

机动车辆及其电动用屏蔽高压护套电缆

要求和试验

1 范围

本标准规定了标称电压 $\leq 600\text{ V AC}/1\ 000\text{ V DC}$ 单芯和多芯屏蔽汽车电缆的要求和试验(按表 1 的电压等级 2)。

相关要求的测试细节详见 8.1。

表 1 - 电压等级

电压等级		AC		DC
		V_{RMS}	V_{PP}	V_{DC}
低压	1 (A ^{a)})	$\leq 30\text{ V}$	$\leq 42\text{ V}$	$\leq 60\text{ V}$
高压	2	$\leq 600\text{ V}$	$\leq 849\text{ V}$	$\leq 1\ 000\text{ V}$
高压	3 (B ^{a)})	$\leq 1\ 000\text{ V}$	$\leq 1\ 414\text{ V}$	$\leq 1\ 500\text{ V}$

a) 电压等级的规定按 ISO 6469-3。

此表依据 ISO 6469-3 创建。ISO 6469-3 中不包括电压等级 2。

2 缩略语

AC	交流
Cu-ETP1	低氧铜 (ETP - 电解精炼)
DC	直流
EMC	电磁兼容
FFT	快速傅立叶变换
HV	高压
NWA	网络分析仪
TDR	时域反射仪
T_{max}	最大长期工作温度
T_{min}	最小长期工作温度
V_{DC}	直流电压
V_{PP}	峰到峰电压值
V_{RMS}	均方根电压值

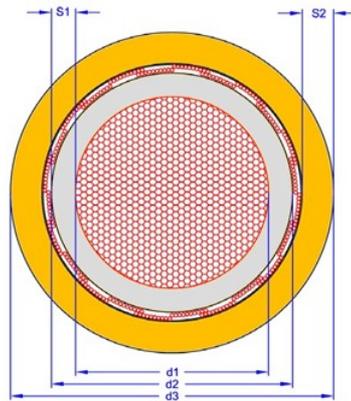
3 一般要求

本标准中的试验必须在符合 DIN EN ISO/IEC 17025 认可的独立机构进行。

如果护套电缆中使用的单芯线电缆未按照 VW 60306-1 或 VW 60306-2 进行认可, 则必须按照 VW 60306-1 或 VW 60306-2 (“专用于护套电缆的单芯电缆的试验矩阵”) 对单芯电缆进行测试。老化后的介电强度要求必须符合 VW 75210-1。

4 尺寸和电缆结构

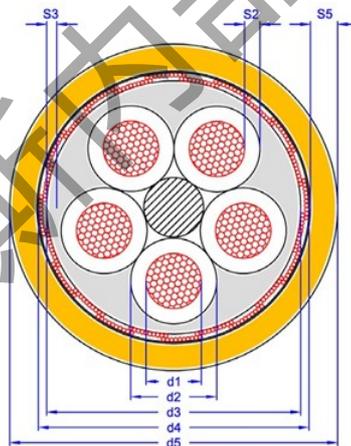
尺寸和电缆结构（见图 1、图 2 和图 3）必须取自附录中的相关章节。未规定的细节必须与相关部门达成一致。



图中

- d1 直径 (导体)
- d2 直径 (缆芯)
- d3 直径 (外护套)
- S1 壁厚 (线芯)
- S2 壁厚 (外护套)

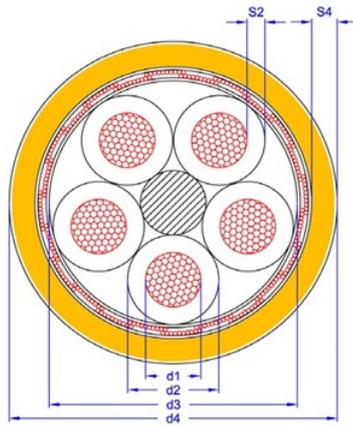
图 1 - 符合表 A. 1、表 A. 2、和表 A. 3 的屏蔽单芯 HV 电缆的电缆结构



图中

- d1 直径 (导体)
- d2 直径 (线芯)
- d3 直径 (内护套)
- d4 外护套内径(屏蔽)
- d5 直径 (外护套)
- S2 壁厚 (线芯)
- S3 壁厚 (内护套)
- S5 壁厚 (外护套)

图 2 - 符合表 A. 4 的屏蔽多芯 HV 电缆的电缆结构



图中

- d1 直径 (导体)
- d2 直径 (线芯)
- d3 外护套直径 (屏蔽)
- d4 直径 (外护套)
- S2 壁厚 (线芯)
- S4 壁厚 (外护套)

图 3 - 符合表 A. 5 的屏蔽多芯 HV 电缆的电缆结构

5 型号代码的组成

电缆型号是基于 DIN 76722。另外，外护套颜色代码按 DIN 72551-7。

示例:

FHLR2GCB2G 16/0,21-B/T180

- 车辆高压电缆 (FHL)
- 薄壁 (R)
- 绝缘材料代码名称 - 硅橡胶 - (2G)
- 编织屏蔽 (C)
- 薄膜屏蔽 (B)
- 护套代码名称- 硅橡胶 - (2G)
- 标称导体截面积 16 mm^2 (16)
- 裸单丝导体结构，最大单丝直径 0,21 mm (0,21)
- 导体结构，不对称, B 型 (B)
- 最大长期工作温度 $T_{\max} 180 \text{ }^\circ\text{C}$ (T180)

6 材料

6.1 导体

见 VW 60306-1 和 VW 60306-2。

6.2 绝缘

承载作用持续时间为 3 000h 的最小和最大永久工作温度 (T_{\min} 和 T_{\max}) 必须符合表 2 中给出的温度等级，或例外情况根据图纸来选择。护套电缆的温度等级由温度等级较低的绝缘材料决定。

长期工作温度意味着电缆的使用不能因承载电流而升温；也就是说要在无电流状态下。电缆温升按 VW 60306-3 规范计算。

表 2 - 温度等级

按 ISO 6722-1 的温度等级	温度等级	长期工作温度 (3 000 h) T_{\min} °C to T_{\max} °C	短期工作温度 (240 h) (T_{\max} + 25) °C	热过载温度 (6 h) (T_{\max} + 50) °C
A	T85	-40 to 85	110 ±2	135 ±3
B	T100	-40 to 100	125 ±3	150 ±3
B (105)	T105	-40 to 105	130 ±3	155 ±3
C	T125	-40 to 125	150 ±3	175 ±3
D	T150	-40 to 150	175 ±3	200 ±3
E	T175	-40 to 175	200 ±3	225 ±3
E (180)	T180	-40 to 180	205 ±3	230 ±4
F	T200	-40 to 200	225 ±4	250 ±4
G	T225	-40 to 225	250 ±4	275 ±4
H	T250	-40 to 250	275 ±4	300 ±4
	Txyz	-40 to xyz	xyz +25	xyz 50

