

# 考虑干扰源的110kV金属氧化物避雷器带电测试

陈铮

国网江苏电力有限公司苏州供电分公司

**摘要:** 在110kV金属氧化物避雷器实际运行过程中,受客观干扰源的影响,对应的带电情况会发生不同程度的变化,为此,提出考虑干扰源的110kV金属氧化物避雷器带电测试研究。将HY5WS-5/15配电型氧化锌电阻片避雷器作为测试对象, HY5WS-5/15配电型避雷器自身,环境自身两个角度设置了干扰源,其中,避雷器自身污秽干扰源的自变量为体积导电率,环境状态的自变量为温度,将带电测试结果中的漏电流作为因变量,开展干扰源下110kV金属氧化物避雷器的带电测试。测试结果表明,避雷器自身污秽干扰源的体积导电率越小,110kV金属氧化物避雷器的漏电强度越大;当环境温度干扰源的强度越大时,110kV金属氧化物避雷器的漏电强度越大,并且在相同的干扰强度下,高温对110kV金属氧化物避雷器的漏电强度的影响大于低温对110kV金属氧化物避雷器的漏电强度的影响。

**关键词:** 干扰源; 110kV金属氧化物避雷器; 带电测试; HY5WS-5/15配电型氧化锌电阻片避雷器; 污秽干扰源; 环境温度干扰源; 漏电流

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2023.02.231

## 引言

对氧化物避雷器的特点进行分析,主要包括其优良的非线性属性和大通流容量,使其能够适应电力系统各电压等级的实际运行需求,并与不同等级的输变电设备良好适配<sup>[1]</sup>。在上述综合因素的共同影响下,金属氧化物避雷器也已经成了电力系统最基本的过电压保护设备之一,在保障电力系统安全稳定运行方面发挥着重要的作用<sup>[2]</sup>。在此基础上,深入分析氧化物避雷器的非线性伏安特性可以发现,氧化物避雷器在通过正常工作电流时,其电压与电流的关系呈现出非线性的特性。这是因为氧化物避雷器的电阻值会随着电流的增加而逐渐减小,导致电流和电压之间的关系不再是线性的<sup>[3]</sup>。氧化物避雷器在承受高能量冲击时,其电阻值会发生更大的变化。这种非线性特性使得氧化物避雷器能够有效地吸收和分散雷电冲击电流,从而保护电力系统免受雷电的损害<sup>[4]</sup>。当雷电过电压或操作引起的内部过电压作用于电力系统时,通过迅速降低氧化物阀片的电阻值<sup>[5]</sup>,就可以迅速增大流过阀片的电流,确保过电压的能量能够得到快速释放<sup>[6]</sup>。但是需要注意的是,此时的阀片电阻值接近短路状态,可以有效地限制过电压的幅值范围,从而有效控制电力系统其他设备因过电压而损坏的可能性<sup>[7]</sup>。其次,阀片阻值可以在过电压泄放结束后的短时间内恢复至高阻状态,形成类似开路的结构,为电力系统的正常运行提供可靠保障<sup>[8]</sup>。结合上述分析可以看出,金属氧化物避雷器的带电性能直接关系到其对雷电过电压或操作引起的内部过电压影响的抑制效果<sup>[9]</sup>。

为此,本文提出考虑干扰源的110kV金属氧化物避雷器带电测试研究,客观分析了不同干扰条件下,

110kV金属氧化物避雷器的性能变化情况以及规律。

## 一、测试准备

在开展110kV金属氧化物避雷器带电测试过程中,本文将HY5WS-5/15配电型避雷器作为具体的测试材料。对HY5WS-5/15配电型避雷器的具体配置情况进行分析,其采用了具有非线性伏安特性的氧化锌电阻片作为电阻材料,在实际性能方面, HY5WS-5/15配电型避雷器在绝缘配合方面,能够做到陡坡,雷电波,操作波的保护裕度接近一致<sup>[10]</sup>,具有吸收雷电过电压、操作过电压和工频暂态过电压的能力,可限制雷电过电压和操作过电压,对电器设备起到可靠的保护作用<sup>[11]</sup>。其中,图1为HY5WS-5/15配电型避雷器的具体规格参数示意图以及实物图。

