



中华人民共和国国家标准

GB/T 39750—2021

光伏发电系统直流电弧保护技术要求

Technology requirements of DC arc-fault circuit protection
for photovoltaic power system

2021-03-09发布

2021-10-01实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 保护装置要求	2
6 保护方式	3
7 保护测试	4
附录 A (资料性附录) 电弧检测信号通道与光伏组串示意图	9
附录 B (资料性附录) 电弧保护装置	11
附录 C (资料性附录) 保护方式适用情况说明	13
附录 D (资料性附录) 测试系统线路结构图	14

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国电力企业联合会提出并归口。

本标准起草单位：江苏复迪电气科技有限公司、国网浙江省电力有限公司嘉兴供电公司、阳光电源股份有限公司、上海为恒新能源科技有限公司、浙江电腾云光伏科技有限公司、汉能移动能源控股集团有限公司、苏州中来光伏新材股份有限公司、复旦大学、嘉兴恒创电力设计研究院有限公司、上海策元实业有限公司、江苏和网源电气有限公司。

本标准主要起草人：孙耀杰、周建其、马磊、张显立、武振羽、钱敏华、刘维亮、潘辰云、方振、黄晓阁、俞雁飞、唐昕、倪国强、孙一凡、李佳鹏、方景辉、陈鼎、唐锦江、程小勇、姜松奕、卢俊琛、方振雷、许梦婕、林冬、陈发英、汪玉文、林永清。



光伏发电系统直流电弧保护技术要求

1 范围

本标准规定了光伏发电系统直流电弧的基本规定、保护装置要求、保护方式及保护测试。
本标准适用于与建筑结合的光伏发电系统直流侧的电弧保护。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 14048.3 低压开关设备和控制设备 第3部分：开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电弧检测器 arc-fault detector; AFD