在特殊情况下，Txyz 可以对中间温度进行分类，例如温度等级 T135。

7 标识和交付条件

7.1 容器包装

容器的标记必须符合 VDA 第 6 卷第 1 部分的要求，并由供需双方商定。

7.2 制造商代码

按照 VW 60306-1 “制造商代码” 章节进行标记。此外，对于高压要求，必须做如下相关标记：

绝缘层必须标有制造商的代码，例如，通过印刷或凸印。或者，可以使用标记丝线。

横截面 >1 mm² 绝缘必须标记如下：闪电（作为一个符号）—注意高压最大 600V AC/1000 V DC—闪电（作为一个符号）。

必须选择字符大小具有足够的易于读取的清晰度。文本之间的未打印距离不得超过 200 mm。

注 1： 打印/标记也可由电缆制造商完成。

7.3 颜色/颜色代码

与 RAL 2003 相似的橙色必须用作基本的外护套颜色。

老化电缆 (6h、240h 和 3000h) 和未老化电缆的颜色必须记录在一张照片中 (也包括第 9.6.5 条、第 9.6.6 条和第 9.6.7 条)。

纵条纹色标可用于区分不同的高压电缆。必须将它们永久性地嵌入到绝缘层中。

推荐的色条颜色在表 3 中规定。

表 3 - 推荐的单芯电缆色条颜色

颜色	红	棕	蓝	绿	紫
应用	DC "+"	DC "-"	AC "L1"	AC "L2"	AC "L3"
示例	电池连接电缆		3 相电缆		

对于单芯护套电缆，芯绝缘的颜色可以是自然色。对于多芯电缆，内护套可以是自然色。

对于多芯电缆，最好使用以下芯线绝缘颜色（见表 4）：

表 4 - 推荐的护套电缆中的单芯电缆颜色

	红	绿/黄 ^{a)}	棕	蓝	黑	灰	推荐的颜色序列
5 芯		X	X	X	X	X	棕-蓝-绿黄-灰-黑
4 芯		X	X		X	X	棕-灰-绿黄-黑
3 芯		X	X	X			棕-蓝-绿黄
2 芯	X				X		红-黑

a) 根据 DIN EN 60445，绿色/黄色（GNYE）也可以是黄色/绿色（YEGN）。在所有情况下，保护接地的名称都保持绿色/黄色（GNYE）。
建议的颜色组合如下：
- 主色黄（YE）
- 辅色条绿（GN）

经协商允许使用不同的颜色代码。颜色必须符合 DIN72551-7。

7.4 交付条件

如果不符合这些交货条件，则货物将由供方负责退货。

7.4.1 目视检查

绝缘层（单芯电缆和护套）必须无结块、裂纹、气泡和夹杂物。必须能够使用标准剥线机剥去线芯绝缘层而不留下任何残留物。必须使用标准剥线机能够剥去护套绝缘层，而不损坏单个的单芯电缆和护套。

7.4.2 绝缘缺陷试验

按照 VW 60306-1 “绝缘故障试验” 章节的要求对线芯绝缘的绝缘故障进行试验。

外护套绝缘故障试验按 VW 75209-1 “绝缘故障试验” 一节进行。

这些测试可以在线芯和护套挤出过程中以及随后的复绕过程中进行。如果要重新复绕电缆，则无需在挤出过程中进行火花试验。火花测试仪的测试电压必须按表 5。

表 5 - 试验电压

标称导体截面 mm ²	试验电压 kV	
	绝缘	护套
< 0,5	6	8
≥ 0,5	8	8

缺陷必须按照 7.4.3.1 处理。

7.4.3 包装单元

包装单位必须由供需双方商定。

7.4.3.1 段长、接头、缺陷

在特殊情况下，规定长度可以由段长组成，并且必须单独标记：

- 一段长的接头不得超过电缆直径，并且在加工过程中不得断开。
- 必须通过移除 30 mm 至 100 mm 的绝缘层来识别接头和缺陷。

每个包装单元（例如轴）最多允许有 1 个接头。

电缆制造商和加工电缆的供方之间的协议有偏差是允许的。在这种情况下，必须根据要求通知该部门。

7.4.3.2 交付单元的标识

必须粘贴包装标记，使其始终可见，即使单元包装在托盘上。

必须确保可追溯性。

标记必须包含以下数据：

- 第 5 章规定的电缆型号
- 制造商
- 制造商编号
- 制造日期
- 配方编号（可选）
- 电缆长度
- 接头和缺陷的位置

8 一般测试条件

8.1 试验矩阵

试验矩阵见表 6。

表 6 - 试验矩阵

章条号	试验	认可试验			生产地试验	改变原材料	再鉴定试验	过程试验	特殊试验
		A1	A2 B2 C2 AL2	AL1					
7.2	制造商代码	X	X	X	X	X			
7.3	颜色/颜色代码	X	X	X	X	X			
7.4.1	目视检查	X	X	X	X	X		X	
7.4.2	绝缘缺陷检查 ^{a)}							X	

章条号	试验	认可试验			生产地 试验	改变原 材料	再鉴 定试 验	过 程 试 验	特 殊 试 验
		A1	A2 B2 C2 AL2	AL1	B1	C1	D	E	F
	试验范围								
9.1	电缆结构试验								
9.1.1	椭圆度	X	X	X	X	X	X	X	
9.1.2	编织角	X	X	X	X	X		X	
9.2	绝缘的物理和化学性能								
9.2.1	密度 b)	X				X	X		
9.2.2	热稳定性	X	X	X	X	X	X		
9.2.3	红外光谱测定	X	X	X	X	X			
9.2.4	拉伸强度和伸长率的测定	X	X	X	X	X	X		
9.2.5	耐撕裂性能	X			X	X	X		
9.2.6	交联度的测定	X	X	X	X	X	X	X	
9.3	交付条件的机械性能								
9.3.1	电缆护套的易剥性	X	X	X	X	X	X	X	
9.3.2	电缆护套的耐磨	X	X	X	X	X	X		
9.3.3	护套电缆的弯曲力	X	X	X	X	X			
9.3.4	护套绝缘的缺口强度	X		X					
9.4	护套电缆的耐燃烧	X	X	X		X	X		
9.5	交付条件的电性能								
9.5.1	绝缘和护套材料的体积电阻率	X				X			
9.5.2	30 分钟介电强度	X	X	X	X	X			
9.5.3	1 分钟介电强度测量 (仅作用承载后)	X	X	X	X	X			
9.6	承载热、机械和化学作用后的机械和电气性能								
9.6.1	应力试验 c)	X			X		X	X	
9.6.2	电缆护套高温下收缩	X	X	X	X	X	X		
9.6.3	电缆护套热压强度	X	X	X		X	X		
9.6.4	降额曲线的测定	X	X (仅 A2, AL2)	X					
9.6.5	热过载	X	X	X		X	X		
9.6.6	短期老化 (240h)								
9.6.6.1	短期老化后的卷绕试验	X	X	X	X	X	X		
9.6.6.2	静态布线的最小允许弯曲半径	X	X	X	X	X			

章条号	试验	认可试验			生产地试验	改变原材料	再鉴定试验	过程试验	特殊试验
		A1	A2 B2 C2 AL2	AL1	B1	C1	D	E	F
9.6.7	长期老化 (3000h)								
9.6.7.1	短期老化后的卷绕试验	X							
9.6.7.2	静态布线的最小允许弯曲半径	X							
9.6.8	低温卷绕试验 (-40 °C)	X	X	X	X	X	X		
9.6.9	低温冲击试验 (-15 °C)	X	X	X					
9.6.10	电线标志耐擦拭性	X							
9.6.11	水中老化电特性	X	X	X		X			
9.6.12	恒定湿热 (耐水解)	X							
9.6.13	耐臭氧 b)								X
9.7	霉菌试验 b)								X
9.8	兼容性试验								
9.8.1	按 ISO 6722-1 的耐化学品	X							
9.8.2	耐化学品	X							
10	电磁兼容试验								
10.1	平均波阻抗	X ^{d)}	X ^{e)}	X ^{d)}	X ^{e)}	X ^{e)}			
10.2	屏蔽电阻、转移阻抗和屏蔽衰减	X	X	X	X	X			
a) 电缆制造商必须提供相关文件。 b) 试验仅在每个配方的最大电缆横截面上进行。 c) 电缆横截面积不得 > 6 mm ² 。 d) - 长期老化 3000h 后测试 - 按 VW 75206-1 “湿热恒定 (水解试验)” 章节, 在 “湿热恒定” 3000 h 前后试验 - 在水中老化前后的测试 e) 接收状态下的测试									

