

GB/T 31143—2014《电弧故障保护电器 (AFDD) 的一般要求》标准解析*

刘金琰

[上海电器科学研究所(集团)有限公司, 上海 200063]

摘要: 针对 GB/T 31143—2014《电弧故障保护电器 (AFDD) 的一般要求》标准中关键的电弧试验内容, 主要解析了串联电弧故障试验、并联电弧故障试验、屏蔽试验和误脱扣试验。通过对标准试验过程的详细分析, 以期对企业提供指导。

关键词: 电弧故障保护电器; 串联电弧故障; 并联电弧故障; GB/T 31143

中图分类号: TM 501^{*}.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-8188(2015)21-0024-05



刘金琰(1966—), 女, 教授级高工, 研究方向为低压电器标准化。

Analysis of GB/T 31143—2014

< General Requirements for Arc Fault Detection Device (AFDD) >

LIU Jinyan

(Shanghai Electrical Apparatus Research Institute (Group) Co., LTD., Shanghai 200063, China)

Abstract: Aiming at the key content of arc test according to GB/T 31143—2014 <General Requirements for Arc Fault Detection Device >, the series arc fault tests, parallel arc fault tests, masking test and unwanted tripping test were mainly explained. Through a detailed analysis of the standard test process, in order to provide guidance to the enterprise.

Key words: arc fault detection device (AFDD); series arc fault; parallel arc fault; GB/T 31143

0 引言

国家标准 GB/T 31143—2014《电弧故障保护电器 (AFDD) 的一般要求》已于 2014 年 9 月 3 日发布, 2015 年 4 月 1 日实施。到目前为止, 已陆续有几家企业按照此标准进行了委托试验, 试验结果却不尽人意。为了使各企业生产的电弧故障保护电器 (Arc Fault Detection Device, AFDD) 产品取得满意的试验结果, 本文详细解析了标准中有关电弧故障的关键试验内容^[1]。

1 串联电弧故障试验

1.1 串联电弧下 AFDD 动作判别的极限值

额定电压为 230 V 的 AFDD 在 63 A 及以下的小电弧电流下动作判别 AFDD 分断时间极限值如表 1 所示。

1.2 四个基本要求

应在 AFDD 额定电流及以下的每个电弧电流

表 1 AFDD 分断时间极限值

试验电弧电流* (有效值)/A	最大分断 时间/s	试验电弧电流* (有效值)/A	最大分断 时间/s
3	1.00	20	0.15
6	0.50	40	0.12
13	0.25	63	0.12

注: a 为试验电弧电流, 是试验电路中发生燃弧前的预期电流。

等级测量分断时间不超过表 1 规定; 按图 3 将电缆试品和 AFDD 串联; 在 AFDD 的额定电压下进行; 每次测量后替换电缆试品。

1.3 两个准备

两个准备包括电缆试品准备和电弧发生器准备。

1.3.1 电缆试品准备

电缆试品按准备步骤: ① 将两根截面积为 1.5 mm² 的导线捆绑在一起。② 截成长度为

* 基金项目: 上海智能电网用户端设备与系统工程技术中心课题(13DZ2280800)

200 mm, 两端 25 mm 处分成单股导线。③ 将导线间的绝缘层切开 50 mm, 应露出导线而没有切断线丝。④ 绝缘切口用 PVC 绝缘带包裹两层, 再用玻璃纤维带包裹两层。⑤ 将导线一端的绝缘剥开约 12 mm, 以连接试验电路。⑥ 电缆试品与一个短路电流 30 mA 和开路电压 7 kV 的电路相连; 通电 10 s 或至停止冒烟。⑦ 电缆试品与一个短路电流 300 mA 和电压 2 kV 的电路相连; 通电 1 min 或至停止冒烟; 二者轮流施加。其中⑥、⑦ 对电缆试品预处理以在导线间绝缘上产生碳化通道, 电缆试品如图 1 所示。

