

正确选择无间隙氧化锌避雷器的方法

章金波

(苏州常熟市电力工程设计有限公司, 江苏 常熟 215500)

摘 要: 为保障电网的安全可靠运行, 根据电力系统的实际情况, 本文提出了正确选择各电压等级无间隙氧化锌避雷器的方法。

关键词: 无间隙氧化锌避雷器; 选择; 方法

0 引言

近年来, 无间隙氧化锌避雷器(以下简称氧化锌避雷器)在电力系统中得到了普遍使用, 正逐渐取代原来老式的碳化硅阀式避雷器, 为保证氧化锌避雷器的安全可靠运行, 掌握正确选择氧化锌避雷器的方法显得十分必要; 在确定其重要参数前简单介绍一下避雷器的区别和工作原理。

1 带间隙氧化锌避雷器和无间隙氧化锌避雷器的区别

避雷器分为带放电间隙避雷器和无间隙避雷器, 从字面就可以看出二者的区别, 就是带间隙和不带间隙。最早避雷器使用的阀片的主要材料是碳化硅, 叫做碳化硅避雷器, 由于碳化硅有一个致命的缺点, 就是避雷器的泄漏电流太大, 影响避雷器的寿命, 所以要给避雷器加一个间隙来保证它的寿命。80年代从日本东芝引进了氧化锌阀片的生产工艺, 这是避雷器发展的一次飞跃, 氧化锌阀片的非线性特性完全弥补了碳化硅阀片的缺陷, 并且具有以下优越性: ①体积小, 重量轻; ②非线性特性好, 结构简单; ③泄漏电流小, 残压低; ④通流能力强; ⑤避雷器寿命长。

带间隙金属氧化锌避雷器主要是当有过电压时, 大电流击穿间隙导通, 由于击穿间隙电压的分散性大, 击穿的电压也很不稳定; 残压也高, 对设备的保护性能差。

无间隙金属氧化锌避雷器由于氧化锌非线性特性好, 当设备正常运行时它呈现的是一个很大的电阻, 基本没有电流流过(泄漏电流小, 仅有微安级), 当有过电压来时, 它呈现的是一个导体, 短路设备, 此时流过避雷器的电流瞬间达数千安培, 避雷器处于导通状态, 释放过电压能量, 从而

有效地限制了过电压对输变电设备的侵害。

2 正确选择无间隙氧化锌避雷器的必要性

1993年及以前使用的氧化锌避雷器, 其额定电压是以阀型避雷器的灭弧电压值为标准选择的。对于非中性点氧化锌避雷器, 20kV及以下系统阀型避雷器的灭弧电压为 $1.1U_m$; 35kV~66kV系统阀型避雷器的灭弧电压为 $1.0U_m$; 110kV及以下系统阀型避雷器的灭弧电压为 $0.75U_m$ (330kV~500kV系统线路侧为 $0.8U_m$)。对于中性点氧化锌避雷器, 110kV及以上系统阀型避雷器的灭弧电压分别为 $0.13U_m$ (电抗器接地)和 $0.45U_m$ (不固定接地); 110kV以下系统阀型避雷器的灭弧电压为 $0.577U_m$ 。其中 $U_m=KU_n$ (U_m 为系统最高电压, U_n 为系统额定电压), 220kV及以下系统的K取1.15, 330kV及以上系统的K取1.1。

由于在3~66kV中性点不接地或经消弧线圈接地系统中, 电力系统调度规程规定在单相接地故障时允许持续运行2h, 这样就对采取上述方法确定额定电压的氧化锌避雷器的安全运行构成了严重威胁, 况且这种低参数的氧化锌避雷器更难承受间歇性电弧接地过电压和谐振过电压的能量应力。如原先选择的Y5WZ-7.6/26、Y5WZ-12.7/45, 其额定电压分别为7.6kV($1.1 \times 1.15 \times 6 = 7.59$)和12.7kV($1.1 \times 1.15 \times 10 = 12.65$), 在实际运行中就多次出现了热崩溃甚至严重的爆炸事故。因此, 为防止氧化锌避雷器的损坏, 提高可靠性, 避免造成电力系统更大的损失, 十分有必要来掌握正确选择氧化锌避雷器的方法。正确选择氧化锌避雷器首先需要确定其额定电压, 此外还要考虑氧化锌避雷器的雷电保护水平、标称放电电流等参数。