文档:

根据方案 A、AI、B、C 和 D 完成的测试文件必须发送给需方。对于方案 E 和 F, 电缆制造商负责记录和存档。只有在提出要求时, 才有必要向需方提交。

试验范围/一般要求:

如果发布的版本超过 10 年, 则相关部门可能需要新的完整测试范围 A1。在这种情况下, 测试每种配方的最小横截面 (如 1,5mm²) 或最小横截面组合 (2×1,5mm²)。

试验范围 A1/A2:

主要制造地的测试包括以下内容:

- 新电缆
- 使用新配方的现有电缆

如有轻微的配方修改, 必须与相关部门确认。

按 A1, 测试范围 B 到 E 需要事先获得认可。

试验范围 AI1/AI2:

主要生产地的测试。

如果绝缘材料与具有可比横截面范围的其他电缆材料进行了试验和认可，则应进行试验。

试验范围 B1/B2:

相同的化合物，同一电缆制造商的不同场所。

如果绝缘材料已经按照 VW 60306-1 进行了认可，则应进行试验。

试验范围 C1/C2:

如果配方成分未经修改且至少适用于以下其中一种：

- 其他分包商提供的化学成分相同的原材料
- 配方生产地的变更

试验范围 D:

为更新制造样品批准（BMG）版本而进行的再鉴定试验的范围。不超过 10 年，必须与相关部门就是否需要重新认可达成一致。

测试范围 E:

推荐的过程中测试（例如，批量相关或连续测试）。供方对过程可靠性负责。

试验范围 F:

特殊试验范围：仅在相关部门要求时进行。

试验截面和芯组合：试验范围 A1/A11/B1/C1:

该试验范围必须在电缆护套壁厚最小的电缆上进行。

如果已经按照试验范围 A1 对较大截面或较大芯组合进行了试验，则必须与相关部门就较小截面或较小线芯组合的试验达成一致。

试验范围（短试验）A2/A12/B2/C2:

所有其他电缆或芯线组合。

8.2 标准气候

见 VW 60306-1。

8.3 试样

见 VW 60306-1。

8.4 数值修约

见 VW 60306-1。

9 试验

如果图纸和标准中有不同的规定，除非另有约定，一般以图纸注释为准。除按照第 6 条的要求外，还应对图纸中的所有要求进行试验。

9.1 电缆结构试验

测试程序见以下标准：

- VW 60306-1
- VW 60306-2
- VW 75209-1
- VW 75206-1
- VW 75206-2

此外，编织屏蔽的欧姆电阻必须按照 IEC 61196-1-101 测定。

尺寸根据附录 A 中的表和图纸注释测定。

对于多芯护套电缆，与相关部门协商后，结构需要允许使用辅助材料（如包带、薄膜、纱线、填充物）。

9.1.1 椭圆度

见 VW 75209-1。

如有偏差，可与相关部门商定新的值。

9.1.2 编织角

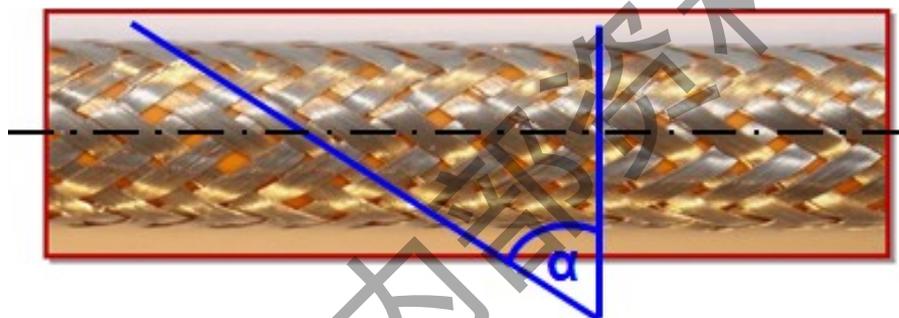
所需值可与相关部门达成一致。

编织角必须与电缆轴线横向确定。

清晰的定义如图 4 所示。

计量试验用合适的测量投影仪或显微镜进行。

编织角必须在数据表中注明。



图中

α 编织角

图 4 - 编织角定义的描述

9.2 电缆护套的物理和化学性能

从下述试验中获得的每个电缆试样的测量值必须附在试验报告的，以作为电缆的明确识别。
见 VW 60306-1。

9.2.1 密度

见 VW 60306-1。

9.2.2 热稳定

见 VW 60306-1。

9.2.3 红外光谱的测定

见 VW 60306-1。

9.2.4 抗张强度和断裂伸长率的测定

见 VW 60306-1 或 VW 75209-1。

9.2.5 耐撕裂性能

见 VW 60306-1。

9.2.6 交联度的测定

见 VW 60306-1。

9.3 交付条件下的机械性能

电缆的设计必须保证其加工完好。绝缘层不得有气泡、裂缝、结块或夹杂物。

9.3.1 电缆护套易剥性

试验程序按 VW 60306-1，要求按样品
必要时，供需双方必须就护套紧密配合度的相应值达成一致。

9.3.2 电缆护套耐磨

见 VW 75209-1。
根据样品的循环次数；至少 1500 个循环
可与相关部门商定偏离的循环数。

9.3.3 护套电缆的弯曲力

见 VW 75209-1。

9.3.4 护套绝缘的缺口强度

按照 VW 60306-1 的试验程序，要求按样品。
一旦钢丝和屏蔽层/箔之间建立电接触，则认为试验结束。

9.4 护套绝缘的耐燃烧

见 VW 75209-1。

9.5 交付状态的电性能

9.5.1 缆芯绝缘和电缆护套材料的体积电阻率

见 VW 75209-2。
与此不同的是，当横截面 $>16 \text{ mm}^2$ 时，被测电缆的浸入长度可以为 3m。
电缆护套材料的体积电阻率至少为 $10^{13} \Omega \text{ mm}$ 。
倘若电缆护套材料没有增加的电气要求电缆护套材料的体积电阻率至少为 $10^9 \Omega \text{ mm}$ 。

9.5.2 30 分钟介电强度

符合 VW 75210-1 的试验程序和要求
不得发生介质击穿。
试验按照 ISO 6722-1 “耐电压”一节进行。
- 屏蔽对溶液（3%NaCl 溶液）

9.5.3 1 分钟介电强度测量 (仅作用承载后)

见 VW 75206-2, 但是, 对于截面 $\leq 6,0 \text{ mm}^2$ 的 3kV 和截面 $>6.0 \text{ mm}^2$ 为 5kV。

- 芯对芯
- 芯到屏蔽
- 屏蔽对溶液（3%NaCl 溶液）
- 芯对溶液（3%NaCl 溶液）电缆的剥离方式必须使溶液能够穿透护套和单芯电缆之间（时效至少 4 h）。

