

SICK AG

白皮书

用于HIPERFACE DSL®电机驱动应用的电缆和连接器

电机应用信息和建议以及安装说明-1_04

Juergen Funkhaenel

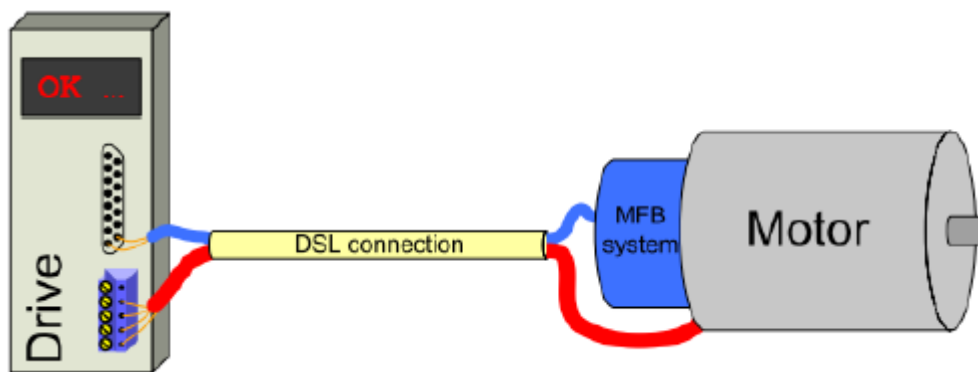
应用工程师

SICK STEGMAN GmbH 公司，德国多瑙艾辛根 (Donaueschingen)

用于 HIPERFACE DSL®电机驱动应用的电缆和连接器

HIPERFACE DSL®技术是一种能在电机和驱动控制器之间提供单电缆连接的数字协议。由于协议的可靠性，可以将电机编码器导线双绞屏蔽后，与电机电源电缆布置在一起。通信电缆长度可达100米。这样就可以简化电机连接并节省成本。

当将通信电缆和电源电缆布置在同一根电机电缆中，单电缆连接的巨大优势也会产生一些对通信的要求。在这种情况下，对通信的影响主要是电源电缆会造成信号串扰。



驱动器
DSL 连接
MFB 系统
电机

图 1 – HIPERFACE DSL®连接原理

在这个应用说明中，SICK Stegmann GmbH提供了将HIPERFACE DSL接口用于伺服电机控制的一般指南。本文还提出了应用配置方面的建议，以最大限度降低信号干扰串扰。而且还列出了电缆和连接器选型以及安装评估方面的更多信息和问题。这些信息将有助于实现稳定和可靠的HIPERFACE DSL®连接。

整体和最终应用设计均由用户负责，包括电机电源以及在动态性能、温度或危险材料方面的特殊安装要求。此处所提供的信息会根据后续测试和持续改进而不断更改。

白皮书 | SICK

STD-HIPERFACE-DSL-CABLE-APPLICATION NOTE-1_04

8018857/2015_08

Irrtümer und Änderungen vorbehalten

通信和接口

HIPERFACE DSL®是一种基于RS485收发器的常用数字接口，其传输速率为9.375 MBaud（传输频率大约为10 MHz）。对信号进行预加强后可以达到100 MHz以上（最高可达500 MHz）的频率。开关时间可达106.6 ns。位置读取的周期时间可以低至12.1微秒。

数据传输是使用差分信号（正和负电压）实现的，最小差分电平应满足 $\Delta V_{DSL} \geq \pm 0.2 \text{ V}$ 的条件，以实现可靠的信号处理。只要通信导线在相同的环境中绞制和邻近布置，那么数据传输就会对串扰影响相对不敏感（特别是对地串扰）。[3]线路阻抗与线路两端负载之间的不匹配会导致线路内发生信号反射。通常需要由电机控制器供应商实现正确的匹配。在驱动单元（DSL 主设备）和编码器（DSL 从设备）中，DSL 线路阻抗是匹配的，使用 112Ω 电阻（对称 $2 \times 56 \Omega$ ）时可以实现负载平衡，而对地 56Ω 和 $2.2 \mu\text{F}$ 时则为不平衡状态。[6]在[1]中列出了所需要的线路阻抗。