3 无间隙氧化锌避雷器额定电压的选择

选择氧化锌避雷器的第一步就是确定其额定电压。确定额定电压时必须考虑系统最高电压、暂态过电压及其持续时间等诸多因素。

对于 110kV 及以上系统选择非中性点氧化锌避雷器采用原来以阀型避雷器的灭弧电压值为参考依据确定额定电压的方法是可行的。但对于中性点氧化锌避雷器,因变压器中性点氧化锌避雷器的额定电压系按变压器中性点绝缘水平来确定,而变压器中性点绝缘水平又不甚统一,所以《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997)规定,变压器中性点不接地的中性点氧化锌避雷器额定电压按 $0.57U_m$ 进行选择,变压器中性点经接地电抗器接地的中性点氧化锌避雷器额定电压按 $0.17U_m$ 进行选择。

对于 110kV 以下系统,据统计,近年来在 3~66kV 中性点不接地或经消弧线圈接地系统中的无间隙金属氧化锌避雷器在单相接地时或谐振时发生的过电压动作损坏较多,经分析,造成氧化锌避雷器动作时损坏的主要原因,是对氧化锌避雷器的额定电压和持续运行电压选取值偏低,仅为相电压。而在实际情况中,单相接地时作用在健全相和氧化锌避雷器所承受持续运行电压达 1.73 倍相电压甚至更高,且允许持续时间可达 2 h 或更长。显然按相电压来选用是不合适的。为了解决这一问题,电力部安全监察及生产协调司曾于 1993 年 12 月 30 日发出通报,要求提高电压水平,现在又正式将其纳入中华人民共和国电力行业标准。在 35kV~66kV 系统中,暂态过电压一般不超过 U_m ,在 3kV~20kV 系统中,则一般不超过 $1.1U_m$ 。同时现行标准规定了 3kV~66kV 系统的避雷器持续运行电压取值,而额定电压则需比暂态过电压高 25%。因此在 35kV~66kV 系统中,非中性点氧化锌避雷器额定电压应按 $1.25 \times 1.0U_m = 1.25U_m$ 选择;在 3kV~20kV 系统中,非中性点氧化锌避雷器额定电压应按 $1.25 \times 1.1U_m = 1.38U_m$ 选择。对于 3kV~66kV 中性点不接地或经消弧线圈接地系统中变压器中性点的稳态电压以 $0.57U_m$ 为限,但由于变压器中性点绝缘水平不一,所以中性点氧化锌避雷器的额定电压一般为 $0.72 \sim 0.8U_m$ 。现在新装设的氧化锌避雷器都遵循了以上原则,例如 Y10W-204/532W、YH1.5W-72/186W、YH5WZ-17/45: 其额定电压分别为 204kV ($0.75 \times 252 = 189$)、72kV ($0.57 \times 126 = 71.82$) 和 17kV ($1.38 \times 12 = 16.56$)。氧

化锌避雷器的额定电压可参考表 1 进行选择。

表 1 无间隙氧化锌避雷器额定电压			kV
系统接地方式		额定电压	
		非中性点	中性点
有效 接地	110kV	$0.75U_m$	$0.57U_m$
	220kV	$0.75U_m$	$0.17U_m(0.57U_m)$
	330kV,500kV	$0.75U_m(0.8U_m)$	$0.17U_m$
不 接地	3kV-20kV	$1.38U_m$	$0.8U_m$
	35kV,66kV	$1.25U_m$	$0.72U_m$

