

《特高压直流工程消能装置用等离子体喷射触发间隙技术规范》编制

说明

(征求意见稿)

一、工作简况

1 主要工作过程

本标准于 2022 年 10 月由中国电科院牵头，组织参与“白鹤滩-江苏”特高压直流输电工程用等离子体喷射触发间隙的研制和工程应用的单位成立起草工作组。总结等离子体喷射触发间隙研发过程中形成的设计、生产和试验经验总结形成标准草稿。于 2022 年 12 月 6 日通过了标工组组织的标准立项评审会，正式立项，启动编写标准草案。于 2023 年 6 月 29 日通过了标工组组织的标准中期审查，对标准草案进行了评审，根据专家意见修改完善形成征求意见稿。

2 主要参加单位和起草工作组成员及其所做的工作

本标准由中国电力科学研究院有限公司牵头，西安交通大学、山东泰开高压开关有限公司、大连理工大学、西安西电高压开关有限责任公司、中电普瑞科技有限公司和国网江苏省电力有限公司电力科学研究院参与共同负责起草。

中国电科院负责标准整体编写，西交大参与触发设计实现部分编写，大连理工参与通流设计实现部分编写，山东泰开高压和西安西电高压开关有限责任公司参与间隙结构设计部分编写，中电普瑞和国网江苏电科院参与间隙试验和运维部分编写。

二、标准编制原则和主要内容

1、标准编制原则

本标准规范的等离子体喷射触发间隙是一种新原理的亚毫秒超高速关合电力设备，可满足特高压直流可控自恢复消能装置快速控制的工程需求。

标准编制背景为国家电网公司即将投运的白鹤滩—江苏±800kV 特高压混合直流输电工程，受端采用 400kV 常规直流串联 3 个并联的 400kV 柔直，在交流侧短路故障穿越过程中柔直母线上会出现过电压和很大的功率盈余，必须加装可控避雷器型自恢复消能装置。当柔直母线上出现过电压时消能装置的控制开关需要亚毫秒关合将可控避雷器投入工作。中国电科院团队提出采用 SF₆/N₂ 等离子

体喷射触发间隙技术，并国际首次自主研制 DC80kV 触发间隙开展等离子体喷射触发间隙，完成了关键技术研究和产品研制已工程投运。过程中解决三大技术难题，一是强绝缘气体中、低工作系数下、采用低压小容量触发源实现高性能触发，和触发性能实时监测难题；二是大容量特高压直流通流燃弧后绝缘不下降并快速恢复难题；三是高电位、高可靠、全功能测控难题。

为解决现有交、直流开关设备相关标准并不能够指导产品设计、制造、试验和工程应用的问题。标准编写组总结中国电科团队过程中形成的产品设计、性能验证和工程应用经验，规范了等离子体喷射触发间隙的设计、制造、试验和交付验收等环节。本标准中编制过程中充分调研了国内外开关设备和等离子体触发间隙相关标准，对于现有标准中适用的条款采用直接引用原则，对于所提出的产品设计建议和试验方法进行了充分的验证，可用于指导制造厂产品研发和成套设计单位设备选型。

本标准具备开放性，可依据工程需要进一步拓展形成交、直流多电压等级的等离子体触发间隙系列化标准。

2、标准主要内容

本标准针对于特高压直流可控自恢复消能装置用等离子体喷射触发间隙，主要规范了标志、正常运行条件、额定值、关键技术要求及设计实现参考、型式试验、出厂试验、现场验收试验和运行维护等内容，并对如下重点问题提出了统一的方法和要求：

- 1) 触发间隙整体结构设计。
- 2) 绝缘设计要求。
- 3) 触发设计要求。
- 4) 通流及绝缘恢复设计要求。
- 5) 通流内部燃弧承压要求。
- 6) 测控要求。
- 7) 高电位供能及绝缘平台设计要求。
- 8) 触发间隙型式试验、出厂试验和现场验收试验项目及方法。
- 9) 触发间隙运维检修方案。

3、解决的主要问题

等离子体喷射触发间隙是一种简单可靠的亚毫秒超高速关合电力设备，可用于交、直流多种电压等级的超快速闭合应用场景，但等离子体喷射触发间隙是一种新原理的高压电器，现有交、直流开关设备相关标准并不能够指导产品设计、制造、试验和工程应用。制造厂研制、用户选型和使用没有可依据的标准，严重