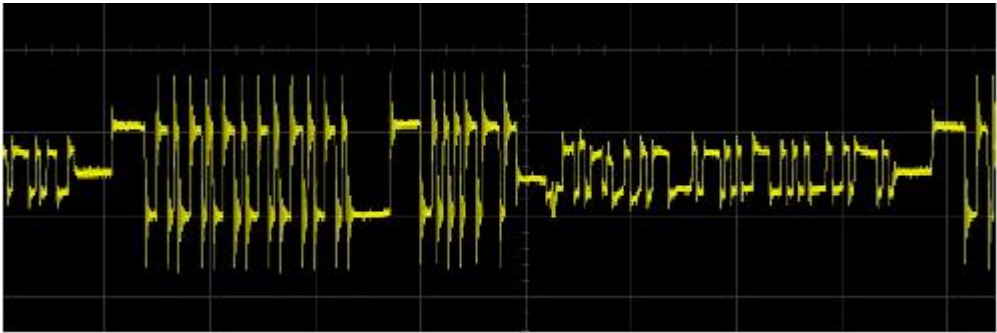
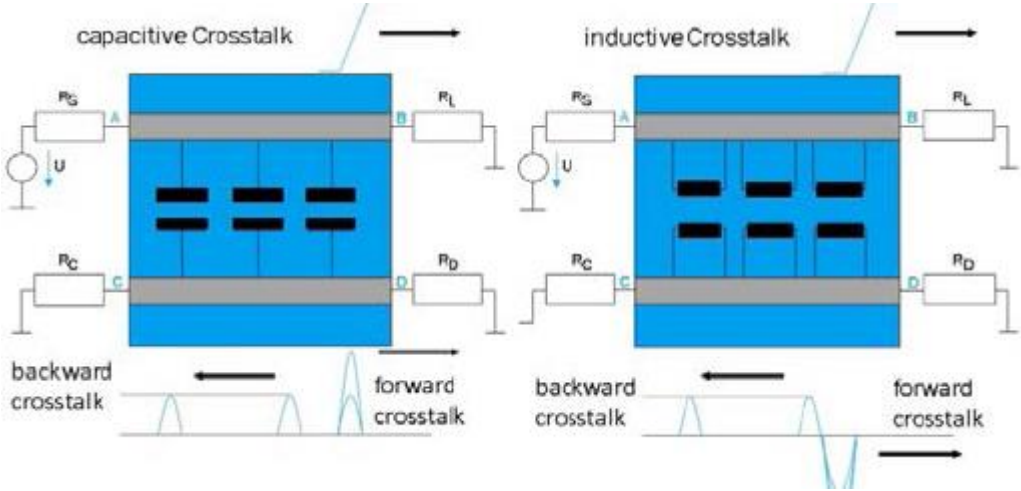


图 2 – 未受干扰 DSL 信号（一条线路）示例，在线路末端的驱动控制器上进行检测

串扰

串扰指的是在电磁干扰环境下产生的噪声信号连接，其最终是由变化的电场（高频）和磁场（低频）造成的。电感性串扰指的是电缆就像是从电源线到DSL线或其他电源或PE线的交流或脉冲变压器一样工作。电容性串扰与导线之间的距离以及中间材料的绝缘属性有关（参见图3）。在[2]、[3]和[7]中对电缆模型和串扰机制进行了一些理论说明。



- 电容性串扰
- 反向串扰
- 正向串扰
- 电感性串扰

图 3－ 电容性和电感性串扰和信号传输（正向和反向） [3]

在电缆一端的电机绕组连接由于其特征阻抗要大得多，因此属于一种大电阻负载。在这种情况下，几乎相当于“RF开路”线路。这就意味着需要为串扰干扰考虑脉冲信号的“总反射”。噪声信号是双向（正向和反向）传输的（参见图3）。容性和感性耦合的正向串扰其符号是相反的，从而可在一定程度上相互抵消。
[2]/[4]

在双绞线上也会出现这种抵消效果。绞制的导线在电磁场中处于不同的位置，因此所连接出的噪声信号也具有不同的符号。这也会导致不同噪声在一定程度上相互抵消。
这里我们只考虑电源和/或制动线路对数据线路造成的串扰。这会在驱动控制器和编码器之间产生通信干扰。

增加导线长度和减小中间绝缘厚度都有助于减小耦合因子。这样可以增大与屏蔽层之间的导线电容，从而减少与相邻导线之间的连接。总的来说，正确的导线绝缘和屏蔽是针对串扰和通信信号干扰的最重要措施。为了避免串扰或降低串扰水平，需要很高而稳定的屏蔽层覆盖率以及合适的对地连接。因此，需要对所需电缆的这些属性进行检验。

