

环保型气体充气柜绝缘结构优化设计研究

纪顺峰

广东金晖隆开关有限公司 广东 汕头 515000

摘要: 本文针对环保型气体充气柜在绝缘结构方面存在的问题进行了优化设计研究, 通过分析了传统气体充气柜绝缘结构的不足之处, 提出了一种新的绝缘结构设计方案, 提高绝缘效果。优化设计方案使得环保型气体充气柜在绝缘结构方面得到了有效改善, 具备较高的绝缘效果和较低的能量消耗, 具有广阔的应用前景。

关键词: 环保型气体; 充气柜; 绝缘结构; 优化设计

Optimization Design of Insulation Structure for Environmentally Friendly Gas Inflatable Cabinet

Ji Shunfeng

Guangdong Jinhuilong Switch Co., Ltd. Shantou City, Guangdong Province 515000

Abstract: This article focuses on the optimization design of the insulation structure of environmentally friendly gas inflation cabinets. By analyzing the shortcomings of the traditional insulation structure of gas inflation cabinets, a new insulation structure design scheme is proposed to improve the insulation effect. The optimized design scheme has effectively improved the insulation structure of environmentally friendly gas filled cabinets, with high insulation effect and low energy consumption, and has broad application prospects.

Keywords: Environmentally friendly gases; Inflatable cabinet; Insulation structure; Optimization design

引言

近年来, 全球的环境问题日益严重, 大气污染、温室效应等现象给人们的生活和生态系统带来了巨大的影响。减少温室气体的排放成为了全球范围内的紧迫任务。电力行业是重要的能源消耗领域之一, 在输电和配电过程中, 绝缘设备起到了关键的作用, 保障了电力系统的安全稳定运行。然而, 传统的SF₆(六氟化硫)气体作为绝缘材料存在一系列环境和健康隐患。SF₆气体对温室效应有着很高的贡献, 其长期的排放势必加剧全球气候变暖的问题。为了解决以上问题, 环保型气体充气柜逐渐成为替代SF₆气体的绝缘结构。环保型气体充气柜采用环保气体作为绝缘介质, 具有良好的环境友好性和安全性能。然而, 目前对于环保型气体充气柜的绝缘结构设计方面的研究相对较少。本研究旨在优化设计环保型气体充气柜的绝缘结构, 以提高其绝缘性能和操作可靠性。通过分析不同的绝缘结构参数, 选择最合适的绝缘材料和结构配置, 以实现充气柜的高效工作和环保要求。同时, 研究还将探讨不同的绝缘结构设计对环保型气体充气柜的电场分布、绝缘强度和热稳定性等方面的影响。通过本研究, 旨在为环保型气体充气柜的设计和应用提供理论依据和技术支持, 推动电力行业的环保发展。

1 环保型气体充气柜

环保型气体充气柜是一种重要的设备, 可以有效地实现气体充气的目的。与传统的气体充气柜相比, 环保型气体充气柜在设计和功能上有许多创新。首先, 它使用环保材料进行制造, 减少了对环境的污染。其次, 该充气柜采用高效能的过滤系统, 可以有效地过滤出有害物质, 保证充气过程中产生的废气排放是经过处理的。此外, 该充气柜还具备智能控制系统, 能够自动监测和调节充气过程中的温度、压力等参数, 提高工作效率和充气质量。综上所述, 环保型气体充气柜是一种具有优越性能和环保特点的设备, 对于推动气体充气领域的可持续发展起到了积极的促进作用。

2 开关结构的电场仿真

2.1 环保型三工位开关结构

环保型气体充气柜的三工位开关结构包括开关器件与控制电路两部分。在开关器件方面, 采用环保材料制成的气体充气柜可以有效防止对环境造成污染。同时, 该开关结构还考虑到使用者的使用习惯, 设计了三个工位, 方便用户操作。在控制电路方面, 采用可靠的电子元器件, 如传感器、继电器等, 实现对气体充气柜的控制与监测。通过该开关结构, 用户可以方便地选择所需的工位, 同时还能确保环境的