9.6 承载机械、热或化学作用后的机械和电气性能

9.6.1 应力试验

按照 VW 75210-1 的单芯电缆试验程序。
对于多芯护套电缆, 必须为单根的电缆提供证据。

9.6.2 电缆护套的高温收缩

见 VW 75209-1。

9.6.3 电缆护套在高温下的抗压强度

见 VW 75210-1。

9.6.4 降额曲线的测定

9.6.4.1 导体通电

试验程序基于 VW 60306-3。

在不加屏蔽的情况下, 测量所用每种混合物/化合物的最小电缆截面。

多芯电缆必须对称通电, 如下所示 (屏蔽层未通电): 单芯电缆通过串联到电源通电:

- 2 芯 HV 电缆 2 芯通电;
- 3 芯 HV 电缆 如果 1 芯颜色为黄绿 2 芯通电
 如果没有显示芯色黄绿 3 芯通电
- 4 芯 HV 电缆 3 芯通电
- 5 芯 HV 电缆 3 芯通电

必须在测试报告中指定通电芯的数量及其颜色。

按 VW 60306-3, “a” 和 “b” 的特性电缆参数必须在每个电缆横截面的试验报告中给出。必须为每个电缆横截面给出用于计算的参数。

此外, 在最大温度连续通电下, 在下列温度下计算的特征参数 τ 必须在试验报告中给出:

- 23 °C

- 55 °C
- 85 °C
- 105 °C

最大持续通电是达到 T_{max} ，在环境温度下所需的电流。

必须显示以下图表（如 VW 60306-3 所示）：

- 规定环境温度和
- 在以下环境温度下，指定电流的温度升高：23°C，55°C、85°C 和 105°C。

9.6.4.2 屏蔽通电

试验是在 VW60306-3 的基础上进行的，但是屏蔽的降额，而不是导体。屏蔽按 VW 60306-3 通电。

屏蔽层和导体的温度是根据电压降计算的。用于计算的材料常数 ‘ α ’ 和 ‘ β ’ 必须记录在试验报告中。对于 CU-ETP1，也是按 VW 60306-3 中的注释。

对导体进行平行测量以确定系统的稳态。根据 VW 60306-3 从屏蔽内注入电流和屏蔽上测量的电压降确定线性电流基于的参数（a）和二次电流基于的参数（b），并在试验报告中给出。

9.6.4.3 确定电缆总温升

首先近似的认为电缆的总温差由屏蔽和导体之间的温差之和（公式（1））组成。

$$\Delta T_{total} = \Delta T_{导体} + \Delta T_{屏蔽} \quad (1)$$

电流/温升曲线图

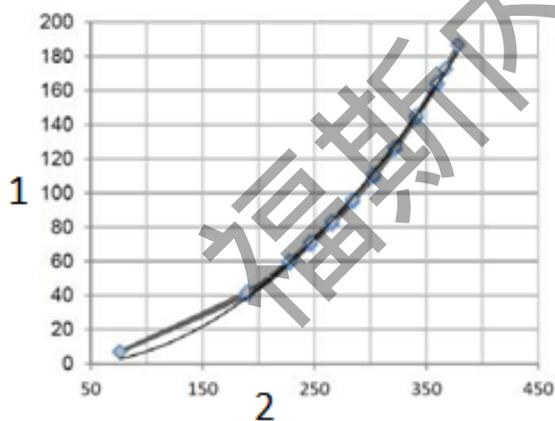


图 5 - 导体

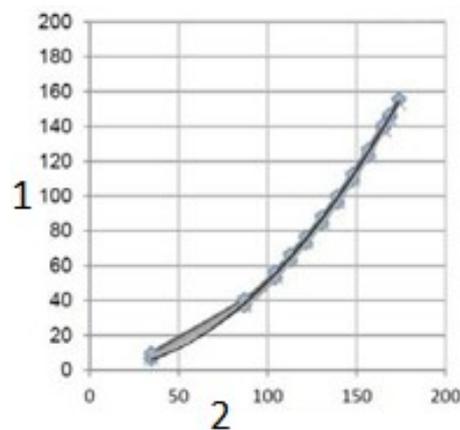


图 6 - 屏蔽

图中

- 1 温升 ΔT 单位 K
- 2 电流 单位 A

示例：

在导体电流为 180 A 和屏蔽电流为 110 A 时测定电缆的总温升。

导体（图 5）的电流/温升曲线图显示在 180 A 时的温差为 40 K；屏蔽层（图 6）的电流/温升图显示 110 A 时的温差为 60 K。根据公式（1），将这些温差相加，可得出 100 K 电缆的总温升。

9.6.5 热过载

见 VW 75209-1。

老化和未老化护套绝缘的颜色必须记录在一张照片中。
按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.6 短期老化 (240 h)

见 VW 75209-1。

老化和未老化护套绝缘的颜色必须记录在一张照片中。

9.6.6.1 短期老化后卷绕试验

见 VW 75209-1。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.6.2 静态布线的最小允许弯曲半径

见 9.6.7.2。

9.6.7 长期老化 (3 000 h)

见 VW 75209-1。

老化和未老化护套绝缘的颜色必须记录在一张照片中。

9.6.7.1 长期老化后的卷绕试验

见 VW 75209-1。

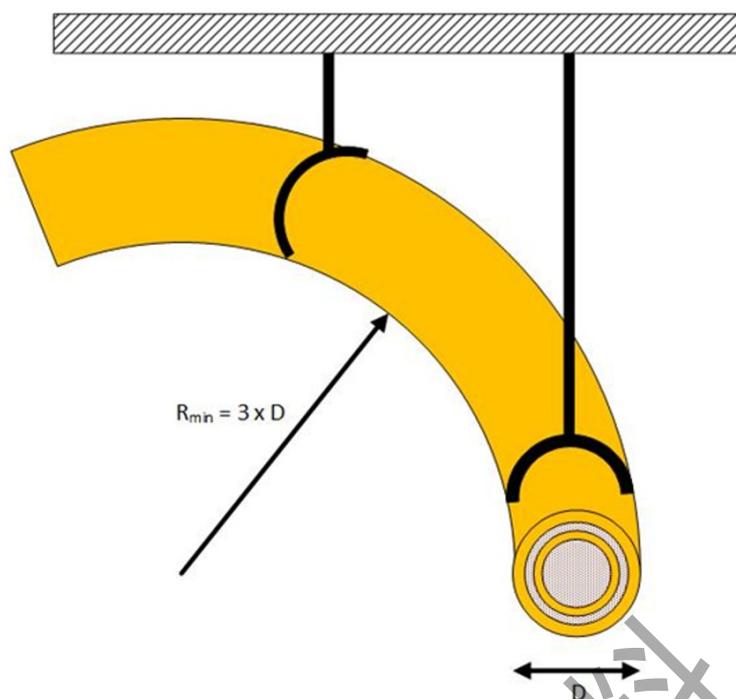
按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.7.2 静态布线的最小允许弯曲半径

符合 VW 75209-1 的试验程序和要求

电缆（包括固定件）在一个移动平面（见图 7）上布线。电缆的不同固定点之间不允许有相对运动。在车辆中静态布线的最小允许弯曲半径相当于电缆的 $3 \times$ 指定最大外径（见 VW 75209-1）。

电缆（包括固定件）在弯曲范围内布置在不同的运动平面上。电缆的不同固定点之间可能发生相对运动。对于车辆中的用例，最小弯曲半径必须与相应部门达成一致。以下为一般准则： $R_{\min} = 6 \times D$ （电缆的最大外径）。