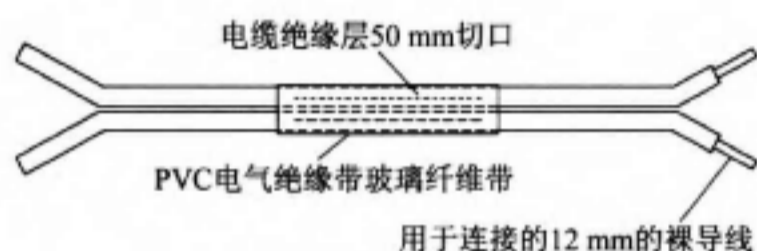


图1 电缆试品

合格判定标准: 如果串联一个 100 W/230 V 的白炽灯开始发光, 就认为已形成了碳化路径。

1.3.2 电弧发生器

电弧发生器由一个固定电极和一个移动电极构成。一个为直径 6 mm 的碳-石墨棒, 另一个为铜棒。试验时两极分开至一个合适的距离能在电极间产生稳定的燃弧。

如果采用电弧发生器进行试验, 则 AFDD 应在分断时间不超过标准表 1 规定时间限值的 2.5 倍内断开电弧故障。电弧发生器如图 2 所示。

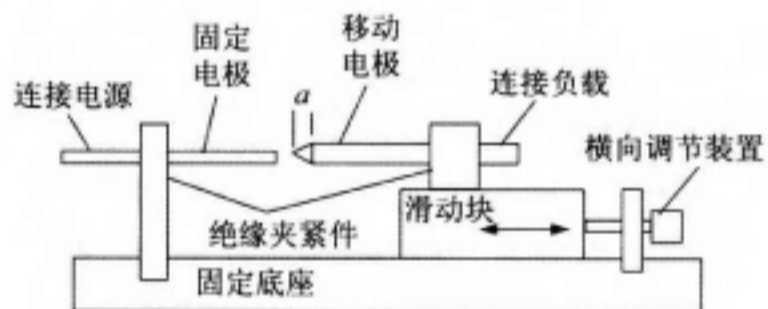


图2 电弧发生器

1.4 串联电弧试验

串联电弧试验包括电路中突然出现串联电弧故障、接入带串联电弧故障负载、闭合串联电弧故障和极限温度下的试验。串联电弧故障试验电路如图 3 所示。用按 1.3.1 制作的碳化通道电缆样品和负载串联进行试验。

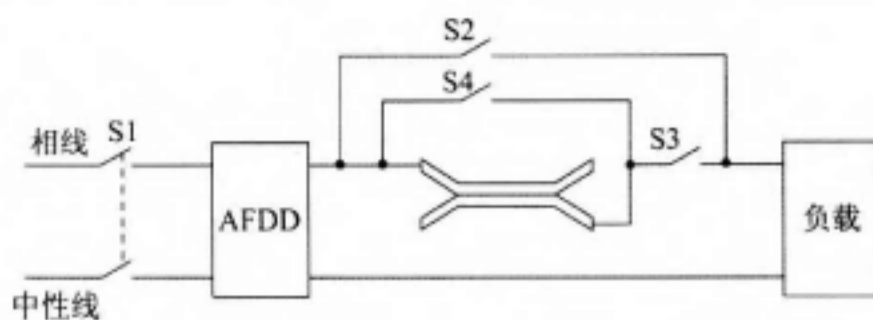


图3 串联电弧故障试验电路

1.4.1 电路中突然出现串联电弧故障

S1、S2、S3、S4 和 AFDD 处于闭合位置, 通过阻性负载将试验电弧电流从最低值调到 AFDD 的额定电流; 然后打开试验开关 S2; 试验开关 S4 突然打开, 插入和负载串联好的电缆试品; 测量 3 次分断时间, 测量值不应超过表 1 规定的时间限值。

1.4.2 接入带串联电弧故障负载

S3 和 S4 处于打开位置; S1、S2 和 AFDD 处于闭合位置; 通过阻性负载将试验电弧电流调到表 1 的最小值, 然后打开 S2; 试验开关 S3 突然闭合, 对带串联电弧故障的负载供电; 测量 3 次分断时间, 测量值不应超过表 1 规定的限值; 然后在 AFDD 的额定电流下重复试验。

1.4.3 闭合串联电弧故障

S1、S2、S3 和 AFDD 处于闭合位置, 通过阻性负载将试验电弧电流调到表 1 的最小值; 然后打开 S1、S2; S1 和 S4 处于打开位置, S1 突然闭合, 对 AFDD 和带串联电弧故障负载供电; 测量 3 次分断时间, 测量值不应超过表 1 规定的限值; 然后在 AFDD 的额定电流下重复试验。