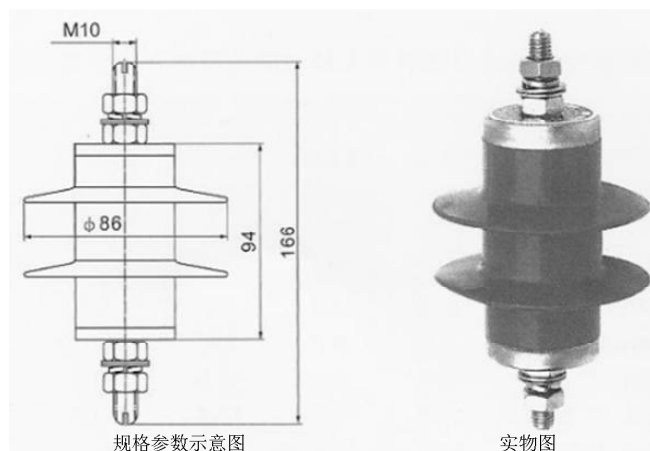


图1 HY5WS-5/15配电型避雷器具体规格参数示意图及实物图

在上述基础上,对HY5WS-5/15配电型避雷器的应用参数以及性能特点进行分析,具体如表1所示。

表1 HY5WS-5/15配电型避雷器参数信息统计表

编号	参数	配置
1	使用环境温度/℃	-40.0~+40.0
2	使用环境海拔高度/m	2000.0
3	电源频率/ Hz	48.0~62.0
4	风速/m/s	<35.0
5	地震裂度/度	<7
6	长期施加的电压	<高持续运行电压
7	系统额定电压/kV	110.0
8	避雷器额定电压/kV	140.0
9	持续运行电压/kV	70.0
10	直流参考电压/kV	120.0
11	坡波冲击电流下残压/kV	75.0
12	雷电冲击电流下残压/kV	60.0
13	操作冲击电流下残压/kV	38.0
14	方波通流容量/A	90.0
15	大电流冲击耐受/kA	50.0

结合表1所示的信息可以看出，HY5WS-5/15配电型避雷器能够避免因陡坡放电延迟而引起的陡坡放电电压高、操作波放电分散性大的问题，有效地限制过电压的幅值范围，在遭受较大电压时，能够有效地保护设备免受损害，保证电力系统的稳定运行。

(二) 带电测试方案

在具体的测试过程中，本文充分考虑了实际金属氧化物避雷器运行过程中，对应的干扰源无论是在种类上，还是在强度上，都具有多样化的属性特征。因此，本文在设计带电测试方案时，本文分别从HY5WS-5/15配电型避雷器自身，环境自身两个角度设置了干扰源。其中，HY5WS-5/15配电型避雷器自身表面污秽的设置按照GB/T 4585—2004《交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验》中的固体层法，模拟自然环境中的污秽物质进行配置，包含水、高岭土以及NaCl等成分，以评估绝缘子在特定环境下的性能。表1为HY5WS-5/15配电型避雷器自身污秽干扰源的设置情况。

表1 HY5WS-5/15配电型避雷器自身污秽干扰源设置

测试组编号	附盐密度/mg/cm <sup>2</sup>	体积导电率/S/m
1	0.40	16.2
2	0.20	8.1
3	0.10	4.1
4	0.05	2.0

其次就是对HY5WS-5/15配电型避雷器运行环境温度干扰源的设置，结合表1中HY5WS-5/15配电型避雷器的使用环境温度为-40.0℃~+40.0℃，本文设置测试阶段的环境温度分别为-60℃、-50℃、-40.0℃以及40.0℃、-50℃、60℃。

在上述测试环境的基础上，本文设置漏电流作为评

价HY5WS-5/15配电型避雷器带电情况的指标。同时结合实际运行过程中雷电过电压或操作引起的内部过电压状态，按照持续运行电压的95%，100%，100%以120%设置具体的测试环境。