图中

R_{min} 最小允许弯曲半径
 D 最大电缆规范外径

图 7 - 图示/最小允许弯曲半径的确定

9.6.8 低温卷绕试验 (-40 ° C)

见 VW 75209-1。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.9 低温冲击 (-15 ° C)

见 VW 75209-1。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.10 电缆/电缆护套标志的耐擦拭性

见 VW 75209-2。

9.6.11 水中老化电性能

见 VW 75209-2, “试验矩阵”表。

测试后, 电缆的颜色必须仍然可以识别。

根据测试矩阵进行高频测试:

将电缆弯曲成 U 形 (直径 $5 \times D_{max} \pm 5\%$, 例如用聚四氟乙烯胶带捆扎), 并存储在该位置。U 形的外侧有标记。

取下芯轴, 将绝缘至至少 40 厘米 50 厘米的试样浸入盐水 (1% 氯化钠溶液) 中, 并在 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的温度下储存。

在水中老化 1000 h 后, 将试样储存在标准大气 VW 50554 - 23/50-2 中 (90 至 120) min, 然

后在室温下 (RT) 在直线位置进行试验。对于每种情况下的第一次高频 (HF) 测量, 馈电线连接在 U 形外部的标记处。

电气试验:

对长度大于 2 m 的未组装试样进行电气试验。

被测装置 (DUT) 集中缠绕在直径为 $5 \times D_{\max} \pm 5\%$ 的芯轴上。(至少 3 圈)。系紧电缆 (例如, 用聚四氟乙烯胶带) 并取下芯轴。

将被测件的内导体和屏蔽连接在一起, 连接到 48 V 直流电源的正极端子上, 并在 $(85 \pm 2)^\circ\text{C}$ 的温度下在盐水 (1% 氯化钠溶液) 中老化 1000 h, 使 2 m 的被测件完全浸没。

电极表面: $(100 \pm 10) \text{ cm}^2$

电极材料: 铜

单位绝缘电阻按 ISO 6722-1 计算。公式 (2) 适用于计算:

$$\rho_0 = 2,725 \times \frac{l \times R}{\lg\left(\frac{D}{d}\right)} \quad (2)$$

式中

ρ_0	计算的单位绝缘电阻值, 单位 Ωmm
l	在盐溶液中的电缆长度, 单位 mm
R	测量的电阻, 单位 Ω
D	符合数据表的电缆最大外径, 单位 mm
d	符合数据表的整个屏蔽外径, 单位 mm
\lg	以 10 为底的对数

另外, 测试必须新的被测器件上以相反的极性进行。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.12 恒定湿热 (水解试验)

见 VW 75209-1。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.6.13 耐臭氧

见 VW 60306-1。

9.7 霉菌试验

见 VW 60306-1。

9.8 兼容性试验

9.8.1 按 ISO 6722-1 的耐化学品

见 VW 60306-1 或 VW 75209-1。

按第 9.5.3 测试介电强度。

9.8.2 耐化学品和线束胶带

见 VW 60306-1 或 VW 75209-1。

试验程序和要求符合 VW 60306-1, “横截面试验 $\geq 4 \text{ mm}^2$ ”的要求。

按第 9.5.3 测试介电强度。

10 电磁兼容性试验

10.1 平均波阻抗

平均波阻抗必须按 IEC 62153-4-6 “设备” 章节测定, 包括电容和信号传播延迟。对于多芯电缆, 在准同轴系统 (短路线芯作为内导体到屏蔽) 中确定平均波阻抗。

或者, 可以通过 TDR 测量来确定波阻抗。

10.2 屏蔽电阻、转移阻抗和屏蔽效果

试验必须在 10 kHz 至 1 GHz 的频率范围内, 按 IEC 62153-4-6 进行。

直流屏蔽电阻在低频段占主导地位。随着频率的增加, 传输阻抗是特征变量。

评估在 30MHz 以下进行。超过 30MHz 的测量结果仅供参考。

10.2.1 测量装置

试验装置见 IEC 62153-4-6。

被测器件的耦合长度为 500mm。从终端电阻到连接器的 DUT 总长度为 $1000 \pm 100 \text{ mm}$ 。此处必须使用合适的接头 (例如 N 接头)。

终端电阻必须适用于整个频率范围内的高频。不得使用碳膜和线圈 (绕线) 电阻器。如有必要, 通过安装在 N 连接器中用网络分析仪 (NWA) 上的反射测量进行验证。通过并联多个金属层或表面贴装器件 (SMD) 电阻, 可以提高反射系数。

测量装置必须通过平面夹具 (见图 8) 确保屏蔽层在整个圆周上的可靠电接触 (最好是黄铜)。必须确保屏蔽没有损坏。

整个测量装置必须使用绝缘 (无接地平面接触) 进行操作。参考接地仅由 NWA 提供。必须确保装置附近没有金属物体 (最小间隔: 20 cm)。

作为解决方案允许使用附加编织屏蔽层 (见图 8 中) 填充接触间隙 (见图 8 左)。电缆屏蔽环周封闭夹块接触 (见图 8 右)。标准解决方案必须使用合适的试块作为电接触。



图 8 -屏蔽电接点夹块

两个夹紧点之间的电阻不得超过参考被测件夹紧长度测得的屏蔽欧姆电阻的 10%。

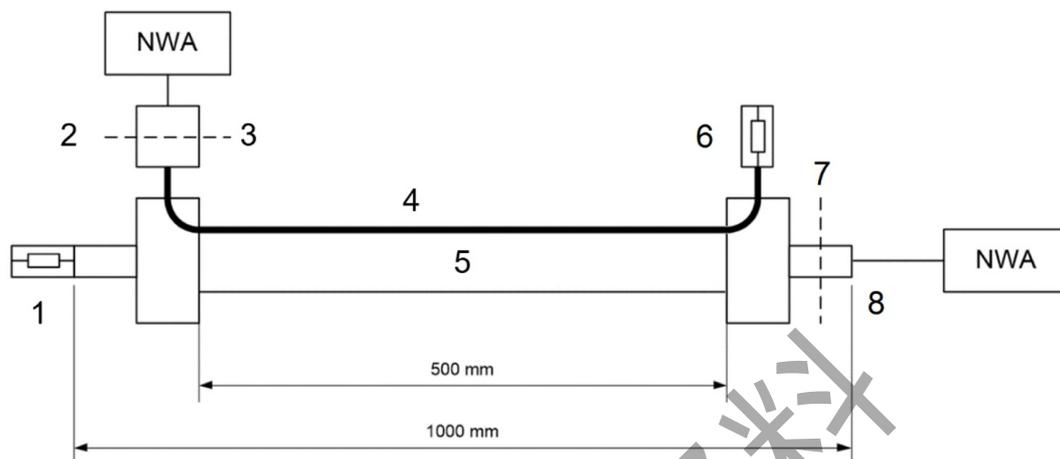
必须确保耦合的特性在测量过程中不会发生变化。为此, 尤其是馈电电缆的固定方式必须确保