电缆

如今，多家电缆制造商都提供了所谓的“混合电缆”，其实就是将通信线路集成到电机电源电缆内。图4所示就是这种类型电缆的示例（原理草图和截面照片）。

在“用于HIPERFACE DSL®电机驱动应用的电缆和连接器 – 电缆制造商信息”白皮书中，提供了信号线路对于相应电机电缆的要求 [1]。电缆制造商负责电缆设计，包括降低串扰干扰以及满足标准要求所需要的措施。在设计带有HIPERFACE DSL®接口的应用时，应该针对这些数值和建议对厂家提供的电缆规格进行检验。

需要注意的是，不同要求的组合会减小不同属性的极限。

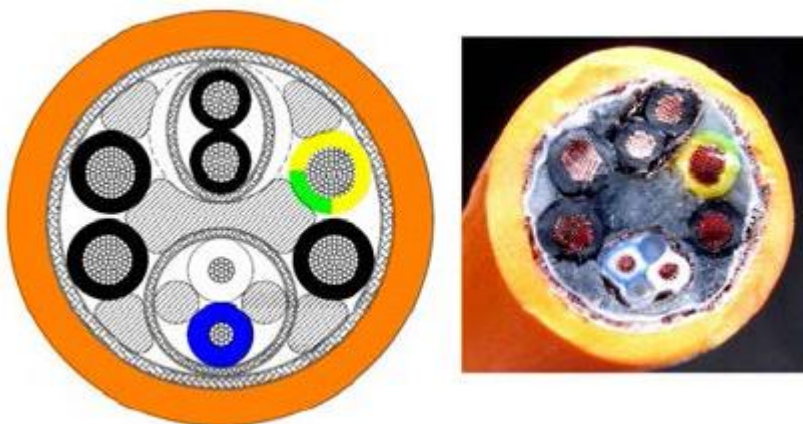


图 4 – 混合电缆设计示例；电缆原理结构和实际的电缆截面图；下方[蓝/白]数据线路；（来源：Tecnikabel / 意大利）

电缆使用条件

通过仔细分析实际应用情况而选择正确的电缆对于任何一个装置来说都是非常重要的。下面列出了在选择合适电缆时所需考虑的一些应用条件。

- (1) 想要的连接长度
- (2) 动态要求
- (3) 电机功率
- (4) 环境条件
- (5) 法律/标准要求

电缆制造商应该提供相关数据和测试结果，以证明电缆具有相应的性能。

(1) - 电缆长度

电缆长度指的是电机和驱动控制器之间的距离。在当前配置下，可以达到100米的总长度。对于这一长度来说，需要使用AWG22或同等导线尺寸。

如果距离小于25米，那么导线尺寸也可以减小，AWG24或同等导线尺寸都是可以的。在通信启动期间，系统会对信号延时进行检查，并将结果存储在DELAY寄存器中。如果该值达到或超过信号往返延时的1 μ s限值，那么需要对电缆长度和/或导线尺寸进行检查和更换。[6]

此外，应该根据电缆的电气属性（比如电容或电阻）特别是参考所需要的连接长度和编码器电源对驱动控制器接口的性能进行验证（尤其是在启动期间）。请参考编码器产品说明书里关于电源浪涌的相关要求。应避免在电缆之间存在任何形式的连接器。如果确实需要连接点，那么DSL线路的屏蔽层必须与连接器内其他屏蔽层单独走线（至少使用单独的针脚）。在使用大连接器（比如Harting型连接器）时，数据线屏蔽层应该包住数据线的连接器部分。

(2) - 动态要求

电缆可以在柔性电缆拖链中布线、在机械臂内绞制或者固定安装。对于柔性电缆拖链或机器人应用来说，电缆设计必须满足动态性能的需要（比如速度、加速度和扭矩等）。在设计应用时需要考虑最小弯曲半径、一定时间内的最大弯曲次数以及电缆的最大扭转角等因素。