用于光伏发电系统直流侧电弧检测并发出故障报警信号的装置。

3.2

电弧分断器 arc-fault interrupter; AFI

安装于光伏发电系统直流侧，接收电弧检测信号，采取隔离、短路或开关等方式实现灭弧功能的装置。

3.3

电弧保护装置 arc-fault protection equipment; AFPE

检测光伏发电系统直流电弧并能够提供电弧保护功能的装置。

3.4

串联电弧 series arcing

与负载串联的电弧。

注：一般发生在光伏发电系统中的导线上、连接处、组件或系统其他部件中，如图1所示。

3.5

并联电弧 parallel arcing

与负载并联的电弧。

注：一般发生于导体正负极之间，如图1所示。

3.6

对地电弧 ground arcing

发生于导线与接地电路之间的电弧。

注：属于并联电弧的一种，如图1所示。

3.7

故障安全原则 fail-safe principle

当装置自身发生故障时，装置能在无需任何额外触发动作的条件下使光伏发电系统处于安全状态。

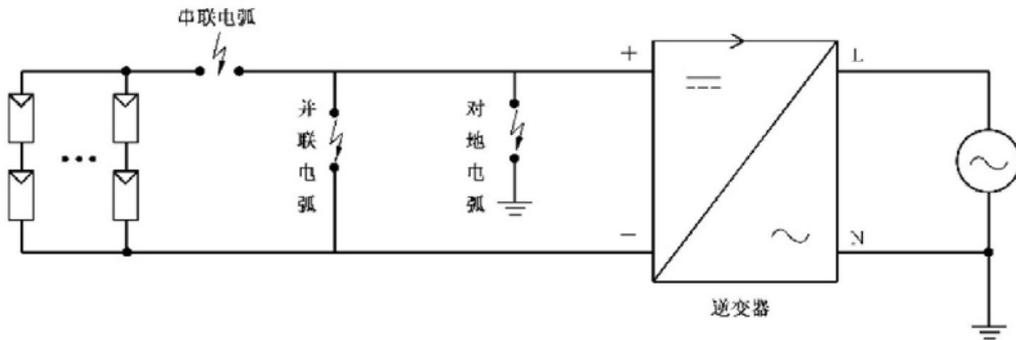


图 1 串联电弧与并联电弧、对地电弧示意图

4 基本规定

- 4.1 与建筑相结合的光伏发电系统当直流侧最大系统电压大于或等于80 V 时，宜设置直流电弧保护。
- 4.2 光伏发电系统直流电弧保护装置(以下简称保护装置)应具有动作信号功能。动作信号可由控制器或逆变器持续发出，电弧检测信号通道与光伏组串结构如附录A 所示。当保护装置在15 s 内接收不到动作信号时应触发保护动作，并要求如下：
- a) 在并网运行的光伏发电系统中，当逆变器意外断开或主网电压丢失时，外部动作信号应中断。外部动作信号也可由其他开关或监控装置(如火灾报警系统)手动中断。
 - b) 在孤岛运行或暂时孤岛状态下的光伏发电系统中，当系统关闭时，外部动作信号应中断。
- 4.3 用于与建筑相结合的光伏发电系统直流电弧保护装置中的电弧分断器应符合故障安全原则。
- 4.4 用于与建筑相结合的光伏发电系统直流电弧保护可采用隔离、短路、开关或改变逆变器工作方式等方式。隔离、短路、开关方式应满足GB/T 14048.3的要求。
- 4.5 对于并联电弧保护，若有绝缘监测装置，可不设独立的对地并联电弧保护装置。
- 4.6 保护装置应标明电弧保护装置类型，开关器件应显著标示出开和关的位置。

5 保护装置要求

- 5.1 保护装置包括电弧检测器和电弧断路器。电弧检测器和电弧断路器结构参见附录B。
- 5.2 保护装置在检测到故障电弧并动作后，应能切断发生电弧故障的组串并发出可视的告警信号(就地信号或远程监控信号)，当不能判断发生电弧故障的组串时应关停故障电弧所在的整个阵列。
- 5.3 保护装置的过流分断能力不应小于电弧断路器安装处短路电流的1.25倍。
- 5.4 保护装置动作时间应小于发生电弧2.5 s且电弧能量小于750 J 时。
- 5.5 保护装置复位可采用就地手动复位、远程手动复位或自动复位三种方式，当采用自动复位方式时，要求如下：
- a) 保护装置应在动作3 min 后自动复位；
 - b) 当保护装置需要第二次复位时，自动复位等待时间不应少于10 min；
 - c) 当保护装置在一天内自动复位5次后，第6次复位应采用手动复位方式。