安全与卫生。整体而言,环保型气体充气柜的三工位开关结构不仅满足了用户的需求,也重视了环境保护的要求。具体结构见下图1所示。

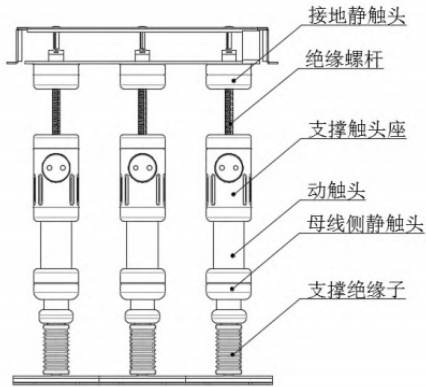


图1 环保型三工位开关结构

在三工位开关中,断裂的绝缘性非常重要。本研究主要研究了载体与接地静态接触和母线侧静态接触之间的断开的气体绝缘性,以及沿表面固气界面的载体绝缘性。绝缘和接地故障之间的绝缘距离是相同的,通过模拟计算接地故障之间的电场分布可以得出结论。在模拟实验中,电压峰值为185千伏特的介质接触,应用于静态接触的总线移动,潜力是采用静态接触地球,确定绝缘介质和衬线。由于开关是三对称的三个站,水平线,主要是研究绝缘体和介质沿表面的断裂,分析了电场的分布,只需要一个阶段的电场模拟分析和模拟过程。而材料属性方面,研究使用了表1中所列的材料属性进行电场计算。

表1 电场仿真材料属性

序号	材料名称	相对介电常数
1	尼龙	3.5
2	环氧树脂混合料	4
3	紫铜	1e10
4	干燥空气/N ₂	1

通过对三工位开关结构的电场仿真分析,可以更加准确地评估其绝缘性能。这对于确保该开关结构在工作过程中的安全可靠至关重要。同时,本研究设计的环保型三工位开关结构不仅具有高效的工作功能,还能够有效隔离和接地,符合现代环保理念。

2.2 环保型气体下的电场判据

均匀电场环境下空气击穿电压公式为:

$$U_b = 24.22\delta d + 60.8\sqrt{\delta d} \text{ (kV)} (1\text{cm} \leq d \leq 10\text{cm})$$

公式中:

δ 代表空气相对密度;

d 代表间隙距离,当 d 不过于小时 ($d > 1 \text{ cm}$), 均匀电场中空气击穿的电场强度(峰值)大致等于 3 kV/mm 。

在环保空气柜中,开关元件所处的电场主要有不均匀。从这样的实验数据,作为均匀电场的函数,可以计算出

稍微不均匀电场的最大断裂电场强度。在极其不均匀的电场中,当最大电场强度超过 3 kv/mm 时,气体不会直接分解,而会发生局部放电,但在环保空气系统中,局部放电也受到严格限制。因此,我们使用的是与空气绝缘的干燥空气或 N_2 气体。为了确保安全,采用了电场强度最大不超过 3 kv/mm 的气体标准。

2.3 仿真结果分析

下图2为断口间电场分布云图。

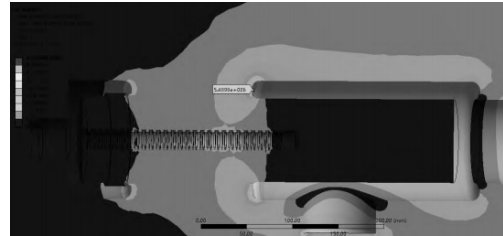


图2 断口间电场分布云图

根据图2不难发现,电场强度最大值为 5.5 kV/mm , 根据电场不均匀系数公式有:

$$f = \frac{E_{max}}{E_{av}}$$

$$E_{max} = \frac{U}{d}$$

$$f = \frac{5.5}{\frac{185}{130}} = 3.87$$

进一步研究发现,由于小于不均匀电场系数的初始值4,所以接触座和静态接触之间的电场稍微不均匀。在云电场分布的地图上螺钉表面是孤立的。图3表示最大电场强度在表面上为 1.5 kv/mm , 分布比较均匀,表示位于根源的最大磁场强度的扭曲。电场片的云分布图4表示电场最大强度是 4.2 kv/mm 。

