

光伏组件电缆

— 符合 Class II 安全结构的 TÜV 认证要求

1 前言

本文献主要阐述了针对光伏系统用电缆的特殊要求。特别是针对组成电缆的导体、绝缘层和护套以及最终的电缆作出了相应的技术规范。

主要引用标准如下：

1. IEC 60245—4: 1994 的第四部分
2. HD 22.13 S1:1996+A1:2000 的第三部分
3. IEC 60245-1:1985 的相关部分
4. IEC 60245-2:1980 的相关部分

2 一般要求

2.1 标称电压

满足本文献要求的电缆必须适用于系统工作电压不大于 1000VDC 的应用场合。因此，电缆的额定标称电压不能小于 1000VDC。

2.2 使用寿命

在轻微负载的条件下，电缆必须适用于户外长期使用。

2.3 环境温度

电缆须满足的环境温度要求为：-40°C to +85°C。

3 结构要求

3.1 导体

导体数目：1 或 2

导体必须由软的退火铜和满足 HD 383 (VDE 0295)标准规定的第 5 等级的要求。单线导体可以是裸铜线，也可以是镀锡线。

3.2 绝缘层

绝缘层可由 EI 6 型的橡胶混合物或者 EI 8 类型的交叉链混合物组成的。

绝缘层厚度必须符合表格 1，第 2 栏的值。对于表格 1 第 3 栏的被称之为被减少的最小值，只有所用绝缘材料的拉伸强度满足大于等于 12.5 N/mm² 的条件下，方可采用。

对于由 EI 8 类型的交叉链混合物组成的绝缘层，如能满足表 2 的测试项目，则表格 1 第 3 栏的被称之为被减少的最小值也可以采用。

3.3 橡胶纤维带

橡胶纤维带可以被使用在每个绝缘导体上。

假如标称截面积大于 4 mm²的绝缘导体的绝缘层被橡胶纤维带覆盖，那么纤维带在进行圆筒状卷绕时，必须有 1 毫米的交迭。

纤维带被拆卸时，不能损坏绝缘层。

3.4 绝缘导体的分布

省略（本条款仅对多导体的情况适用）

光伏组件电缆

— 符合 **Class II** 安全结构的 TÜV 认证要求

3.5 护套

电缆必须是双重绝缘结构，护套的绝缘材料及厚度应满足下述要求：

3.5.1 用于绝缘层由 EI 6 橡胶混合物组成的护套，其材料及厚度的要求为：

a) 电缆护套厚度不大于 2.4mm:

- 单层护套必须使用 **EM2** 橡胶混合物或者类似的材料。

b) 电缆护套厚度大于 2.4 mm:

- 单层护套必须使用 **EM2** 橡胶混合物。
- 若为双层护套，则内层必须使用 **EM2** 或者 **EM3** 橡胶混合物，外层必须使用 **EM2** 橡胶混合物。

3.5.2 用于绝缘层由 EI 8 交叉链混合物组成的护套，其材料及厚度的要求为：

a) 电缆护套厚度不大于 2.4mm:

- 单层护套必须使用 **EM8** 交叉链混合物或者类似的材料。

b) 电缆护套厚度大于 2.4 mm:

- 单层护套必须使用 **EM8** 交叉链混合物。
- 若为双层护套，则内层必须使用 **EM8** 或者 **EM10** 交叉链混合物，外层必须使用 **EM8** 交叉链混合物。