1.4.4 极限温度下的试验

AFDD 依次在下列条件下, 进行突然出现串联电弧故障试验。环境温度: -5°C , 仅在表 1 电弧电流最小值和 0.85 倍的额定电压下进行。环境温度: $+40^{\circ}\text{C}$, AFDD 先在合适电压下通以额定电流, 达到热稳定状态; 仅在 AFDD 的额定电流和 1.1 倍的额定电压下进行试验; 达到稳态之后, 进行脱扣试验。

2 并联电弧故障试验

2.1 并联电弧电流下 AFDD 动作判别的极限值

额定电压为 230 V 的 AFDD 在 63 A 及以上的大电弧电流下动作判别的极限值 0.5 s 内允许的最大半波数如表 2 所示。

表 2 0.5 s 内允许的最大半波数

试验电弧电流 ^a (有效值)/A	N^b	试验电弧电流 ^a (有效值)/A	N^b
75	12	200	8
100	10	300	8
150	8	500	8

注:a 为试验电弧电流是试验电路中发生燃弧前的预期电流; N^b 是额定频率下的半波数。

2.2 电弧半波的一般要求

0.5 s 内电弧半波数量符合表 2 要求,AFDD 应能断开。电弧半波是指 10 ms ($f = 50$ Hz) 期间产生的电流波形。每段电流流过之前和之后,有段时间没电流或有很小的电流。幅值不超过预期电流 5% 的电流或电流持续不超过半波时间 5% 的电流可认为是很小的电流。一个完整正弦半波电流不可视为一个电弧半波。

2.3 并联电弧故障试验

并联电弧故障试验包括限流并联电弧试验、切割电缆并联电弧试验、接地电弧故障试验。

2.3.1 限流并联电弧试验

按图 4 在故障电流分别为 75 A 和 100 A 下进行试验。电缆试品按串联电弧故障试验中同样的方法进行准备(导线为 1.5 mm^2)。S1、S2、S3 和 S4 处在闭合位置,通过阻抗 Z 将电流调到 75 A 或 100 A;打开 S2、S3 和 S4,AFDD 和 S1 闭合,突然闭合 S3。

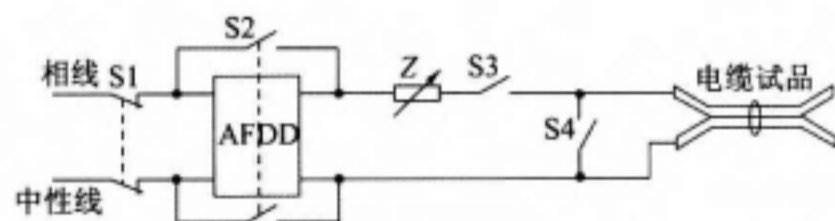


图 4 并联电弧故障试验电路

合格判据:AFDD 应按表 2 规定的 0.5 s 内 12 个或 10 个半波断开。如果燃弧少于表 2 规定的半波数且 AFDD 没有脱扣,就不能判定 AFDD 合格与否,需用新的电缆试品重新进行试验。

2.3.2 切割电缆并联电弧试验

切割电缆试验装置如图 5 所示。钢制刀片厚度应为 3 mm,外形尺寸约为 $32 \text{ mm} \times 140 \text{ mm}$ 。与第一根导线产生可靠接触,同时与第二根导线产生电弧接触。导线最大长度为 1.2 m,截面积按

表 3 的规定。

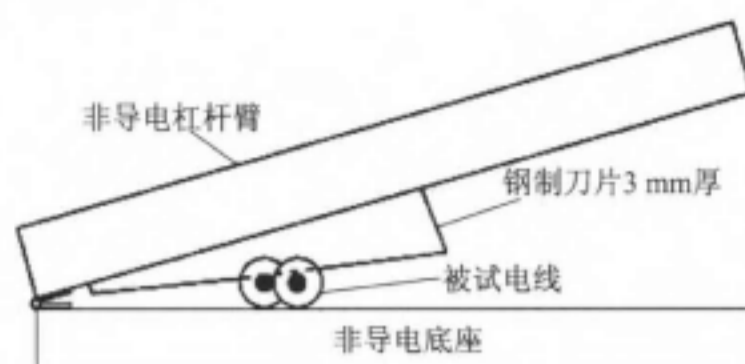


图 5 切割电缆试验装置

表 3 对应于额定电流的试验铜导体截面积

额定电流 I_n/A	S/mm^2	额定电流 I_n/A	S/mm^2
$I_n \leq 6$	1.0	$25 < I_n \leq 32$	6.0
$6 < I_n \leq 13$	1.5	$32 < I_n \leq 50$	10.0
$13 < I_n \leq 20$	2.5	$50 < I_n \leq 63$	16.0
$20 < I_n \leq 25$	4.0		