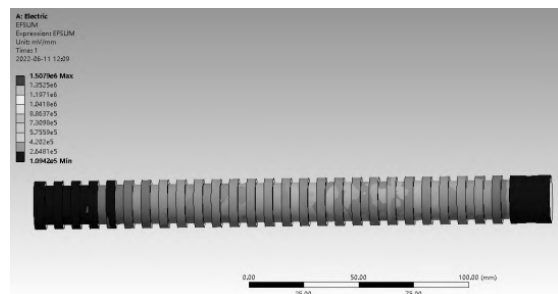


图3 螺杆表面电场分布云图

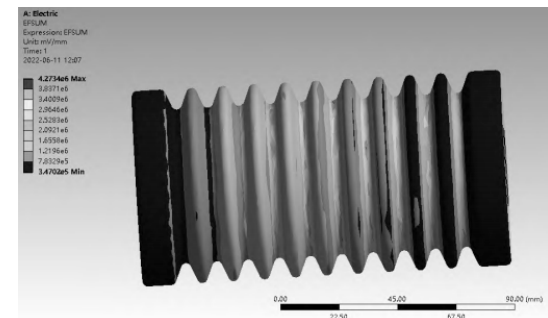


图4 撑绝缘子表面气体电场分布云图

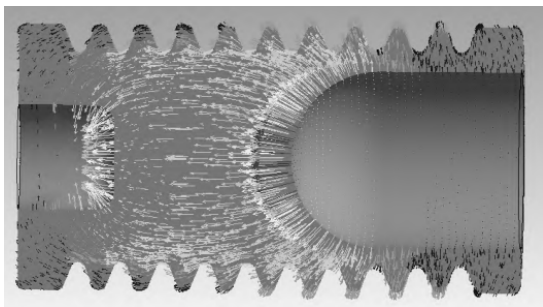


图5 支撑绝缘子电场矢量分布

绝缘螺杆表面的电场强度不仅超过了环境气体的最大电场强度基准 3kv/mm ,而且还超过了接地和支撑绝缘体表面的最大断裂电场强度。由于电场密集,电场间的缺陷间绝缘距离有限,空间有限,导频带表面间的联络和支撑基础的断裂不能增加静态接触半径(假基地联络支持和断裂端静态接触 $R10$),结果,圆角电场集中。支撑绝缘子的表面电场强度高,是因为伞裙的结构形状设计不合理,电场集中在伞裙的根部。支撑绝缘子的电场矢量图可见图5。因此,在设计三工位开关结构时,需要优化支撑触头座与静触头断口端部圆角。

3 开关结构优化

3.1 开关支撑触头座与触头断口端部优化

为了增强开关的可靠性和安全性,同时减少环境污染,对开关支撑触头座与触头断口端部进行优化。首先,针对开关的支撑触头座进行改进。传统的设计中,触头座与开关机构紧密连接,容易受到外部震动和振动的影响,导致触头松动或断裂。为了解决这一问题,改进方案引入了弹性支撑装置,通过在触头座上添加弹簧或橡胶垫等材料,有效消除了外部震动对触头的影响,保证了触头的稳定性和接触性能。其次,针对触头断口端部进行了优化。传统设计中,触头与气体管道之间的连接处存在漏气的隐患,可能导致环境中的气体泄漏和污染。为了解决这一问题,改进方案采用了密封设计,在触头断口端部附近添加了防漏气圈或密封胶垫等材料,确保气体管道与触头之间的紧密连接,有效防止气体泄漏和环境污染。通过以上的优化措施,环保型气体充气柜的三工位开关结构在支撑触头座与触头断口端部方面得到了改善。这样的设计不仅提高了开关的可靠性和安全性,还减少了环境污染的风险,符合现代社会对环境友好的要求。



