

Application Brief

实施隔离式开关进行继电器焊接检测



Omer Gurbuz

引言

当机械继电器承受高浪涌电流和电压时，可能产生电弧，进而引起继电器触点熔化并粘结在一起，这时便会发生继电器焊接。为了保持系统的安全性和可靠性，有效检测继电器焊接至关重要。在许多采用高电压的交流与直流应用领域中，例如电动汽车 (EV)，焊接问题屡见不鲜。

EV 领域采用高压接触器来给车辆充电，因此电路中产生的电弧可能导致机械继电器发生焊接。与机械继电器不同，**固态继电器 (SSR)** 没有活动部件，因此非常适合用于诊断焊接检测。本应用简报以 **EV BMS** 为例，讨论了如何实施 **SSR** 来检测继电器焊接。有关 EV 充电器中焊接检测的详细信息，请参阅 [L1 和 L2 电动汽车充电器的电动汽车服务设备设计注意事项](#)。

焊接检测原理图

在 EV 架构中，隔离式开关可以与分压器配合使用，以检测继电器焊接和卡在开路状态的问题。[图 1](#) 展示了 **TPSI2140-Q1** 的 MCU 级实现原理图，这款汽车级隔离式开关可通过来自 MCU 的低压信号控制高压负载，并在两者之间提供隔离。

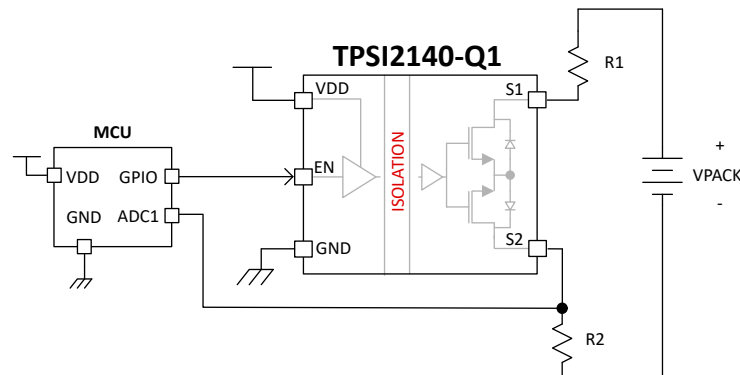


图 1. TPSI2140-Q1 隔离示例

一般情况下，为了检测焊接，必须在机械继电器之后测量电压。这样，可以根据测量的电压值确定继电器的物理完整性。然后，可以通过 MCU 以不同的组合断开或合上开关，测量机械继电器两端节点处的电压，并确定电路中是否存在继电器焊接或开路。

图 2 展示了如何实施 TPSI2140-Q1 来诊断 EV 主接触器中的继电器焊接闭合和卡在开路状态。开关闭合后，HV+ 和 HV- 之间会短暂产生电压差，以便能够进行电压测量。然后，可以将这些电压与机械继电器正常工作时的预期值进行比较，从而检测是否存在故障。如果在节点处进行的测量结果显示检测到焊接或开路，MCU 可以进行干预来保护系统。