并联电弧电缆切割试验的试验电路如图 6 所示。试验应在 AFDD 的额定电压和表 2 的预期电弧电流(75 ~ 500 A)下进行。S1、S2、S3 和 S4 处在闭合位置,通过 Z 调整试验电弧电流;打开 S2、S3 和 S4,AFDD 和 S1 闭合,突然闭合 S3。AFDD 应在每个电流等级下使用 3 个电缆样品进行试验,每个电缆试品应仅用一次。

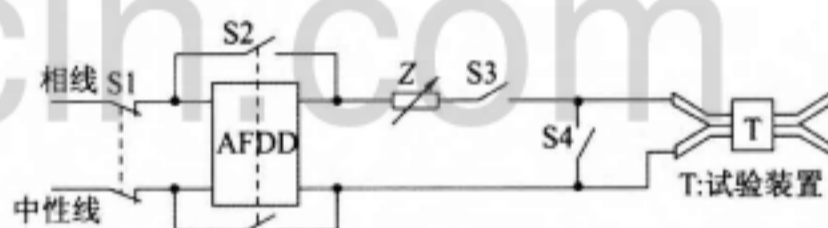


图 6 并联电弧电缆切割试验的试验电路

2.3.3 接地电弧故障试验

接地并联电弧故障试验电路如图 7 所示。在 3 A 和 75 A 下进行限流并联的试验,但以产生接地电弧故障的方式。S1、S2、S3 和 S4 处在闭合位置,将电流调到 3 A 和 75 A;打开 S2、S3 和 S4,AFDD 和 S1 闭合,突然闭合 S3;按照表 1 中 3 A 和表 2 中的 75 A 的要求,AFDD 应断开。

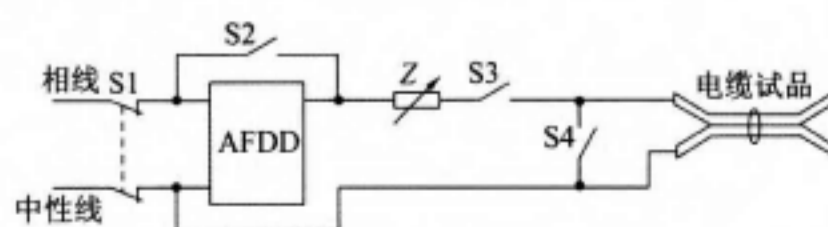


图 7 接地并联电弧故障试验电路

3 屏蔽试验

屏蔽试验的目的是在负载侧连接各种电气器具,AFDD 不应失去判别能力而应能检测电弧故障。屏蔽试验方法按突然出现串联电弧故障的试验方法,可采用电弧发生器或碳化电缆试品。

屏蔽试验包括抑制性负载屏蔽试验、EMI 滤波器屏蔽测试和带线路阻抗的屏蔽试验 3 个试验。抑制性负载屏蔽试验又分第一组试验(不带抑制性负载)和第二组试验(施加抑制性负载)。EMI 滤波器屏蔽测试包括 1 号(安装 2 个 0.22 μF 的滤波器)和 2 号(EMI 滤波器位于软线末端)试验。

3.1 抑制性负载屏蔽试验

3.1.1 第一组试验

在不带抑制性负载的情况下进行,屏蔽试验电路(不带抑制性负载)如图 8 所示。AFDD 和电弧发生器或电缆试品接入电路,电流由一个阻性负载来调节,然后断开 S1;在 AFDD 的额定电压和最小电流 3 A 下,测试 3 次分断时间。