图6 环氧触头屏蔽件

3.2 支撑绝缘子外形的优化

优化支撑绝缘子的外形设计,以提高开关的安全性和可靠性,同时满足环保要求。传统的设计中,绝缘子的外形常常较为复杂,存在结构繁琐、重量大等问题。为了解决这些问题,改进方案提出了一种简约而坚固的外形设计。首先,通过精确的计算和分析,确定了最优的绝缘子尺寸和形状,以确保其具有足够的机械强度和电气性能。然后,在绝缘子的外表面采用了光滑的设计,减少了其与环境中灰尘和污垢的接触面积,从而降低了清洁维护的难度。此外,改进方案还考虑到了环保因素。在外形设计中,选用了无毒、环保的材料,避免了对环境和操作人员的潜在危害。同时,通过使用可再生材料或者适当的回收和处理方案,实现了对绝缘子的可持续利用。通过以上优化措施,环保型气体充气柜的三工位开关结构中支撑绝缘子的外形得到了改进。这样的设计不仅提高了开关的安全性和可靠性,还降低了清洁维护的难度,并符合环保要求,为现代社会的可持续发展做出了贡献。

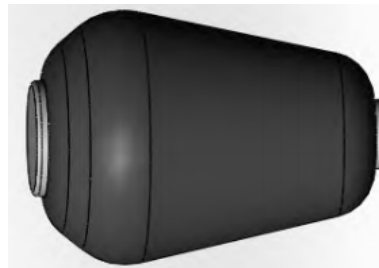


图7 支撑绝缘子

3.3 优化后的电场分析

根据上述优化方法,对三工位开关进行了结构改进设计。经过优化后的结构如图8所示。图9展示了接地断口间的电场分布情况,而图10则展示了支撑绝缘子表面的电场分布云图。

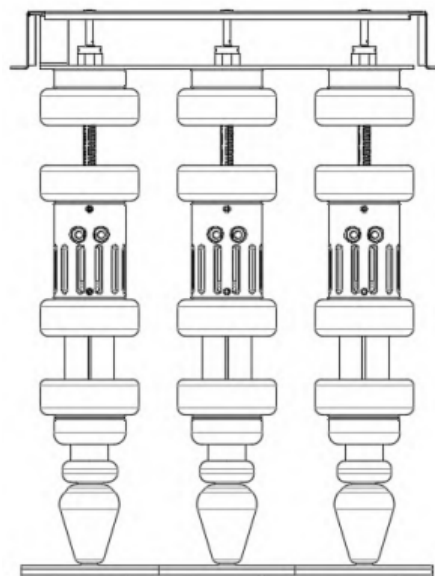


图8 三工位开关优化结构

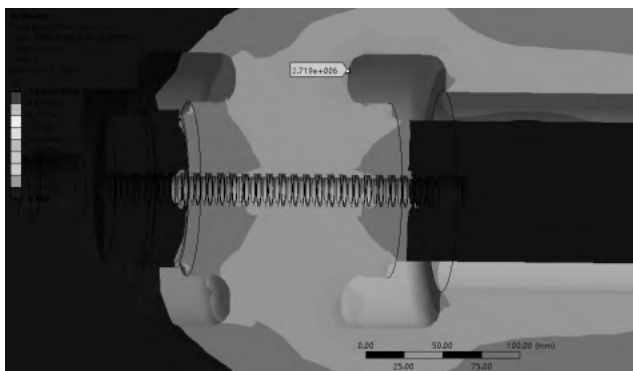


图9 接地断口间优化后电场分布云图

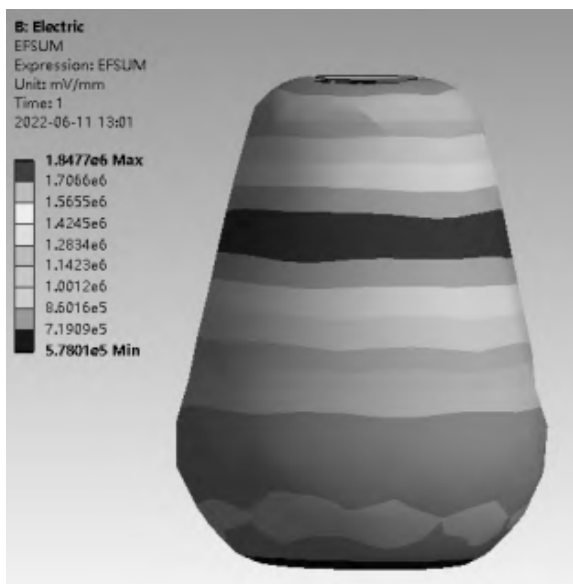


图10 支撑绝缘子优化后表面气体电场分布云图

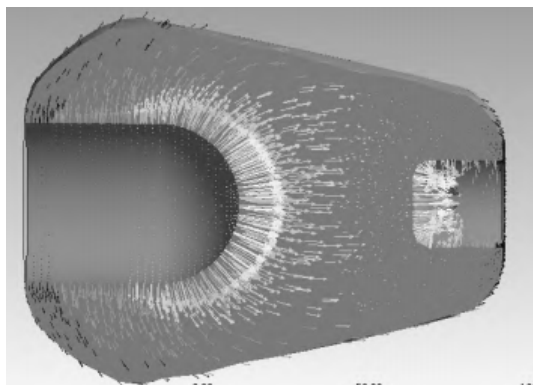


图11 支撑绝缘子优化后电场矢量分布图

从这些图中可以明显看出,优化后,支撑接地龟裂和绝缘体表面的电场分布更加均匀。最大电场强度分别为2.7 kv /

mm和1.8 kv /mm,均低于破坏电场强度3kv /mm。这符合理论设计,从图11可以看出,支撑绝缘体的优化表面形状与表面电场线方向的分布基本一致。

结束语