在额定寿命周期和应用极限内（参见电缆数据手册），电缆设计必须在屏蔽层、导线相对位置、绝缘性能以及截面积等方面确保稳定和可重复的电气状态。

改变导线位置或屏蔽层状态（比如开路）以及断线或绝缘受损等情况都会导致随机故障和不稳定的运行状态。

(3) - 电机功率

[1] 中所列出的导线尺寸仅与通信线路相关。用户应根据特定的电机功率应用（包括电机制动等）自行选择合适的导线尺寸。

对于在电机功率和周期变化方面的重型应用来说，应该考虑潜在的串扰影响以及如何实现适当的屏蔽和接地。可能需要对所选电缆进行一些额外的测试。

(4) - 环境条件

在选择合适的电缆时需要考虑特殊的环境条件。电缆制造商应该提供相关数据和测试结果，以选择出最佳类型的电缆。

可能在使用过程中影响电缆性能的典型环境条件主要有

- 温度范围（典型限值在-40 ... +90 °C 之间）
- 危险材料（比如化学品、臭氧等）
- 辐射（紫外线、红外线等）
- 重型或特殊机械（比如焊接设备或感应加热设备）的电磁场
- 室内或室外电缆安装，包括潜在的机械应力（脚踩/车轧）或水/油下布线等

对于在不同危险条件下使用时的电缆材料要求有许多相应的标准，比如阻燃型、无卤素电缆、耐油和/或烃以及防水电缆等。

请注意 – 需要考虑的是，不同要求的组合会减小特定属性（比如温度或动态性能）的限值。此外，不同的材料和/或变化的环境条件也会相应地改变电缆电容和电阻。

(5) - 法律/标准要求

电缆需要满足各种标准的要求，比如低压指令2006/95/EG就是CE认证规程中的基本文件。而对于海外应用来说，还需要满足UL或CSA以及其他当地法规的要求。RoHS指令限制在电缆制造过程中使用有害物质。电缆制造商应该根据用户的要求提供相关数据。

在为特定应用选择电缆之前，应该先对适用的标准进行检查。

连接点

连接器和连接点是电缆内最关键的部位，因为屏蔽层在这些地方是开路的。所以必须非常小心地进行连接。

应该避免在线路内出现连接器，最理想的情况是在电机/编码器和驱动控制器之间只使用一根电缆。每多使用一个连接器，就相应地会增加出现线辫过长或屏蔽层连接不良等问题的风险。

合适而且完好的电缆外屏蔽层及其与连接器的良好接触对于避免或减小电源线对DSL线的干扰以及环境影响来说非常重要。

数据线部分的屏蔽层不应该与电机与驱动控制器之间线路内连接器中的任何其他屏蔽层发生接触。数据线屏蔽层必须单独通过连接连接器。

根据测试和连接器设计的当前经验，可以给出以下一般设计建议以作为选择电缆时的参考：

- 支持导线在整个接点处布置。
- 在DSL线和电源线电缆针脚之间提供最大的物理距离
- 在连接器内对称布置导线和针脚
- 在连接器内应避免尾纤式屏蔽层连接
- 信号线屏蔽层和其他电机电缆屏蔽层均应提供独立和电隔离的触点（用于线路内的连接器）
- 屏蔽层应能够轻松而可靠地连接，以实现低电阻接触

应该避免使用未屏蔽数据线，如果确实需要，则应越短越好（<50 mm）并尽可能长地绞制在一起。

屏蔽和接地

混合电缆的屏蔽层包括外（主）屏蔽层以及数据线和电机制动线各自的屏蔽层。（→电缆数据手册）。正如前文所述并强调的那样，在使用不同屏蔽层进行的测试过程中，屏蔽层质量和正确的接地连接对于DSL连接的性能具有巨大的影响，因此可将其视为关键因素。

屏蔽层不仅能够防止对DSL线路的电磁干扰，还能够阻止其发射到环境中（→EMC要求）。作为电磁场中的导体，它实际上起到了吸收源的作用，从而将干扰能量吸走。

应根据实际应用（包括具有稳定和较高覆盖率的良好屏蔽层）选择合适的电缆。正确的连接方法可以保证屏蔽层良好的电气连接（参见图 5 + 6）。与大地之间的连接必须具有大截面积、低电阻和尽可能短的距离。线路两端都需要接地。不使用的导线都应该将其一端接地。