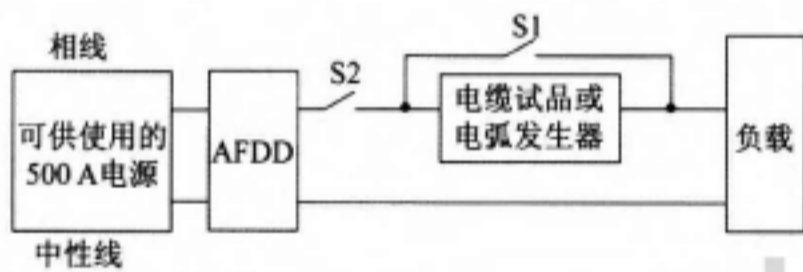


图 8 屏蔽试验电路(不带抑制性负载)

3.1.2 第二组试验

在施加抑制性负载下进行,AFDD、阻性负载和电弧故障试验装置按图 9 所示的 4 种电路配置连接。AFDD 在下述 7 种屏蔽负载进行试验。当采用 A、C 电路配置时,电弧发生之前,若测出屏蔽负载电流低于 3 A,不要求进行本试验。试验电压是 AFDD 的额定电压,每个 AFDD 在每种负载配置下进行 3 次试验。将图 8 嵌入本屏蔽试验电路图中。7 种屏蔽负载如下:① 启动和运行真空吸尘器,额定电流为 5~7 A;② 接通 1 个电子式开关电源(或多个电源),总负载电流至少为 3 A;③ 使用最大启动电流峰值为 65 A ± 10% 的电容器启动电动机带载启动和运行,电容器启动电动机的功率为 2.2 kW;④ 用一个包含滤波线圈的 600 W 电子灯光调节器(晶闸管型)控制 600 W 钨丝灯负载;⑤ 2 个 40 W 荧光灯外加一个 5 A 的阻性负载;