4 无间隙氧化锌避雷器雷电保护水平的选择

在确定氧化锌避雷器的额定电压以后,接着就是确定氧化锌避雷器的另一个重要性能参数,即雷电保护水平 U_{bv} 。

当氧化锌避雷器的额定电压确定之后,避雷器在流过标称放电电流而引起的雷电冲击残压 U_{blc} 便是一个确定的数值。它与设备绝缘的全波雷电冲击耐压水平(BIL)比较,应满足绝缘配合的要求,即 $K_{lp} \cdot U_{blc} \leq BIL$; 在确定了雷电冲击残压 U_{blc} 之后,尚应校核陡波冲击电流(波头时间为 $1\mu s$,幅值与标称放电电流相同)下的残压 U'_{blc} ,保证与电气设备绝缘的陡波耐受强度满足必要的配合,即 $K_{lp} \cdot U'_{blc} \leq 1.15BIL$ 。所以氧化锌避雷器的雷电保护水平 U_{bv} 应取 U_{blc} 与 $U'_{blc}/1.15$ 的较高者;同时电气设备的全波额定雷电冲击耐压水平(BIL)与雷电保护水平(U_{bv})之间,应取以下安全裕度系数 K: ①氧化锌避雷器紧靠被保护设备, $K \geq 1.25$; ②氧化锌避雷器不紧靠被保护设备, $K \geq 1.4$ 。

表 2 电气设备雷电冲击耐受电压			kV
系统额定电压	设备最高电压	雷电冲击耐受电压	
		非中性点	中性点
3	3.6	40	/
6	7.2	60	/
10	12	75	/
20	24	125	/
35	40.5	185	/
66	72.5	350	/
110	126	450	250
			直接接地 185
220	252	850	经接地电抗器接地 185
			不接地 400
330	363	1050	直接接地 185
			经接地电抗器接地 250
500	550	1425	直接接地 185
			经接地电抗器接地 325

对 3kV~500kV 电气设备随其所在系统接地方式的不同、暂时过电压的差别等，将有不同的耐受电压要求。表 2 所列电气设备额定雷电冲击耐受电压数据适用于海拔高度 1000m 及以下地区的电气设备。

根据表 2 所列数据，我们可以验算氧化锌避雷器的雷电保护水平。例如对于 Y10W-204/532W、YH1.5W-72/186W、YH5WZ-17/45：其残压分别为 532kV（ $532 \times 1.4 = 744.8 < 850$ ）、186kV（ $186 \times 1.25 = 232.5 < 250$ ）和 45kV（ $45 \times 1.4 = 63 < 75$ ），均可以达到保护电气设备的要求。

5 无间隙氧化锌避雷器选择的其他问题

5.1 氧化锌避雷器标称放电电流的选择

氧化锌避雷器的标称放电电流 I_n 是冲击波形为 8/20 μ s 放电电流的峰值，它是根据雷电侵入波流经避雷器的放电电流幅值，对避雷器的类型分别进行等级划分，有 1.5、2.5、5、10、20kA 等五级，前三级分别与变压器中性点、电机、配电、并联补偿电容器、电气化铁道氧化锌避雷器相对应；电站型氧化锌避雷器则划分为后三级。例如对于 Y10W-204/532W、YH1.5W-72/186W（用于 110kV 变压器中性点）、YH5WZ-17/45：其标称放电电流 I_n 分别为 10kA、1.5 kA 和 5 kA。对于具有两种标称放电电流的避雷器，在雷电活动特别强烈的地区，耐雷水平达不到规定要求时，或与母线固定连接的线路只有一条时，或 500kV 只有一组避雷器时，可考虑采用标称放电电流较大的避雷器。氧化锌避雷器的标称放电电流 I_n 具体选择方法见表 3。

表 3 标称放电电流 I_n kA

系统额定电压/kV	标称放电电流	
	非中性点	中性点
3	5	1.5
6	5	1.5
10	5	1.5
20	5	1.5
35	5	1.5
66	5	1.5
110	10	1.5
220	10	1.5
330	10	1.5
500	20	1.5

5.2 GIS 与氧化锌避雷器的选择

六氟化硫气体绝缘全封闭组合电器（GIS）的

冲击放电电压几乎与放电时间无关，而无间隙氧化锌避雷器的伏秒特性也很平坦，所以两者之间可以有较理想的配合。因此六氟化硫气体绝缘全封闭组合电器必须选用无间隙氧化锌避雷器来进行保护。