在整个长度上与测试电缆直接接触。

耦合线的反射系数的大小在所有点上都必须小于 0,1。这必须记录在反射测量和随后的 FFT（时域反射计，TDR）中。只有稍后进行测量的频率范围才是相关的。

必须在系统阻抗为 50 Ω 的发送器和接收器处进行测量。任何阻抗失配都不能纠正。尤其是，这意味着不得使用阻抗适配器电路或 NWA 的端口 Z 转换功能。

（这是为了防止测量结果取决于阻抗适配器电路设置的质量或不同 NWA 制造商的转换算法。）



图中

- 1 平均波阻抗 Z_3
- 2 发送器校准电平
- 3 供电连接
- 4 耦合线
- 5 屏蔽 HV 电缆 (被测电缆)
- 6 电阻 Z_0 (50 Ω)
- 7 接收器校准电平
- 8 接收器连接

图 9 — 测量转移阻抗的测量装置

10.2.2 测量程序

必须使用“OSL”（开短路负载）和“Thru”作为 NWA 的校准方法。网络分析仪的校准电平如图 9 所示。

由于截止频率较高，必须使用“远端”配置进行测量。每种情况下测量 3 个 DUT。将被测件再转动 120° 并重复测量，以便在每个被测件沿圆周的三个不同位置进行三次测量。

在初始条件下和工作寿命试验后进行测量。

10.2.3 评价

评价时必须确定转移阻抗 Z_T 。从测量的耦合衰减到转移阻抗 Z_T 的转换基于 IEC 62153-4-6 “测试结果评价”条款的公式 2，并使用公式 (3) 中的假设进行简化。

$$Z_E = Z_S = Z_0 = 50 \Omega \quad (3)$$

式中

- Z_E 测量接收器的输入阻抗，单位 Ω
- Z_S 测量发送器的输出阻抗，单位 Ω

Z_0 耦合线终端电阻(50 Ω)

对于公式 (4):

$$Z_T = \frac{(Z_3 + 50 \Omega)}{l} \times 10^{-\frac{A_T}{20}} \quad (4)$$

式中

Z_T 转移阻抗, 单位 $m\Omega/m$
 Z_3 DUT 的转移阻抗 (DUT 的平均波阻抗)
 l DUT 的耦合长度
 A_T 在测量接收器和测量发送器之间网络分析仪上的测量电平/电压比, 单位 dB。

必须为评价准备一份单独的测试报告, 并在没有进一步要求的情况下提交给相应部门。测试报告必须包括被测件的说明、测量装置的文件、测量结果的记录(反射系数、耦合衰减)以及屏蔽高压电缆所有角度转移阻抗的计算和绘图。

在图 9 所示的测量设置中, 通过测量连接电缆系统的耦合可能导致低频范围内的测量误差。观察不同段的描绘 DC 部分的趋势并不一致。在这种情况下, 必须使用毫欧计(四线测量)测定被测器件的直流电阻, 并且必须记录。

10.2.4 限值

对于电压等级 1, 最大直流电阻 R_{DC1} (见附录 A 中的结构表), 适用于从 (0 到 1) MHz 的范围。

对于电压等级 1, 转移阻抗的限值 Z_{T1} 按公式 (5), 适用于从 (1 至 30) MHz 的范围:

$$Z_{T1} = R_{DC1} \left(\frac{m\Omega}{m} \right) \times f(MHz)^{0,68} \quad (5)$$

对于电压等级 2, 最大直流电阻 $R_{DC2} = 0.65 \times R_{DC1}$, 适用于从 (0 到 1) MHz 的范围。

对于电压等级 2, 转移阻抗的限值 Z_{T2} 按公式 (6), 适用于从 (1 至 30) MHz 的范围:

$$Z_{T2} = 0,65 \times R_{DC1} \left(\frac{m\Omega}{m} \right) \times f(MHz)^{0,68} \quad (6)$$

11 环境保护和安全

除适用的法律要求外, 还必须满足 VDA 232-101 (有害物质清单) 的要求。

12 适用文件

引用的下列文件对本文件的应用是必要的:

所引用的一些文件是从德文原件翻译而来的。这些文件中德语术语的翻译可能与本标准中使用的不同, 从而导致术语不一致。

标题为德语的标准只能用德语提供。其他语言版本可从发布标准的机构获得。

VW 50554 标准气候和室温, 对标准气候的要求
VW 60306-1 机动车用电缆第 1 部分; 非屏蔽单芯铜电缆

VW 60306-2	机动车用电缆第 1 部分；非屏蔽单芯铝电缆
VW 60306-3	车辆电缆的载流量的测定
VW 75205	对绞和绞合绞电缆；要求和试验
VW 75206-1	汽车用射频电缆；同轴电缆
VW 75206-2	汽车用射频电缆；非同轴电缆（德文）
VW 75209-1	机动车辆用护套电缆，要求和试验
VW 75209-2	机动车辆用模拟和低频屏蔽护套电缆；要求和试验
VW 75210-1	机动车辆及其电动用非屏蔽高压单芯和护套电缆； 要求和试验
DIN 72551-7	道路车辆 – 低压电缆 – 第 7 部分：低压电缆颜色和颜色标记
DIN 76722	道路车辆 – 电缆 – 缩写代码设计规则
DIN EN 13602	铜和铜合金 – 制造电导体用拉制圆铜线
DIN EN 60445	人机界面标记和识别的基本和安全原则 - 标记和识别 - 设备端子，导体端子和导体的识别（IEC 60445:2010）；德文版 EN 60445:2010
DIN EN ISO/IEC 17025	测试和校准实验室能力的一般要求
IEC 61196-1-101	同轴通信电缆 – 第 1-101 部分：电气试验方法 – 电缆导体电阻的测试
IEC 62153-4-6	金属通信电缆试验方法 – 第 4-6 部分：电磁兼容 (EMC) – 表面转移阻抗 – 线注入法
ISO 6469-3	电动道路车辆 – 安全要求 – 第 3 部分：电气安全
ISO 6722-1	道路车辆 - 60 V and 600 V 单芯电缆 – 第 1 部分：铜导体电缆的尺寸，试验方法和要求
VDA 232-101	全球汽车限制物质清单
VDA 第 6 卷第 1 部分	汽车行业质量管理 – 第 1 部分：质量管理体系 审核；批量生产

附录 A (资料性附录)

以下为本附录的清单:

表A.1 "FHLR 导体结构, 对称 A 型/非对称 B 型"

表A.2 "FHLR 导体结构, 非对称, 细单丝/柔韧, B 型"

表A.3 "FHLALR 导体结构, 非对称, B 型"

表A.4 "导体结构, 对称 A 型/非对称 B 型"

表A.5 "导体结构, 非对称, B 型"