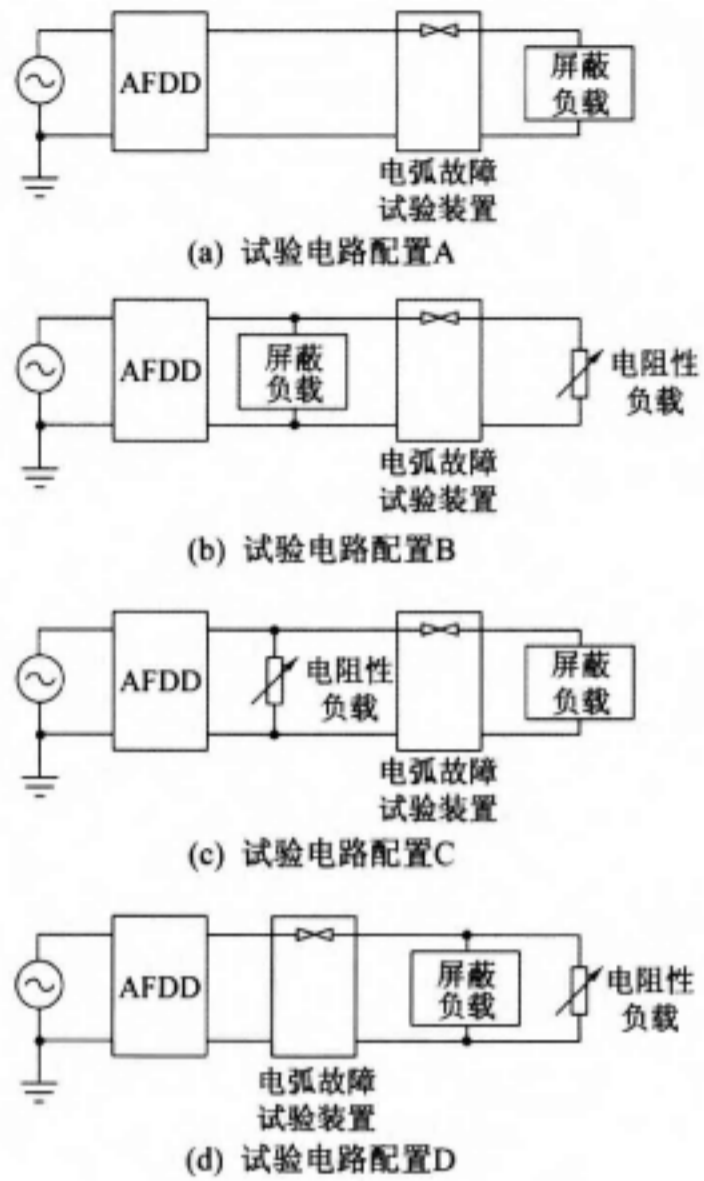


图 9 屏蔽试验的试验配置

⑥ 由电子变压器供电的 12 V 卤素灯,总功率 300 W,外加 5 A 的阻性负载;⑦ 电动手持工具,如 600 W 以上的电钻。

3.2 EMI 滤波器屏蔽测试

3.2.1 一般要求

AFDD 按图 9 的配置 B 接入,负载调整电流为 3 A 进行电弧试验,测量断开时间。

3.2.2 1 号试验

2 个 0.22 μF 的 EMI 滤波器。滤波器安装在两个长 15 m、截面 2.5 mm² 的阻性负载端。每个滤波器位于大约长 2.0 m、1.5 mm² 的导线末端。屏蔽试验的 EMI 滤波器 1 号试验如图 10 所示。

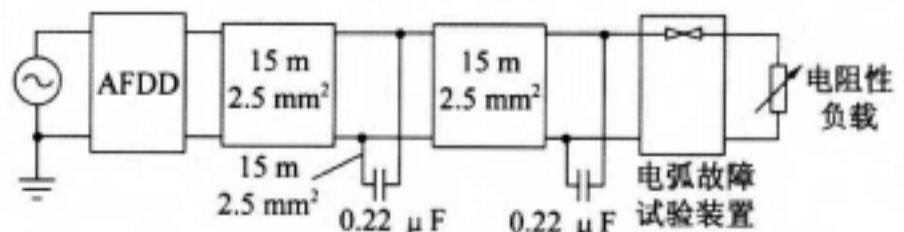


图 10 屏蔽试验的 EMI 滤波器 1 号试验

3.2.3 2 号试验

屏蔽试验的 EMI 滤波器 2 号试验如图 11 所示。

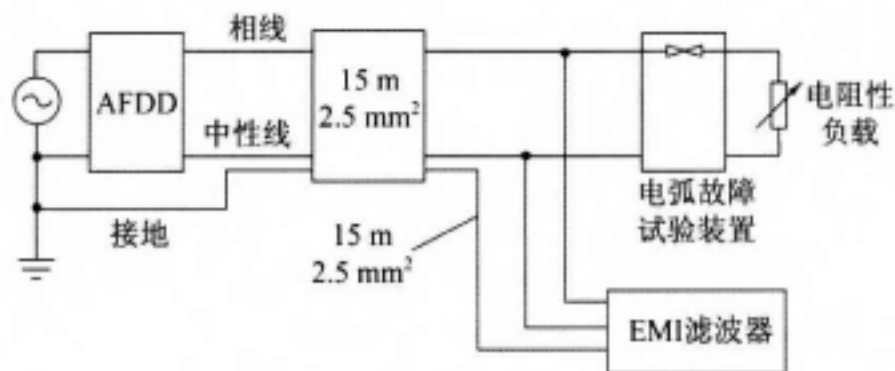


图 11 屏蔽试验的 EMI 滤波器 2 号试验

安装在图 11 中的 EMI 滤波器如图 12 所示。其安装在长 15 m、截面 2.5 mm² 的电缆末端，位于长 2 m、截面 1.5 mm² 的软线末端。

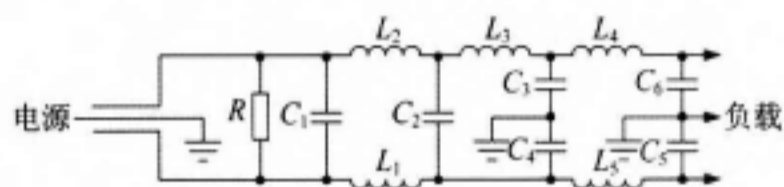


图 12 EMI 滤波器

3.3 带线路阻抗的屏蔽试验

负载调整电流为 3 A 进行电弧试验，在表 1 规定的时间内断开电弧故障。线路阻抗由长 30 m、截面 2.5 mm² 的铠装电缆（钢制套管内包括 2 根导线）组成。线路阻抗屏蔽试验的试验电路如图 13 所示。