按照上述所示的测试方案，分别开展具体的带电测试，通过对具体的测试结果进行分析，对其规律进行总结。

三、测试结果与分析

(一) 污秽干扰源下110kV金属氧化物避雷器带电测试结果

首先，对不同程度HY5WS-5/15配电型避雷器自身污秽干扰源状态下的带电测试结果进行分析，得到的具体数据信息和发展趋势分别如表3和图1所示。

表3 避雷器自身污秽干扰源下带电测试结果数据信息

测试组编号	污染前/μA	污染后/μA	变化值/μA
1	1.22	12.44	11.21
2	1.23	45.33	44.08
3	1.25	124.24	123.02
4	1.22	226.37	226.37

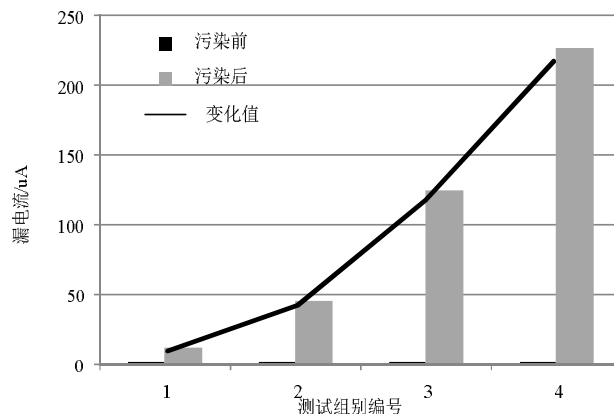


图1 避雷器自身污秽干扰源状态下带电测试结果发展趋势

结合图1所示的HY5WS-5/15配电型避雷器自身污秽干扰源状态下的带电测试结果，对具体的情况分析分析可以发现，当HY5WS-5/15配电型避雷器自身污秽干扰源的体积导电率越小时，对应的漏电流强度也越大，且漏电流变化较为明显。

综合上述测试结果可以得出结论，避雷器自身污秽干扰源的体积导电率越小，110kV金属氧化物避雷器的漏电流强度越大。

(二) 使用环境温度干扰源下110kV金属氧化物避雷器带电测试

其次，对不同程度HY5WS-5/15配电型避雷器的使用环境温度干扰源下的带电测试结果进行分析，得到的具体数据信息和发展趋势如表4和图2所示。

表4 使用环境温度干扰源下带电测试数据信息/ $\mu\text{A}$ 

使用环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	过电压强度			
	95%U	100%U	110%U	120%U
-60.0	6.01	6.12	6.23	6.45
-50.0	4.26	4.50	4.86	5.01
-40.0	0.75	1.10	1.20	1.23
40.0	0.76	1.12	1.21	1.25
50.0	4.54	4.73	5.44	5.88
60.0	6.07	6.20	6.35	6.59

