术报告

SBOA160	《高精度、低漂移直列式电机电流测量》
SBOA161	《适用于三相系统的低漂移低侧电流测量》
SBOA162	测量电流以检测超限条件
SBOA165	《高压电源轨的精密电流测量》

## 有关 TI 设计信息和资源的重要通知

德州仪器 (TI) 公司提供的技术、应用或其他设计建议、服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用；如果您（个人，或如果是代表贵公司，则为贵公司）以任何方式下载、访问或使用了任何特定的 TI 资源，即表示贵方同意仅为该等目标，按照本通知的条款进行使用。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。

您理解并同意，在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，以及您的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。就您的应用声明，您具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。您同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，您将彻底测试该等应用和该等应用所用 TI 产品的功能。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

您只有在为开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关单项 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或默示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与使用 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对 TI 资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。

TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为您辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

您同意向 TI 及其代表全额赔偿因您不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

本通知适用于 TI 资源。另有其他条款适用于某些类型的材料、TI 产品和服务的使用和采购。这些条款包括但不限于适用于 TI 的半导体产品 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、[评估模块](http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm)和样品 (<http://www.ti.com/sc/docs/sampters.htm>) 的标准条款。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司