当变压器或 GIS 一次回路的任何电气部分至氧化锌避雷器间的最大电气距离不超过下列参考值（66kV 50m；110kV 及 220kV 130m）时，装设一组氧化锌避雷器就可以实现全变电所的保护。对于接线比较复杂，进出线较多的 GIS 工程，则需要进行验算后确定氧化锌避雷器的配置。

由于目前采用六氟化硫气体绝缘全封闭组合电器（GIS）的变电所一般均采取线变组的主接线方式，接线简单，所以设计中现在均在每路线变组进线端安装一组氧化锌避雷器来实现全变电所高压电气部分的保护。

5.3 高压电缆与氧化锌避雷器的选择

与架空线连接的高压电缆段，对雷电侵入波有良好的衰减作用，有时可仅在电缆与架空线的连接处装设避雷器，而不必在变电所端装设，但这只是在电缆很长（例如几百米）时才有价值。当电缆（包括连接到架空出线的变电所配电装置中的纯电缆线路）的长度不太长而又超过 50m 时，由于雷电侵入波的衰减有限，却因电缆端部的多次反射，反而可使其幅值升高达 2 倍，所以必须在电缆两端同时装设避雷器。对于近年来投运的变电所，若变电所出线段先采用一段电缆后再连接架空线路的，由于电缆长度一般多在 100m 左右，在设计时考虑均在电缆两端同时装设避雷器来进行保护。

6 选择实例分析

苏州供电公司常熟 110kV 银河变电所工程，由常熟市电力工程设计有限公司设计，于 2009 年 8 月竣工投运。一期建设主变一台容量 63MVA 三相三圈有载调压电力变压器，远景为 3×63MVA。110kV 一期进线 1 回，远景 3 回，采用 GIS 组合电器。20kV 出线一期 8 回，远景 24 回；10kV 出线一期 8 回，远景 12 回。20kV 电力电容器一期不装设，远景装设 7200 kvar 及 6000kvar 各 2 组；10kV 电力电容器一期装设容量 3600kvar 及 4800kvar 各 1 组，远景为各 2 组。接地变一期 10kV 配置容量 550 kVA 2 台，兼所用变；消弧线圈一期 1 套，容量 450 kVA；20kV 配置容量 1000 kVA 1 台，兼所用变；消弧线圈一期 1 套，容量 900 kVA。电气接

线 110kV 一期、远景均为线路变压器组接线,均采用架空进线。20kV 一期采用单母线双分段接线,远景采用单母线六分段环形接线,出线采用电缆出线。10kV 一期、远景均采用单母线分段接线,出线采用电缆出线。

根据选择方法确定的各电压等级的无间隙氧化锌避雷器的参数及型号如下(括号内为实际制造厂家):①1758 虞里线线路避雷器:Y10WF-108/268(沈高)②#1 主变中性点避雷器:YH1.5W-72/186W(南阳金冠)③#1 主变 20kV 侧避雷器:YH5WZ2-34/85(上海电瓷)④#1 主变 10kV 侧避雷器:YH5WZ-17/45(广州华盛)⑤20kV I、II 段母线避雷器:YH5WZ-34/85(广州华盛)⑥10kV I 段母线避雷器:YH5WZ-17/45(苏州华东)⑦20kV#1 消弧线圈避雷器:HY5WZ-34/85(上海金玉树)⑧10kV#2 消弧线圈避雷器:YH5WZ-10/27(广州华盛)⑨10kV 电容器组避雷器:YH5WR-17/45(广州华盛);上述各电压等级的无间隙氧化锌避雷器

自投运至今,一切运行正常,说明所选择的避雷器是安全可靠的。

7 结论

综上所述,为保证氧化锌避雷器的安全可靠运行,正确选择无间隙氧化锌避雷器的方法就是必须正确确定其额定电压、雷电保护水平、标称放电电流等参数,具体可以参照表 1、表 2、表 3 进行选择。

参考文献:

- [1] DL/T 620-1997, 交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].
- [2] 电力工程电气设计手册[Z].北京:中国电力出版社,1996.

作者简介:

章金波(1970—),男,江苏常熟人,主要从事变电设计工作。