本研究旨在优化设计环保型气体充气柜的绝缘结构,以提高其绝缘性能和操作可靠性。通过对绝缘结构设计进行研究与探讨,研究发现绝缘结构的设计对环保型气体充气柜的电场分布、绝缘强度和热稳定性等方面的影响非常显著。合理的绝缘结构可以有效地控制电场分布,减少局部高电场区域的存在,提高绝缘强度和避免放电等问题的发生,为环保型气体充气柜的设计和应用提供了重要的理论依据和技术支持,为电力行业的环保发展做出了积极贡献。在未来的研究中,研究将继续完善研究内容,进一步探索环保型气体充气柜的绝缘结构优化和应用推广,以实现更加可持续和环保的电力系统运行。

参考文献

- [1]卫春晓.环保气体绝缘环网柜的电场优化设计研究[J].电力设备管理,2023(6):230-232.
- [2]张博雅,李兴文,唐念,等.新型环保绝缘气体研发回顾与展望[J].高压电器,2022,58(4):7.
- [3]张语桐,吴泽华,徐家忠,等.特高压GIS用单支撑绝缘子绝缘结构优化设计[J].电工技术学报,2023,38(1):258-269.
- [4]陈利民,张罗锐,李红雷,等.40.5kV环保型充气柜三工位开关绝缘结构优化设计[J].科学技术创新,2022(029):000.
- [5]李金辉,刘洋,范冠鹏,等.XGNA-12环保型充气柜技术参数的计算[J].电气自动化,2017,39(6):3.DOI:CNKI:SUN:DQZD.0.2017-06-020.
- [6]蒋成博,潘明,费翔.40.5kV环保型充气柜三工位隔离接地开关绝缘分析[J].电气工程学报,2014,000(012):51-53.
- [7]陈慎言,史承虎,江苏帕威尔电气有限公司,江苏省南京市.N2X-24kV环保型充气柜的研发[J].2008年20KV电压供电专题研讨会,2009.
- [8]程显,韩书谟,何周,等.40.5kV环保型气体绝缘开关柜气室结构设计[J].高电压技术,2015(08):2772-2779.DOI:10.13336/j.1003-6520.hve.2015.08.031.
- [9]陈晶华.中压环保型气体绝缘开关设备的设计[J].电气技术,2019,20(1):106-108.
- [10]陈利民,张罗锐,李红雷,等.环保型充气柜关键技术及应用[J].中国科技成果,2022,23(14):4.