护套厚度必须符合表格 1，第 8 栏的值和满足表 2 的测试项目。

当剥去护套时，电缆的绝缘层不应损坏。

4 试验

通过表 2 的检测内容，可以判定带有护套的电缆是否满足本文献第二章节规定的要求。

光伏组件电缆
— 符合 **Class II** 安全结构的 **TÜV** 认证要求

表 1

1	2	3	4	5	6	7	8
导体数目和 标称截面积	绝缘层厚度 规格值	绝缘层厚度 减少后的最 小值	护套厚 度 规格值 单层	护套厚度 规格值		一束铜导 体直径	护套厚度 减少后的 最小值
				双层			
				护套内 层	护套外 层		
mm ²	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1 x 1.5	0.8	0.55	1.4	-	-	3.0	0.7
1 x 2.5	0.9	0.60	1.4	-	-	3.75	0.75
1 x 4	1.0	0.65	1.5	-	-	4.5	0.8
1 x 6	1.0	0.70	1.6	-	-	5.25	0.85
1 x 10	1.2	0.80	1.8	-	-	6.0	0.9
1 x 16	1.2	0.90	1.9	-	-	6.75	0.95
1 x 25	1.4	1.00	2.0	-	-	7.5	1.0
1 x 35	1.4	1.1	2.2	-	-	9.0	1.1
1 x 50	1.6	1.2	2.4	-	-	10.5	1.2
1 x 70	1.6	1.3	2.6	1.0	1.6	12.0	1.3
1 x 95	1.8	1.4	2.8	1.1	1.7	13.5	1.4
1 x 120	1.8	1.5	3.0	1.2	1.8	15.0	1.5
1 x 150	2.0	1.6	3.2	1.3	1.9	16.5	1.6
1 x 185	2.2	1.7	3.4	1.4	2.0	18.0	1.7
1 x 240	2.4	1.9	3.5	1.4	2.1	19.5	1.8
1 x 300	2.6	2.0	3.6	1.4	2.2	21.0	1.9
1 x 400	2.8	2.2	3.8	1.5	2.3	22.5	2.0
1 x 500	3.0	2.4	4.0	1.6	2.4	24	2.1
2 x 1	0.8	0.55	1.3	-	-	27	2.3
2 x 1.5	0.8	0.55	1.5	-	-	30	2.5
2 x 2.5	0.9	0.60	1.7	-	-	33	2.7
2 x 4	1.0	0.65	1.8	-	-	36	2.9
2 x 6	1.0	0.70	2.0	-	-	39	3.1
2 x 10	1.2	0.80	3.1	1.2	1.9	42	3.3
2 x 16	1.2	0.90	3.3	1.3	2.0	45	3.5
2 x 25	1.4	1.00	3.6	1.4	2.2	48	3.7
						51	3.9
						54	4.1
						57	4.3
						60	4.5

1	2	3	4	5	6	7	8
序号	测试	单位	检验与测试的说明		规定值	记录值	评判
			标准	相关条款			
2.5	电气强度 (仅针对由交叉链聚合物材料) 测试条件: - 测试样品的最小长度 (参考 2.3) - 最短浸水时间 - 水温 应用 D.C. 测试电压:	5 m 2 hrs 20±5°C 80-500 V	HD 22.2	2.4	根据附录 D 到 HD 22.2: $R=0.0367*\lg(D/d)$ in MΩ. $D=d+2*$ value Tab. 1 Col.2 d =Diameter of the conductors according to Tab.2 of HD 383 (EN60719)		
2.6	绝缘封套的直流阻抗 (仅针对由交叉连接的聚合体材料) 测试条件: - 测试样品的最小长度 - 贮水最少持续时间 - 水池温度 应用 D.C.测试电压:	5 m 240 hrs 60±5°C 220 V	HD 22.2	2.5	没有电击穿或者对表面的损坏现象		
3	电缆的机械测试						
3.1	面积达到 4mm² 双层电缆的反复弯曲试验 (针对需要承受频繁弯曲的电缆) 测试条件: - 测试样品的长度 - 测试设备参考图表 2 - 重量 - 滚筒直径 - 测试电流 - 测试电压 (弯曲之后)	5 m See Tab. A See Tab. A See Tab. B 2000 V	HD 22.2	3.1	在弯曲过程中没有折断, 没有短路; 在测试之后没有电压击穿		

1	2	3	4	5	6	7	8
序号	测试	单位	检验与测试的说明		规定值	记录值	评判
			标准	相关条款			
4	绝缘层的机械特性						
4.1	老化前的拉伸试验(Mixture EI6) 测试条件: - 测试样品数 -测试温度 -拉伸速度 mm/min	5 (23±5)°C (250±50)	EN 60811-1-1	9.1.7	混合物 EI6: 拉伸力: 最小 5.0 N/mm² 撕裂处延长部位 最小: 200% 混合物 EI8: 拉伸力: 最小 5.0 N/mm² 撕裂处延长最小: 125%	拉伸力 1:	
4.2	在烘箱老化之后进行拉伸试验 测试条件: - 测试样品数目: - 测试温度 (EI6): - 测试温度 (EI8): - 在规定测试温度之下的贮存持续时间 - 接下来的在环境温度下的贮存持续时间.: - 拉伸速度 in mm/min:	5 135 ± 2°C 110 ± 2°C 7 * 24hrs 16hrs (250±50)	EN 60811-1-2	8.1.3.1	混合物 EI6: 拉伸力: 最小 5.0 N/mm², 偏差: ± 30% to 4.1 撕裂处延长: 偏差: ± 30% to 4.1 混合物 EI8: 拉伸力: 没有要求 偏差: -30% 撕裂处延长最小: 125% 偏差: ± 30% to 4.1		
4.3	注意: 对交叉连接的绝缘封套和护套的采样和老化, 按照标准 EN 60811-1-2 8.1.4 执行. 在空气压力室进行老化之后进行拉伸试验 (only for EI6) 测试条件: - 测试样品数目: - 测试压力: -- 测试温度: -在规定测试温度之下的贮存持续时间 -接下来的在环境温度下的贮存持续时间: 拉伸速度 in mm/min:	5 5.5±0.2 bar 127±2°C 40 hrs 16hrs (250±50)	EN 60811-1-2	8.2	拉伸力: + 30% z. Results of 4.1 撕裂处延长: + 30% z. Results of 4.1		