福斯内部资料

A.1 单芯, 屏蔽, 高压电缆 - 铜导体 A 型/ B 型 - 仅对 EMC 1 级¹⁾有效

福斯内部资料

¹⁾ 见 10.2.4. "限值" 的公式。

表 A.1 - FHLR 导体结构, 对称 A 型/非对称 B 型

标称导体截面	单丝 a)		导体					线芯			屏蔽				外护套							
	根数 b)	直径	直径 d1	截面 c)		20 °C 电阻, 裸单丝		直径 d2		绝缘壁厚 S1	同心度系数 C ^{d)}	铝箔重叠率	镀锡铜编织屏蔽		直径 d3		壁厚 S2	同心度系数 C ^{d)}				
mm ²	根	mm	mm	mm ²		mΩ/m		mm		mm	%	%	%	mΩ/—	mm	mm		mm	%			
标称		最大	最大	最大	最小	最大	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最小	最小			
1,5	19 30	0,32 0,26	1,7	1,47	1,36	12,7	11,7	2,4	-0,2	0,24				33,0	0,11	4,0						
2,5	19 50	0,41 0,26	2,2	2,45	2,27	7,60	7,04	3,0	-0,3	0,28	45	20	85	28,4	4,7	-0,5	0,38	45				
4	56	0,31	2,8	3,95	3,66	4,71	4,36	3,7		0,32				14,9						5,8		
6	84		3,4	5,93	5,49	3,14	2,91	4,3		13,7				6,5						0,46		
10	80	0,41	4,5	10,2	9,47	1,82	1,69	6,0	0,48	9,9				8,8	0,16	9,1	9,5			0,7	45	
12	96		5,4	12,3	11,3	1,52	1,41	6,5	-0,6	0,52				8,4		10,2						
16	126		5,8	16,1	14,9	1,16	1,07	7,2		7,8				11,0								
20	152		6,9	19,5	18,1	0,955	0,884	7,8	5,1	12,2				-0,6		0,75						
25	196		7,2	25,1	23,2	0,743	0,688	8,8	0,64	4,7					13,4							
30	224		8,3	28,8	26,6	0,647	0,599	9,6		-0,7					4,4		14,4					
35	276		8,5	35,3	32,7	0,527	0,488	10,5	4,1						15,0							
40	308		9,6	39,4	36,5	0,473	0,438	11,1	0,71	4,1	15,0	0,8										
50	396	10,5	50,6	46,9	0,368	0,341	12,2	3,8		15,8												

表 A. 1 (续)

标称 导体 截面	单丝 a)		导体					线芯				屏蔽			外护套				
	根数 b)	直径	直径 d1	截面 c)		20 °C 电阻, 裸单 丝		直径 d2		绝缘壁 厚 S1	同心度 系数 C ^{d)}	铝箔重 叠率	镀锡铜编织			直径 d3		壁厚 S2	同心度 系数 Cd)
				视觉覆 盖率	20 °C 电 阻	单丝直 径	视觉覆 盖率	20 °C 电 阻	单丝直 径				视觉覆 盖率	20 °C 电 阻	单丝直 径				
mm ²	根	mm	mm	mm ²		mΩ/m		mm		mm	%	%	%	mΩ/m	mm	mm		mm	%
标称		最大	最大	最大	最小	最大	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最小	最小
70	360	0,51	12,5	71,9	66,6	0,259	0,240	14,4	-1,4	0,8	45	20	85	3,2	0,21	18,2	-0,8	0,9	45
95	475		14,8	95,0	88,0	0,196	0,181	17,2		0,9				2,2	0,26	20,9		0,92	
120	608		16,5	121	112	0,153	0,146	19,0		1,28				2,0	23,0	1,16			

a) 其他铜单丝直径和钢单丝数量可由相关部门和供方商定。
 b) 允许有轻微偏差:
 — 对于>50 根±5%, 只要电阻和最大单丝直径粘符合要求。
 — 对于≤50 根, 不允许出现偏差。
 c) 以 58.0 Sm/mm² 的特定导电率值计算 (镀锡电缆的导电率符合 DIN EN 13602); 通过电阻测量进行质量控制。
 d) C[%] = (s_{min}/s_{max}) × 100; s_{max} 不得位于 s_{min} 对面。S_{min}: 最小壁厚 S_{max}: 最大壁厚。
 e) 铝箔作为选项可用作编织屏蔽层下方或上方。

A.2 单芯, 屏蔽, 高压电缆 - 铜导体, 细单丝/柔韧, B型 - 仅对 EMC 1 级²⁾有效

福斯内部资料

2) 见 10.2.4. "限值" 的公式。

表 A.2 - FHLR 导体结构, 非对称 细单丝/柔韧 B 型

标称导体截面	单丝 a)		导体					线芯				屏蔽			外护套				
	根数 b)	直径	直径 d1	截面 c)		20 °C 电阻, 裸单丝		直径 d2		绝缘壁厚 S1	同心度系数 C ^{d)}	铝箔重叠率	镀锡铜编织屏蔽		直径 d3		壁厚 S2	同心度系数 C ^{d)}	
mm ²	根	mm	mm	mm ²		mΩ/m		mm		mm	%	%	视觉覆盖率	20 °C 电阻	单丝直径	mm		mm	%
标称		最大	最大	最大	最小	最大	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最小	最小
4	120	0,21	2,8	3,95	3,66	4,71	4,36	3,7	-0,3	0,32	45	20	85	14,9	0,16	5,8	-0,5	0,38	45
6	183		3,4	5,93	5,49	3,14	2,91	4,3						13,7		6,5		0,46	
10	320		4,5	10,2	9,47	1,82	1,69	6,0						9,9		8,8			
12	380		5,4	12,3	11,3	1,52	1,41	6,5	-0,6	0,48				9,1	9,5	10,2	0,7		
16	512		5,8	16,1	14,9	1,16	1,07	7,2		0,52				8,4	10,2				
20	610		6,9	19,5	18,1	0,955	0,884	7,8	-0,7	0,64				7,8	11,0	-0,6	0,75		
25	790		7,2	25,1	23,2	0,743	0,688	8,8						5,1	12,2		0,75		
30	900		8,3	28,8	26,6	0,647	0,599	9,6						4,7	13,4				
35	1 070		8,5	35,3	32,7	0,527	0,488	10,5	-0,7	0,71				4,4	14,4	0,8			
40	1 200		9,6	39,4	36,5	0,473	0,438	11,1						4,1	15,0				
50	1 600		10,5	50,6	46,9	0,368	0,341	12,2	-1,4	0,8				3,8	15,8	-0,8	0,9		
70	2 175		12,5	71,9	66,6	0,259	0,240	14,4						3,2	18,2		0,9		
95	3 000		14,8	95,0	88,0	0,196	0,181	17,2						2,2	20,9		0,92		
120	3 700		16,5	121	112	0,153	0,146	19,0	1,28	2,0				23,0	1,16				

- a) 其他单丝直径和单丝数量可由相关部门和供方商定。
- b) 允许有轻微偏差：
 — 对 > 50 根 ± 5%，只要电阻和最大单链直径粘附在一起。
 — 对于 ≤ 50 根，不允许出现偏差。
- c) 以 58.0 Sm/mm² 的特定导电率值计算（镀锡电缆的导电率符合 DIN EN 13602）；通过电阻测量进行质量控制。
- d) $C[\%] = (s_{min}/s_{max}) \times 100$ ； s_{max} 不得位于 s_{min} 对面。 s_{min} ：最小壁厚 s_{max} ：最大壁厚。
- e) 铝箔作为选项可用作编织屏蔽层下方或上方。