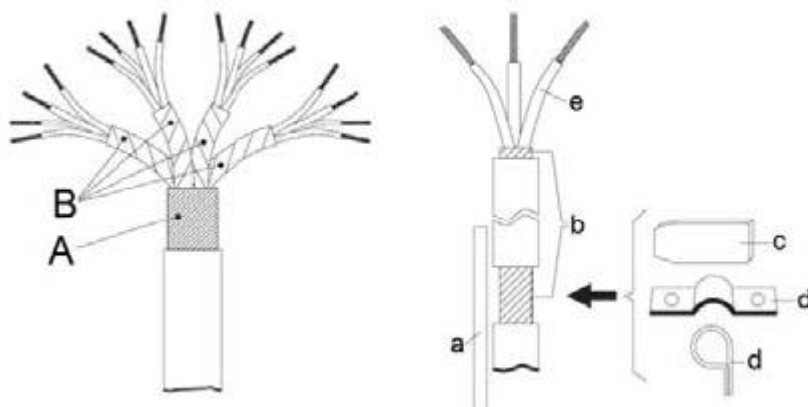


图 5 – 电缆屏蔽层和屏蔽层连接方式 [5]

左：A – 主屏蔽层 + B 单独的屏蔽层；右：屏蔽层 (b) 与接地汇流条 (a) 接触；以及弹簧紧固件 (c) 或 U 形支架 (d)

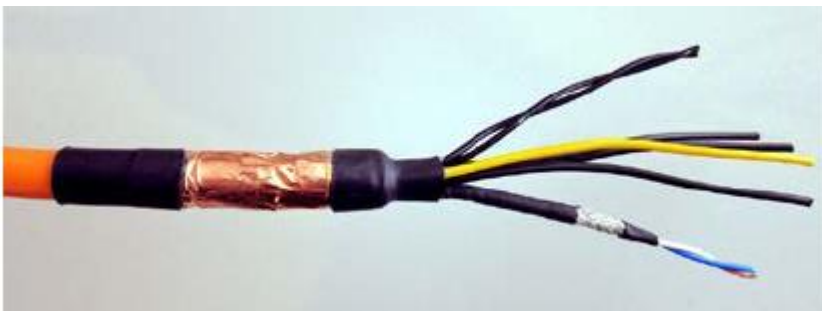
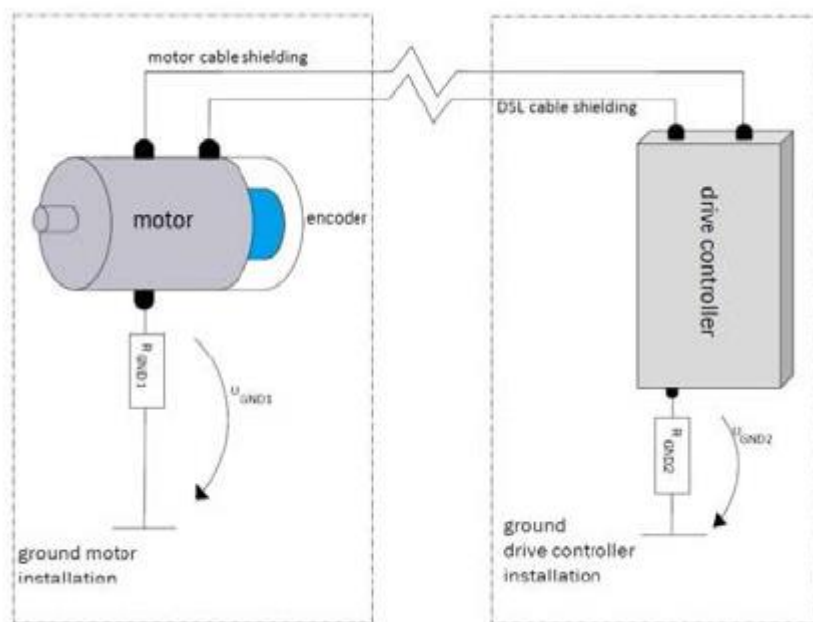


图 6 – 电机控制器侧的电缆连接（示例），主屏蔽层(1)具有大接触面积；还有电机制动线的屏蔽层)，以及数据线屏蔽层单独的屏蔽触点 (2)；（来源：Tecnikabel /意大利）

根据电机与驱动控制器之间的距离（相隔50米或以上，甚至可以在不同的地平面上），RGND_x和VGND_x可能会具有不同的数值（图7）。在系统安装和启动期间，应该尽可能保证RGND_x的数值最小。它将决定屏蔽层的质量。可以使用电位均衡电缆承载不同地电势之间的电流。[5]