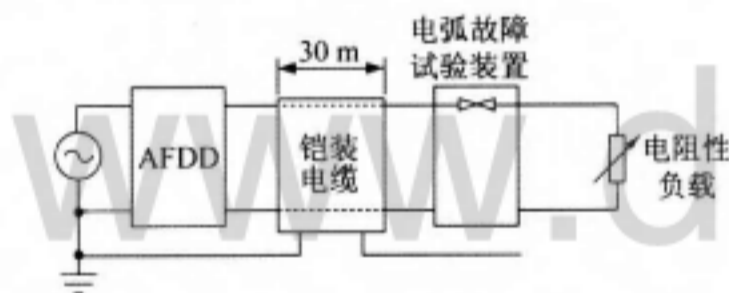


图 13 线路阻抗屏蔽试验的试验电路

4 误脱扣试验

误脱扣试验的目的是确保 AFDD 在不该脱扣时不会脱扣。误脱扣试验包括串扰测试、脉冲试验(EMC 试验)和带各种干扰负载的试验。EMC 试验与小型断路器和剩余电流保护器的 EMC 试验程序类似。

4.1 串扰测试

一路带 AFDD 保护，另一路不带 AFDD 保护（但是带 CB），两个电路中连接 3 A 的阻性负载。按闭合串弧的方式进行串联电弧故障试验，不带 AFDD 保护的一路中由电缆试品产生电弧故障，电弧故障应持续 0.5 s，另一路中的 AFDD 不应脱扣。串扰试验电路如图 14 所示。

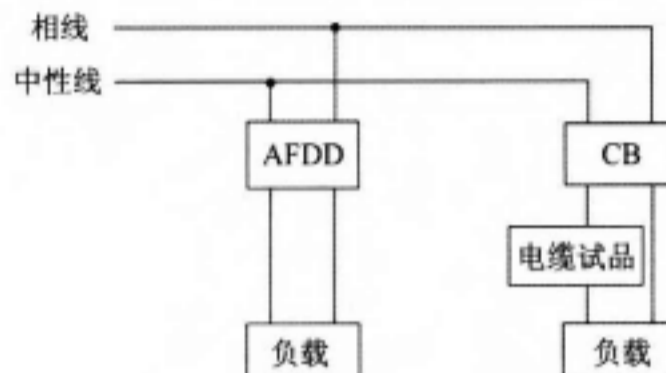


图 14 串扰试验电路

4.2 带各种干扰负载的试验

AFDD 按抑制性负载屏蔽试验图 8 进行试验，不需要电缆试品或电弧发生器(SI 处于闭合状态)。在 7 种负载中的每一种负载下进行试验，AFDD 不应脱扣。

5 结语

为了使 AFDD 产品顺利通过试验，更好地进入市场，还需要完善下述两方面的工作：一方面完善电弧检测算法。由于电弧波形的复杂性，目前的算法或多或少都存在不同程度的缺陷，可通过对具体试验数据的分析来尝试新的算法或综合已有的算法来更好地解决电弧判断的问题。另一方面解决产品误动作高的问题。防止误动作是 AFDD 技术的重要课题，若 AFDD 误动作而影响电器设备的正常运行，那就失去了保护电路的意义。只有很好解决了这些问题，AFDD 才能得到市场认可。

【参考文献】

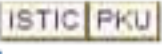
[1] GB/T 31143—2014 电弧故障保护电器(AFDD)的一般要求[S].

收稿日期：2015-09-02

(上接第 23 页)

[5] COULSON D R. EMC techniques for microprocessor software [C] // Proceedings of the IEE Colloquium on Electromagnetic Compatibility of software. Birmingham, UK, 1998, 5/1-5/6.
[6] FIORI F. Operational amplifier input stage robust to

EMI[J]. Electronics Letters, 2001, 37(15): 930-931.
[7] KER M D. ESD test methods on integrated circuits, an overview [C] // The 8th IEEE International Conference on Electronics Circuits and Systems ICECS, 2001 (2): 1011-1014.
收稿日期：2015-10-21

作者: [刘金琰, LIU Jinyan](#)
作者单位: [上海电器科学研究所\(集团\)有限公司, 上海, 200063](#)
刊名: [电器与能效管理技术](#) 
英文刊名: [Low Voltage Apparatus](#)
年, 卷(期): 2015(21)

引用本文格式: [刘金琰, LIU Jinyan](#) GB/T 31143-2014 《电弧故障保护电器(AFDD)的一般要求》标准解析[期刊论文]-[电器与能效管理技术](#) 2015(21)

doc  in 豆丁

www.docin.com