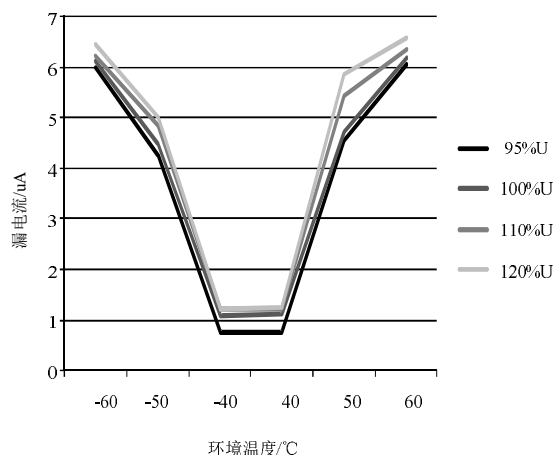


图2 避雷器运行环境温度干扰源状态下带电测试结果发展趋势

结合表4和图2所示的HY5WS-5/15配电型避雷器运行环境温度干扰源状态下的带电测试结果，具体分析如下：当HY5WS-5/15配电型避雷器的过电压强度一定时，如果运行环境温度低于该避雷器的使用环境温度下限（ $-40^{\circ}\text{C}$ ）或高于其使用环境温度上限（ $40^{\circ}\text{C}$ ），那么对应的漏电流强度会出现明显的提升。此外，漏电流强度会随着运行环境温度与使用环境温度阈值范围的差异增大而增强。具体来说，当环境温度从 $-40^{\circ}\text{C}$ 下降到 $-50^{\circ}\text{C}$ 时，漏电流强度的增幅在 $3.4\mu\text{A}\sim 3.8\mu\text{A}$ 之间。当环境温度从 $-40^{\circ}\text{C}$ 下降到 $-60^{\circ}\text{C}$ 时，漏电流强度的增幅在 $5.0\mu\text{A}\sim 5.3\mu\text{A}$ 之间。当环境温度从 $40^{\circ}\text{C}$ 增加到 $50^{\circ}\text{C}$ 时，漏电流强度的增幅在 $3.6\mu\text{A}\sim 4.6\mu\text{A}$ 之间；而当环境温度从 $40^{\circ}\text{C}$ 上升到 $60^{\circ}\text{C}$ 时，漏电流强度的增幅同样在 $5.0\mu\text{A}\sim 5.3\mu\text{A}$ 之间。进一步分析表明，在相同运行环境温度干扰源状态下，不同过电压强度时的带电测试结果并未呈现出明显的漏电流强度差异。

根据上述测试结果，可以得出以下结论：当环境温度干扰源的强度增大时，110kV金属氧化物避雷器的漏电流强度也会随之增加。而在相同的干扰强度下，高温对110kV金属氧化物避雷器的漏电流强度的影响要大于低温的影响。

#### 四、结束语

在电力系统的实际运行过程中，由于雷电过电压或

操作引起的内部过电压情况是不可避免的，针对该问题，为了最大限度降低由此带来的安全问题以及供电质量问题，合理有效地应用金属氧化物避雷器就成了至关重要的因素。本文提出考虑于干扰源的110kV金属氧化物避雷器带电测试研究，切实实现了对不同干扰条件下，110kV金属氧化物避雷器的性能变化情况以及规律的有效分析。借助本文的研究，希望能够为实际的金属氧化物避雷器应用以及运维管理提供有价值的参考。

#### 参考文献

- [1]李威,刘卫东,董凯,等.  $\pm 500\text{kV}$  鹤城换流站换流阀避雷器直流试验方法[J/OL]. 电瓷避雷器, 2023(04): 146+141-145
  - [2]律方成,吴雨舟,王胜辉,等.  $\text{CaCO}_3$ -(3)掺杂对 $\text{ZnO-Bi}_2\text{O}_3$ 基压敏电阻微观结构和电气性能的影响[J/OL]. 华北电力大学学报(自然科学版), 2023, 08(25): 1-7.
  - [3]陈益峰,袁小平,梅飞,等. 不同温度下环氧树脂布基板体积电阻率测试与内带电效应研究[J]. 绝缘材料, 2023, 56(06): 94-99.
  - [4]王清波,董伟,代正元,等. 一起基于全生命周期管理的500千伏MOA局部发热缺陷状态检修案例分析与研究[J]. 电瓷避雷器, 2022(04): 169-176.
  - [5]王清波,段永生,方勇,等. 交流泄漏电流带电测试对MOA不同绝缘部件的故障检出效果差异研究[J]. 电瓷避雷器, 2022(03): 19-25.
  - [6]彭峰,刘宇,杨丹青,等. 新型便携式避雷器带电无线测试与诊断评估技术研究及应用[J]. 电工技术, 2022(08): 87-89.
  - [7]刘大源. 火力发电厂220kV氧化锌避雷器阻性电流过高问题研究[J]. 电工技术, 2022(06): 176-178+182.
  - [8]刘钊,刘胜军,刘小琰. 相位角阈值判断法在避雷器带电测试中的应用[J]. 农村电气化, 2022(03): 18-19+22.
  - [9]李涛,方文田. 基于粒子群优化算法的金属氧化物避雷器阻性电流计算方法研究[J]. 电气技术, 2021, 22(11): 104-108.
  - [10]滕昊,蓝海文,杨帆. 结合设备多源状态数据的GIS设备局放带电测试异常的分析与处理[J]. 电气应用, 2021, 40(08): 30-35.
  - [11]雷强,金宇. 一种变压器水喷雾灭火系统带电测试装置[J]. 设备管理与维修, 2021(12): 77-78.
- 作者简介: 陈铮(1989—),男,江苏苏州人,硕士研究生,电力工程技术工程师,主要研究方向为高压技术。