6 保护方式

6.1 隔离方式

6.1.1 隔离方式适用于串联电弧保护，可采用隔离组串或隔离光伏发电系统的方式实现。

6.1.2 隔离装置安装于光伏组串输出端或逆变器输入侧，隔离装置结构如图2所示。

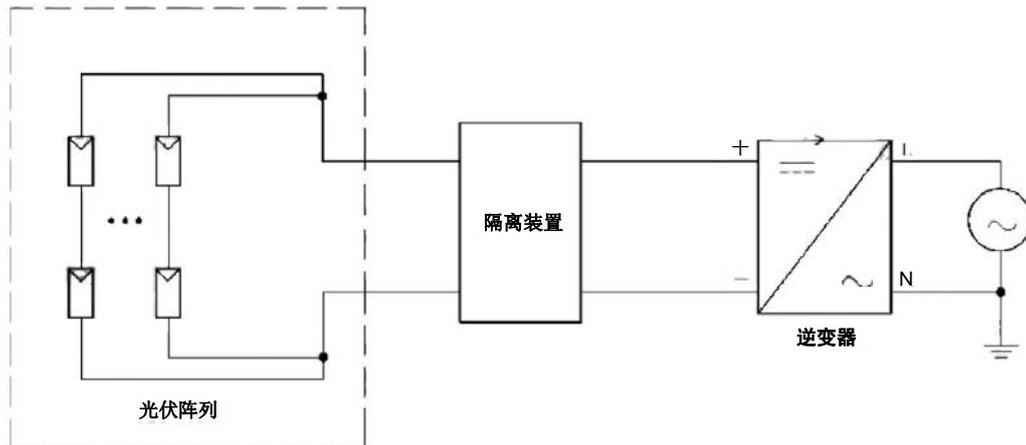


图 2 隔离装置安装位置示意图

6.2 短路方式

6.2.1 短路方式适用于并联电弧保护，可采用短路组串或短路光伏发电系统的方式实现。

6.2.2 短路装置宜安装于组串输出端或逆变器输入侧，短路装置结构如图3所示。

6.2.3 短路装置短路持续时间不应大于15 s。

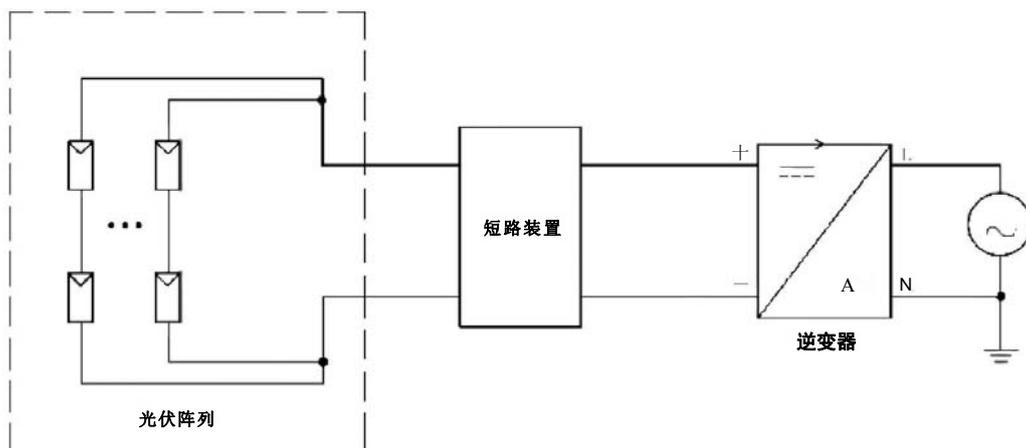


图 3 短路装置安装位置示意图

6.3 开关方式

6.3.1 开关方式适用于串联电弧或并联电弧。

6.3.2 开关装置宜安装于光伏组件或接线盒的输出端。开关装置结构如图4所示。

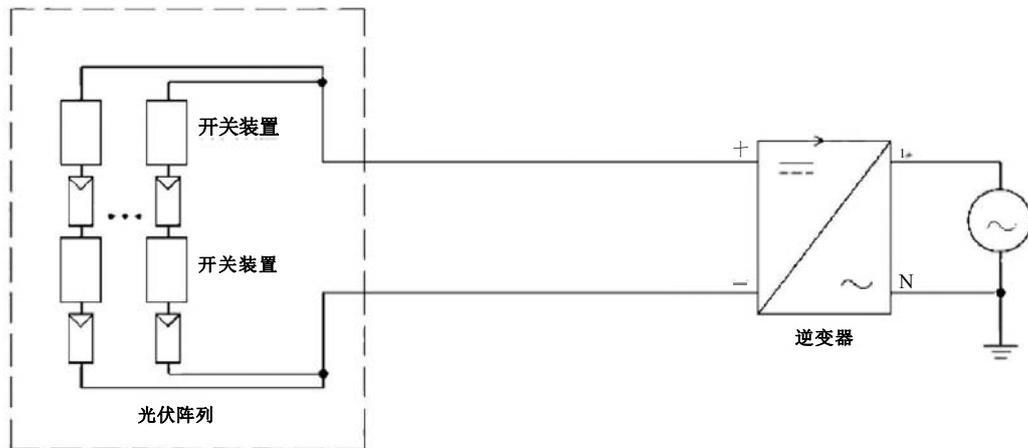


图4 开关装置安装位置示意图

6.4 改变逆变器工作状态

6.4.1 改变逆变器工作状态可通过逆变器控制实现灭弧保护。

6.4.2 改变逆变器工作状态适用于串联电弧保护。

6.5 保护方式适用场景

保护方式存在适用场景如附录C所示，应合理选择。

7 保护测试

7.1 保护测试设备

7.1.1 一般要求

用于直流电弧保护装置测试的测试系统应包括直流电源、解耦网络、线性阻抗网络、电弧发生器、电弧保护器等测试设备，线路结构图如附录D。对于需要外部直流汇流箱的逆变器方案，在汇流箱前和汇流后均应进行电弧测试。

7.1.2 直流电源

7.1.2.1 一般要求

测试系统应具备直流电源。直流电源可采用恒压电源或光伏阵列模拟电源。

7.1.2.2 恒压电源

恒压电源应包含一个附加电阻。恒压电源根据最大功率点进行调节，要求如下：

- 恒压电源应根据7.2中电弧测试工况对应的开路电压值进行调节；
- 最大电流上限应设定为7.2中电弧测试工况对应的最大工作电流值的1.1倍；

c) 根据7.2中电弧测试工况对应的总电阻值及关系式见式(1)。

$$R_1 = R_2 = R \quad \text{总电阻}/2k - R_3 \quad \dots \dots \dots (1)$$

式中:

R_1, R_2 ——解耦网络保护电阻, 单位为欧姆(Ω);

R总电阻——电弧测试工况对应的总电阻值, 单位为欧姆(Ω);

k ——解耦网络个数;

R_3 ——线性阻抗网络电阻, 单位为欧姆(Ω)。

7.1.2.3 光伏阵列模拟电源

光伏阵列模拟电源要求如下:

- a) 光伏阵列模拟电源应根据7.2中电弧测试工况设定最大工作点电压;
- b) 电流上限值应设定为7.2中电弧测试工况的最大工作电流值的1.1倍;
- c) $R_1 = R_2 = 0$ 。

光伏阵列模拟电源可能会导致电弧保护装置误检或漏检, 必要时可选用合适的光伏阵列进行复检。

7.1.3 解耦网络

解耦网络将电源与被测设备解耦, 避免电源对测试造成干扰。解耦网络拓扑结构图见图5, 各参数见表1。

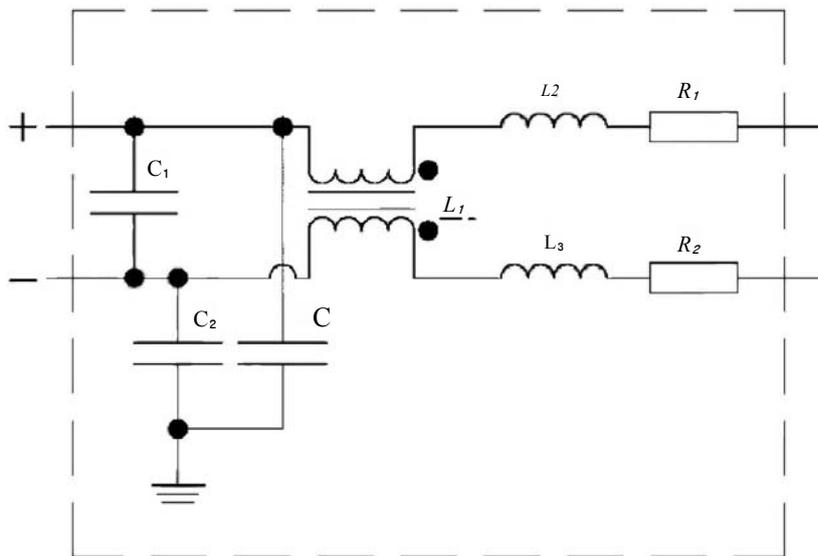


图 5 直流电源解耦网络拓扑结构图

表 1 解耦网络参数设置

参数	参数值	备注
电容 C_1	不低于20 μ F	解耦电容, 该参数决定直流源的输出值
电容 C_2 , 电容 C_3	22 nF	旁路电容
电感 L_1	12 mH	共模滤波电感
电感 L_2 , 电感 L_3	不低于60 μ H	空心电感, 以避免饱和
电阻 R_1 , 电阻 R_2	$(R_{\text{总电阻}}/2k) - R_3$	保护电阻, k:解耦网络个数

7.1.4 线性阻抗网络

线性阻抗网络拓扑结构图见图6, 各参数值见表2。

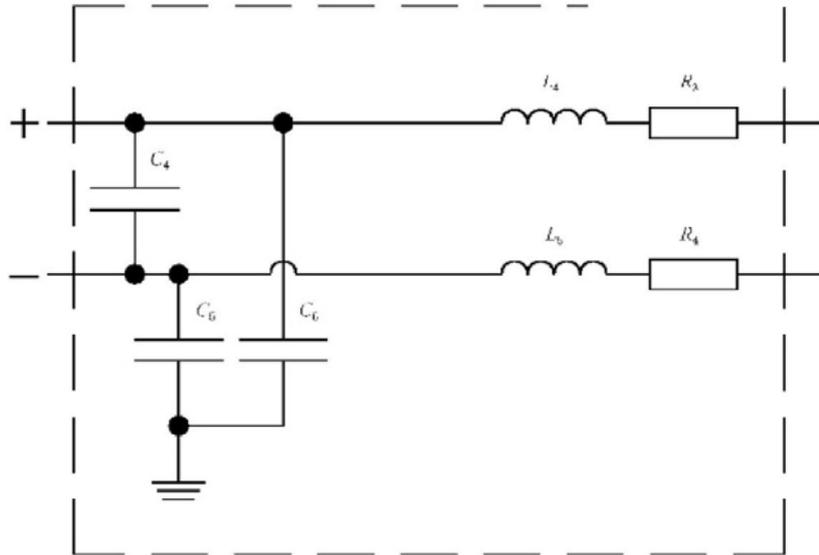


图 6 线路阻抗网络拓扑结构图

表 2 线性阻抗网络参数设置

参数	半串组串	整串组串	并联组串	模块级	备注
电容 C_4	300 nF	150 nF	$[150 \times (n-1) \text{ nF}]$	$150 \text{ nF} \times 10 = 1.5 \text{ } \mu\text{F}$	
电容 C_5 , 电容 C_6	0.5 nF	1 nF	$1/(n-1) \text{ nF}$	100 pF	
电感 L_4 , 电感 L_5	25 pH	50 μH	$50/(n-1) \text{ } \mu\text{H}$	3 pH	空心电感, L_4+L_5 : 大约 0.75 $\mu\text{H}/\text{m}$, 4 $\mu\text{H}/\text{模块}$
电阻 R_3 , 电阻 R_4	$\leq 0.5 \text{ } \Omega$	$\leq 1 \text{ } \Omega$	$\leq 1 \text{ } \Omega$	$\leq 0.5 \text{ } \Omega$	