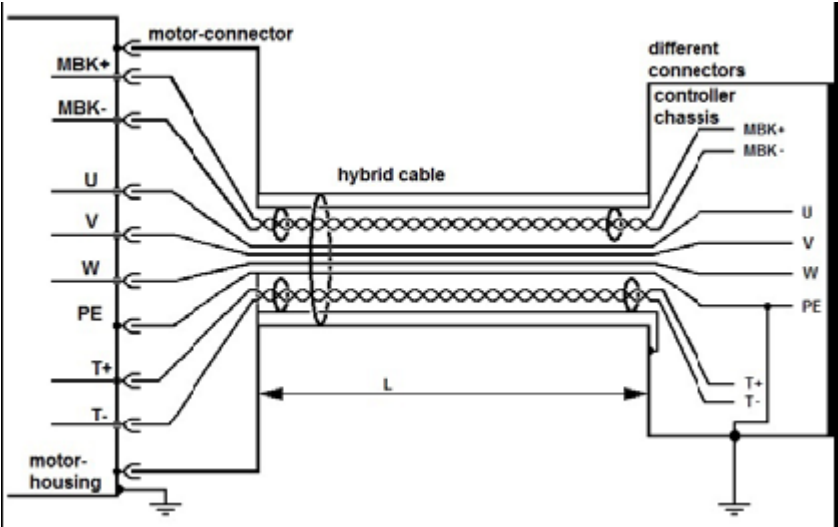


电机电缆屏蔽层
电机
编码器
电机接地
DSL 电缆屏蔽层
驱动控制器
驱动控制器接地

图 7 – 电机、电缆和驱动控制器的屏蔽层和接地连接

根据特定安装场所的实际条件，可能需要对不同的接地点进行测试，以实现最佳的系统性能。

图 8. 所示为电机和控制器侧不同导线和屏蔽层的连接示例。



电机连接器

混合电缆

不同的连接器

控制器机箱

电机外壳

图 8 – 电机和控制器侧的导线和屏蔽层（线路之间没有连接器）。

根据具体的接地条件，还应该将 PE（保护地）接地。

实际的布线和连接点可能与图8所示有所不同。对于HIPERFACE-DSL接口与伺服控制器之间的连接来说，目前使用有两种不同的系统：

- 屏蔽数据线在电机电缆外部布线并连接到金属连接器外壳，屏蔽层通过连接器外壳连接到控制器，数据线在连接器外壳（比如Sub-D型或对接型）内进行布线
- 制动和数据线的屏蔽层应该连接到一起，数据和制动线共用一个连接器连接到控制器（Weidmüller连接器类型）

关于屏蔽层和接地的更多信息（包括理论、计算和实际示例）均请参考[7]。

声明

我们无法预先对每一种应用或安装场所的所有具体条件（比如不同电缆长度和布线方式或者电机和驱动控制器位置处的不同接地水平）进行测试和研究。如有任何担心或问题，请与**SICK Stegmann GmbH**联系，请对相关情况进行详细说明以获取进一步的支持。建议针对特殊应用进行额外的测试。

参考资料

- [1] – Cable and connectors for HIPERFACE DSL® motor drive applications Information for cable manufacturers
Whitepaper SICK Stegmann GmbH, Donaueschingen, Ver. 03, 2015-08-31
- [2] – Telegraphengleichung Elektronik (telegrapher equation electronics)
[http://de.wikipedia.org/wiki/telegraphengleichung_\(Elektronik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/telegraphengleichung_(Elektronik)); Feb. 2013
- [3] – Thüringer, Rainer;
Impulse auf Leitungen – elektrische Grundlagen (pulses on wires – electrical basics);
FH Gießen/FB Elektro- und Informationstechnik Internet publication; Jan. 2013
- [4] – Thüringer, Rainer;
Zur Impedanz von Leitungen – Wassermmodell als Einführung (About impedance of wires – water pipe model for
introduction); FH Gießen/FB Elektro- und Informationstechnik; Internet publication; Jan. 2013
- [5] – General grounding recommendations - instructions
Brüel & Kjær Vibro GmbH; Darmstadt 2002
- [6] – HIPERFACE DSL® Implementation
Manual; SICK-Stegmann GmbH, Donaueschingen version 1.06, released May 31, 2014
- [7] – Wolfsperger, Hans A.
Elektromagnetische Schirmung – Theorie und Praxisbeispiele (electro-magnetic shielding – theory and practical
examples) Springer Verlag Berlin Heidelberg 2008

SICK AG | Waldkirch | Germany | www.sick.com

SICK AG | Waldkirch | 德国 | www.sick.com