A.3 单芯, 屏蔽, 高压电缆 - 铝导体, B型 - 仅 EMC 1 级³⁾ 有效

福斯内部资料

³⁾ 见 10.2.4. "限值" 的公式。

表 A.3 - FHLALR 导体结构, 非对称 AI, B 型

标称导体截面	单丝 a)		导体					线芯				屏蔽			外护套				
	根数 b)	直径	直径 d1	截面 c)		20 °C 电阻, 裸单丝		直径 d2		绝缘壁厚 S1	同心度系数 C ^{d)}	铝箔重叠率	镀锡铜编织屏蔽			直径 d3	壁厚 S2	同心度系数 C ^{d)}	
				视觉覆盖率	20 °C 电阻	单丝直径	视觉覆盖率	20 °C 电阻	单丝直径										
mm ²	根	mm	mm	mm ²		mΩ/m		mm		mm	%	%	%	mΩ/m	mm	mm		mm	%
标称		最大	最大	最大	最小	最大	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最小	最小
10	50	0,52	4,5	10,2	9,47	3,03	2,81	6,0	-0,6	0,48	45	20	85	9,9	0,16	8,8	0,7	45	
12	60		5,4	12,3	11,3	2,53	2,34	6,5		9,1				9,5					
16	78		5,8	16,1	14,9	1,93	1,79	7,2		8,4				10,2					
20	95		6,9	19,5	18,1	1,59	1,47	7,8		7,8				11,0					
25	122		7,2	25,1	23,2	1,24	1,15	8,8	-0,7	0,52				5,1	0,21	12,2	-0,6		0,75
30	141		8,3	28,8	26,6	1,08	1,00	9,6		0,64				4,7		13,4			
35	172		8,5	35,3	32,7	0,878	0,813	10,5	-1,4	0,71				4,4		14,4	0,8		
40	193		9,6	39,4	36,5	0,788	0,730	11,1		4,1				15,0					
50	247		10,5	50,6	46,9	0,613	0,568	12,2	3,8	15,8									
70	351		12,5	71,9	66,4	0,432	0,400	14,4	3,2	18,2				0,9					
95	463		14,8	95,0	88,0	0,327	0,303	17,2	2,2	20,9				-0,8	0,92				
120	304		0,72	16,5	122	113	0,255	0,236	19,0	1,28				2,0	0,26	23,0	1,16		

- a) 其他单丝直径和单丝钢绞线数量可由相关部门和供方商定。
- b) 允许有轻微偏差：
 — 对于>50 根±5%，只要电阻和最大单链直径粘附在一起。
 — 对于≤50 根，不允许出现偏差。
- c) 以 35.5 Sm/m² 的比电导率值计算；通过电阻测量进行质量控制。
- d) $C[\%] = (s_{min}/s_{max}) \times 100$ ； s_{max} 不得位于 s_{min} 对面。 s_{min} ：最小壁厚 s_{max} ：最大壁厚。
- e) 铝箔作为选项可用作编织屏蔽层下方或上方。
- 注 A.1：类似于 Cu 的程序，表 A.3 中标称横截面对应于的圆形、最大 AI 横截面。

A.4 多芯, 屏蔽, 高压电缆 - 铜导体 A型/B型

福斯内部资料

表 A.4 - 导体结构, 对称 A 型/非对称 B 型

导体 a)					线芯				填芯		屏蔽					外护套								
芯数	标称 导体 截面	单丝根 数	单丝直 径	直径 d1	20 °C 电 阻,b)裸 单丝	直径 d2	绝缘壁 厚 S2	同心度 系数 Cc)	直径 d3	填芯壁 厚 S3	铝箔重 叠率	镀锡铜 视觉覆 盖率	编织屏蔽 20 °C 电阻	单丝直 径	直径 d4	直径 d5	绝缘壁 厚 S5	同心度 系数 Cc)						
	mm ²	根	mm	mm	mΩ /m	mm	mm	%	mm	mm	%	%	mΩ /m	mm	mm	mm	mm	%						
	标称		最大	最大	最大	最大	公差	最小	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最大	公差	最小	最小		
2 ×	1.5	19 30	0,32 0,26	2,8	13.2	2.4	-0.2	0.22		5.8					10.0	6.5		8.5						
3 ×										6.2					10.0	6.9		9.1						
4 ×										6.8					9.1	7.5		7.8					8.1	10.3
5 ×										7.4					7.8	8.1		10.3						
2 ×	2.0	19 40	0,38 0,26	3,1	9.7	2.8		0.24	45	6.7	0,38	20	85	0,16	9.1	7.4	-0,4	9.1						
3 ×										7.1					7.8	7.8		9.7						
4 ×										7.8					7.8	8.5		10.8						
5 ×										8.6					6.8	9.3		11.8						
2 ×	2.5	19 44	0,41 0,26	3,4	7.8	3.0	-0,3	0.24		6.9	-0,4				8.4	7.6		9.9						
3 ×										7.4					7.8	8.1		10.4						
4 ×										8.1					7.3	8.8		11,1						
5 ×										8.9					6.9	9.6		12,1						
2 ×	3.0	19 50	0,47 0,31	2,4	6,3	3,4		0.28		7.9					7.8	8.6		10.9						
3 ×										8.3					7.3	9.1		11.6						
4 ×										9.3					6.4	10.0		12.6						
5 ×										10.4					4.4	0,21		11.3					-0,5	13.9

a) 其他单丝直径和单丝数量可由相关部门和供方商定。

b) 基于根据 VW 60306-1 确定的数据, 包括符合 VW 75205 和 VW 75209-2 的绞合和变形系数; 通过电阻测量进行质量控制。

c) $c[\%] = (S_{min}/S_{max}) \times 100$; S_{max} 不得位于 S_{min} 对面。 S_{min} : 最小壁厚 S_{max} : 最大壁厚。

A.5 多芯, 屏蔽, 高压电缆 - 铜导体 B 型

福斯内部资料

表 A.5 - 导体结构, 非对称, B 型

导体 a)						线芯			填芯		屏蔽					外护套						
芯数	标称 导体 截面	单丝根 数	单丝直 径	直径 d1	20 °C 电 阻,b)裸 单丝	直径 d2	绝缘壁 厚 S2	同心度 系数 Cc)	直径 d3	填充壁 厚 S3	铝箔重 叠率	镀锡铜编织屏蔽			直径 d4	直径 d5	绝缘壁 厚 S5	同心度 系数 Cc)				
												视觉覆 盖率	20 °C 电阻	单丝直 径					视觉覆 盖率	20 °C 电阻	单丝直 径	
	mm ²	根	mm	mm	mΩ	mm	mm	%	mm	mm	%	%	mΩ	mm	mm	mm	mm	mm	%			
	标称		最大	最大	最大	最大	公差	最小	最小	最大	公差	最小	最小	最小	最大	最大	最大	公差	最大	公差	最小	最小
2 ×	4,0	56	2,8	4,8	3,7	-0,3	0,28	45	8,3	-0,4	0,38	20	85	7,3	0,16	9,0	-0,4	11,3	-0,6	0,76	45	
3 ×														6,9		9,6		12,1				
4 ×														4,4	10,7	13,3						
5 ×														4,1	11,9	14,5						
2 ×	5,0	70	3,1	4,0	4,2	-0,3	0,28	45	9,6	-0,4	0,38	20	85	6,4	0,16	10,3	-0,4	12,7	-0,6	0,82	45	
3 ×									10,3					4,4		11,2		13,8				
4 ×									11,4	3,8				12,3	14,9							
5 ×									12,5	3,6				13,4	16,1							
2 ×	6,0	84	3,4	3,2	4,3	-0,3	0,28	45	9,7	-0,4	0,38	20	85	6,1	0,16	10,4	-0,4	12,8	-0,6	0,82	45	
3 ×									10,5					4,4		11,4		14,1				
4 ×									11,4	3,8				12,3	15,1							
5 ×									12,6	3,6				13,5	16,3							

a) 其他单丝直径和单丝数量可由相关部门和供方商定。

b) 基于根据 VW 60306-1 确定的数据, 包括符合 VW 75205 和 VW 75209-2 的绞合和变形系数; 通过电阻测量进行质量控制

c) $c[\%] = (S_{min}/S_{max}) \times 100$; S_{max} 不得位于 S_{min} 对面。 S_{min} : 最小壁厚 S_{max} : 最大壁厚。