7.1.5 电弧发生器

测试用的电弧模拟装置见图7。



单位为毫米

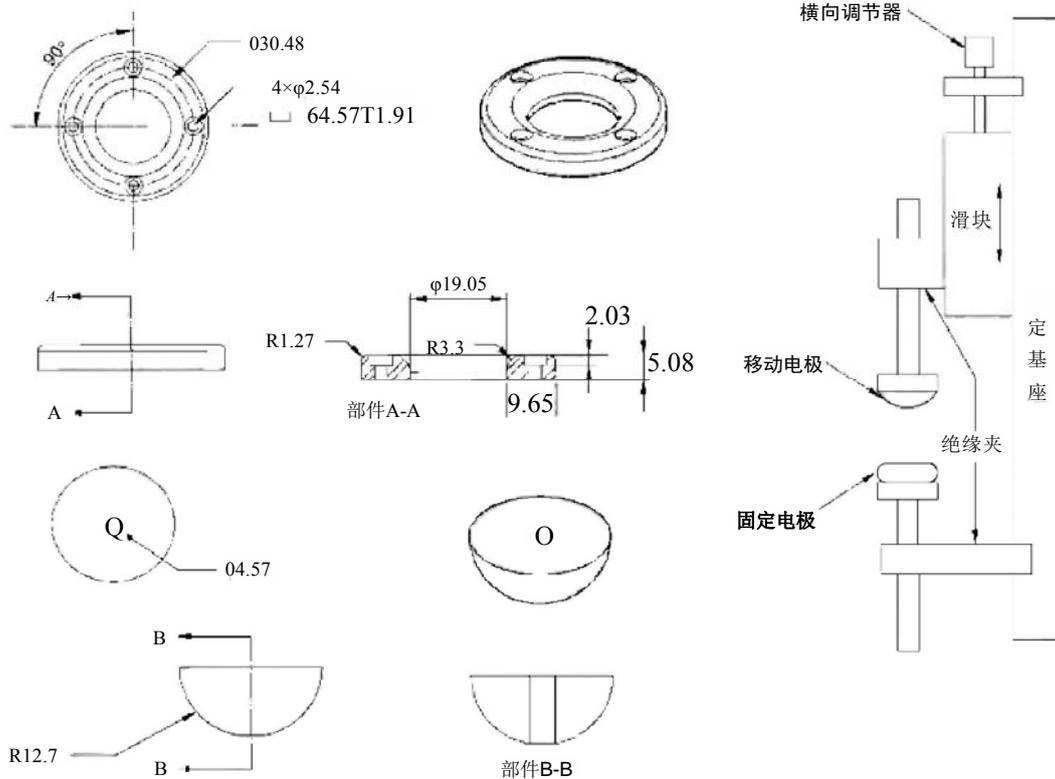


图 7 电弧发生器

7.1.6 电弧保护装置

电弧保护装置可独立设置，也可集成于逆变器设备内。

7.2 测试步骤

表3列出了所有电弧测试条件。应根据被测设备等级选择合适的电弧测试条件。

表 3 电弧测试工况

测试编号	最小电弧电流 A	最大工作电流 A	拉弧速率 mm/s	最大工作电压 V	开路电压 V	总电阻 Ω	电弧间距 mm
1	2.5	3.0	2.5	312.0	480.0	56.0	0.8
2	7.0	8.0	5.0	318.0	490.0	21.0	0.8
3	14.0	16.0	5.0	318.0	490.0	11.0	1.1
4	7.0	8.5	5.0	607.0	810.0	24.0	2.5
5	0.9 × I _{ma}	I _{max}	5.0	318.0	490.0		2.5

注：I_{max}为被测设备最大输入电流。

各项测试适用工况要求如下：

- a) 测试1应适用于所有被测设备，针对小电流状态下可能发生的电弧；
- b) 测试2适用于被测设备最大输入电流为8 A 以上；

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/078121120011006105>