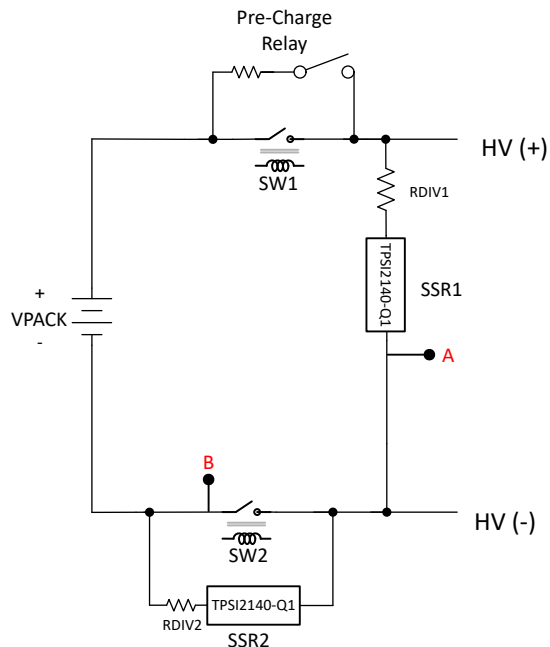


图 2. 继电器焊接检测原理图

隔离式开关需要以多种不同的组合闭合来创建不同的环路，从而以节点 B 作为参考接地来测量不同的节点。有关继电器功能诊断的真值表以及每种诊断的分压器公式，请参阅表 1。

表 1. 继电器正常工作时的诊断表

诊断	SW1	SW2	SSR1	SSR2	预期电压值
SW1 焊接检查	-	-	闭合	闭合	$V_A = 0V \times \frac{R_{DIV2}}{R_{DIV2} + R_{DIV1}}$
SW1 开路检查	闭合	-	闭合	闭合	$V_A = V_{PACK} \times \frac{R_{DIV2}}{R_{DIV2} + R_{DIV1}}$
SW2 焊接检查	闭合	-	闭合	闭合	$V_A = V_{PACK} \times \frac{R_{DIV2}}{R_{DIV2} + R_{DIV1}}$
SW2 开路检查	闭合	闭合	闭合	闭合	$V_A = 0V \times \frac{R_{DIV2}}{R_{DIV2} + R_{DIV1}}$

设计说明

1. 为 RDIV1 选择一个明显大于 RDIV2 的电阻值，以便创建一个合适的分压器，使得测得的电压值容易区分。
2. 选择合适的电阻值，以确保计算得出的分压器值位于 ADC 满量程范围内。
3. 测量电压时以节点 B 作为参考接地，因为其他节点可能处于悬空状态。

应用示例

1. 选择 RDIV1 和 RDIV2 的值。可使用上表中的电压公式，反向计算所需的电阻值来选择合适的电阻值。
2. 在这个电动汽车主接触器的应用示例中，假设使用 800V 电池和 3.3V MCU，因为这些是行业中的常见标准。选择的电阻值如下：
 - a. RDIV1 = 1MΩ
 - b. RDIV2 = 2kΩ
3. 当继电器的物理完整性受到影响时，节点的电压值将会与正常运行条件下的值有所不同。我们将这些测量值与测试场景（焊接或开路）的预期值进行比较。如果检测到焊接或开路，MCU 会进行干预以保护系统。

表 2 显示了继电器物理完整性受到影响时的一些示例结果，箭头指示了焊接或开路对机械继电器的状态有何影响：

表 2. 继电器物理完整性受损时的诊断表

诊断	SW1	SW2	SSR1	SSR2	预期电压值	物理完整性受损时的电压值
检测到 SW1 焊接	开路 → 闭合	-	闭合	闭合	$V_A = 0V$	$V_A = 1.6V$
检测到 SW1 开路	闭合 → 开路	-	闭合	闭合	$V_A = 1.6V$	$V_A = 0V$
检测到 SW2 焊接	闭合	开路 → 闭合	闭合	闭合	$V_A = 1.6V$	$V_A = 0V$
检测到 SW2 开路	闭合	闭合 → 开路	闭合	闭合	$V_A = 0V$	$V_A = 1.6V$

结语

如本应用简报所述，实施 SSR 来测量和比较电压是一种有效的焊接检测解决方案。焊接问题在高压交流和直流应用中都很常见，有效检测继电器焊接对于确保系统的安全性和可靠性至关重要。本应用简报中使用了我们的 TPSI2140-Q1，因为这款隔离式开关具有高开关周期、快速开关速度和高可靠性。有关隔离和 SSR 的更多信息，请参阅 [如何使用固态继电器实现更可靠的隔离和更小的解决方案尺寸](#) 技术文章。

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司