影响了触发间隙的工程推广和成套设计。

本标准中根据特高压直流可控自恢复消能装置快速控制需求，规范等离子体喷射触发间隙的设计、制造、试验和交付验收等环节，用于指导制造厂产品研发和成套设计单位设备选型。

三、主要试验情况

本标准规范了用于特高压直流工程可控自恢复消能装置快速控制的等离子体喷射触发间隙。中国电科院按照特高压直流工程高性能及高可靠的极端严酷要求，完成了国际首台等离子体触发间隙 TG1-DC80/30-SF₆/N₂ 产品研制，据此提出了本标准中关键技术要求 and 设计实现参考。产品完成了第三方性能试验验证，间隙本体雷电绝缘耐压 250kV，最低可触发电压 50kV，触发导通时间 0.2ms，触发寿命 1800 次，通流能力 30kA/50ms/50 次，通流后 100ms 恢复 1.5 倍额定电压耐受，触发、通流、测控双冗余设计，据此提出了本标准中型式试验项目及方法。完成产品生产供货，配合“白鹤滩-江苏”特高压直流工程完成现场调试，成功实现工程投运，据此提出了本按标准中的出厂试验、现场验收试验和运维方法。

上述工作充分验证了本标准中提出的设计方法的可靠性，和试验、运维方法的合理性。

四、标准中涉及专利的情况

无。

五、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

等离子体喷射触发间隙作为一种简单可靠的亚毫秒超高速关合电力设备，关合速度快、通流容量大、简单可靠，体积小、成本低，技术经济优势明显，有望作为核心控制元件用于交、直流系统多电压等级超高速关合场合，满足电网越来越多的超高速快速控制和保护需要，具有广阔的应用前景。

本标准中规范了一种基于等离子体喷射触发的间隙型超高速关合高压电力设备。根据特高压直流可控自恢复消能装置快速控制需求，规范等离子体喷射触发间隙的设计、制造、试验和交付验收等环节，可用于指导制造厂产品研发和成套设计单位设备选型。也有望进一步扩大应用范围，指导特高压交、直流工程控制和保护中所需的等离子体触发间隙型超高速闭合开关研制。

六、与国际、国外对比情况

本标准中所规定的等离子喷射触发间隙为国际首次工程应用。

目前国内外尚未检索到专门针对等离子体喷射触发间隙设计、制造、试验和运维等方面的相关技术标准。

目前国内尚无等离子体喷射触发间隙的工程产品应用和技术标准。

目前国内能检索到的基于间隙放电的快速闭合电力设备的标准仅有《串联补偿装置用火花间隙》，其规定了交流系统中串联电容器补偿装置用火花间隙的设计要求、试验方法等。但其基本触发放电原理与本标准中所规定的等离子体喷射触发间隙不同，因此，除部分通用术语相同外，适用范围、整体结构、绝缘、触发和通流等关键设计及试验方法均不相同，无法共用。

综上，本标准水平可以确定为国际先进水平。

七、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

本标准中主要内容依据中国电科院团队等离子体喷射触发间隙产品研制和工程应用成果。其中部分试验、部分关键组部件和气体参考了现行标准。主要有：依据《GB/T16927.1 高电压试验技术》、《GB/T 17626 电磁兼容试验和测量技术》和《GB/T 2434 电力电子产品环境试验》提出了触发间隙本体绝缘、控制系统电磁兼容和环境试验方法。依据《GB/T 1102 高压开关设备六氟化硫气体密封试验方法》、《GB/T 12022 工业六氟化硫》和《GB/T 8979 纯氮、高纯氮和超纯氮》提出了触发间隙气体控制要求。依据《GB/T 21429 户外和户内电气设备用空心复合绝缘子定义、试验方法、验收准则和设计推荐》、《GB/T 8320 铜钨及银钨电触头》和《GB/T 15972 光纤试验方法规范》等提出了复合外套、铜钨电极和光纤绝缘子等关键设备的设计要求。

八、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

九、标准性质的建议说明

建议本标准的性质为团体标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布 2 天后实施。

十一、废止现行相关标准的建议

无。

十二、其他应予说明的事项

无。