1	2	3	4	5	6	7	8
序号	测试	单位	按照下面规范的检测和测试程序		规定值	记录值	评判
			标准	相关条款			
4.4	热伸缩试验 测试条件: - 测试样品数目: - 测试温度 (EI6): - 测试温度 (EI8): - 加载时间 - 机械负载: - 空载存贮 (恢复) 时间:	2 250±3°C 200±3°C 15 min 20 N/cm² 5 min	EN 60811-2-1	9	在负载下的最大延伸: 100% 在负载脱落之后最大延伸: 25%		
5	护套机械特性						
5.1	老化之前拉伸试验 Tensile test before ageing 测试条件: - 测试样品数 - 拉伸速度 mm/min	5 (250±50)	EN 60811-1-1	9.2	混合物 EM2: 拉伸力: 最小 10.0 N/mm² 撕裂处延长: 最小 300% 混合物 EM8: 拉伸力: 最小 7.0 N/mm² 撕裂处延长: 最小 125%		
5.2	烘箱老化之后拉伸试验 测试条件: - 测试样品数目: - 测试温度 EM2: - 测试温度 EM8: - 在规定测试温度 EM2 之下的贮存持续时间 - 在规定测试温度 EM8 之下的贮存持续时间 - 接下来的在环境温度下的贮方时间.: - 拉伸速度 in mm/min: 注意: 对交叉链绝缘层和护套老化试验的采样, 按照标准 EN 60811-1-2 的 8.1.4 进行。	5 85 ± 2°C 100 ± 2°C 10 * 24hrs 7 * 24hrs 16hrs (250±50)	EN 60811-1-2	8.1.3.1	混合物 EM2: 拉力最大偏差: -15% of 5.1 撕裂处最小延长: 250% 最大偏差: - 25% of 5.1 混合物 EM8: 拉力最大偏差: -30% of 5.1 撕裂处最小延长: 100% 最大偏差.: ± 30% of 5.1		

1	2	3	4	5	6	7	8
序号	测试	单位	按照下面规范的检测和测试程序		规定值	记录值	评判
			标准	相关条款			
5.3	热伸缩测试 测试条件: - 测试样品数目: - 测试温度 - 加载时期 - 机械负载: - 空载存放时间:	2 $200 \pm 1^\circ\text{C}$ 15 min 20 N/cm ² 5 min	EN 60811-2-1	9	在负载之下最大的延伸: : 100% 在负载脱落之后最大的延伸: 25%		
6	燃烧特性 测试条件: - 测试样品长度: - 贮存温度 - 相对湿度: - 火焰冲击持续时间 <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div></div> <div> at $D \leq 25$ at $25 < D \leq 50$ at $50 < D \leq 75$ at $D > 75$ </div> </div>	(600+25) mm (23+5) ^{°C} (50+20)% 60 s 120 s 240 s 480 s	EN 50265-2-1	-	附加装置前端较低处到焦炭之间距离是: 50mm 火焰扩展不超过 540mm		
7	耐环境冲击试验						
7.1	护套弯曲试验 测试条件: - 测试样品数目: - 温度: - 存放时间:	2 (-40+2) ^{°C} 16 hrs	EN 60811-1-4	8.2	在弯曲之后, 在护套之中没有裂痕出现		
7.2	护套冷态伸缩 测试条件: - 测试样品数目: - 温度: - 存放时间:	2 (-40+2) ^{°C} 4 hrs	EN 60811-1-4	8.4	在撕裂处的最小延长: 30%		

1	2	3	4	5	6	7	8
序号	测试	单位	按照下面规范的检测和测试程序		规定值	记录值	评判
			标准	相关条款			
7.3	冷态冲击试验 (only EM8) 测试条件: - 测试样品数目: - 测试样品长度 Length of test specimens: - 温度: - 存放时间: - 跌落高度:	3 5*outer diam. (-40±2)°C 16 hrs See 8.5.4 of EN 60811-1-4	EN 60811-1-4	8.5	没有可见的裂痕		
7.4	绝缘层的抗氧化能力 (护套 at EM8) 测试条件 (程序 A) : - 测试样品数目: - 测试温度: - 测试持续时间: - 氧化物浓度: 测试条件 (程序 B) : - 测试样品数目: - 测试温度: - 测试延续时间: - 氧化物浓度:	2 (25±2)°C 24 hrs (250 - 300)pphm 2 (40±2)°C 72hrs (200±50)pphm	EN 60811-2-1 HD 22.2	8 7.3	没有可见的裂痕 没有可见的裂痕		
7.5	护套抗气候影响 (除橡胶之外的材料) -测试样品数目: - 循环: 冲洗 使用氙气灯烘干 - 测试温度: - 整个测试延续时间 随后, 在环境温度之下, 根据 7.1 进行弯曲试验	1 18 min 102 min 45±5°C min. 500hrs	ISO 4892-2 Method A		没有可见的裂痕		