

1 000 kV 瓷外套 MOA 电阻片与瓷套电位关系的研究

王 琼¹, 安翠翠¹, 马文玲², 窦小晶¹, 刘 航¹, 张源斌¹

(1. 西安交通大学电气工程学院, 陕西 西安 710049; 2. 长安大学理学院物理系, 陕西 西安 710054)

摘要: 为了提高电力系统运行的可靠性,笔者依据一个特定的实体模型,采用有限元 ANSYS 分析软件对 1 000 kV 系统用瓷外套 MOA 建立 2-D 模型,进行场强和电位分布计算,比较了采用并联均压电容前后 MOA 内部电阻片与瓷套内侧的电位和场强分布的变化。结果表明,MOA 电阻片与瓷套内侧容易发生放电或闪络现象的位置分别为第 1、4 节单元距单元上法兰 1/6~1/5 处;并联均压电容之后各单元电阻片上的场强和承担的电压趋于均匀化,但某些单元的径向场强和电位差变大,在避雷器设计制造时应引起关注。

关键词: 金属氧化物避雷器; 电位分布; 并联电容; 有限元法

中图分类号: TM86

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)06-0531-03

Potential Relation between Resistors and Porcelain in 1 000 kV MOA

WANG Qiong¹, AN Cui-cui¹, MA Wen-ling², DOU Xiao-jing¹, LIU Hang¹, ZHANG Yuan-bin¹

(1. School of Electrical Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

2. Physics Department of Science School, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: A 2D-axisymmetric model of 1000 kV MOA was established based on the special structure of MOA, and the electric field and potential distribution of MOA was calculated by using the numerical analysis software ANSYS to improve the reliability of power system. The electric field and potential distributions of the resistors and inside porcelain with and without shunting capacitors were compared. The result shows that discharge or flashover most possibly occurs at the resistor or inside porcelain in first or forth section leaving the up flange for about 1/6~1/5 of section. The field and potential distribution of resistors in each section tends to be uniform with the shunting capacitors paralleled. However, the radial field and potential difference in some sections are enhanced, which should be taken into account in the design and manufacture of arrester.

Key words: MOA; potential distribution; shunting capacitor; finite element method

0 引言

避雷器是保证电力系统安全运行的重要保护设备之一,金属氧化物避雷器(MOA)由于具有优良的非线性和大通流容量等优点,在电网中得到了广泛的应用。对 1 000 kV 交流特高压输变电工程而言,MOA 性能的优劣与系统过电压和绝缘配合有很大关系,直接影响整个工程造价和系统运行可靠性。

国家电网公司发布的《1 000 kV 交流特高压试验示范工程主设备技术条件书(第 2 版)》^[1]中规定了交流特高压瓷外套 MOA 的两种结构,即有均压电容和无均压电容。文[2-4]都是针对 MOA 的有、无并联均压电容的均压措施进行研究,而对 MOA 内部电阻片与瓷套内侧之间的场强和电位分布的研

究却未见报道。笔者通过有限元法对一个特定的 1 000 kV 交流特高压瓷外套 MOA 两种结构进行整体的电场电位分布计算,比较了计算结果及对 MOA 安全运行的影响。

1 计算模型的处理

该选定的 MOA 由 5 节元件、绝缘底座及金属支架组成,元件内部电阻片芯柱是由四柱串并联而成。MOA 有 4 个均压环,具体位置示意图见图 1,通过优化这 4 个均压环,从上到下选取管径尺寸分别为 150、200、200、100 mm,环径分别为 1 300、2 860、3 600、1 700 mm;电阻片尺寸为 $\phi 128/\phi 32 \times 22.3$ mm。

在持续工作电压下,MOA 可看作是由等效电容 C 组成的网络,即 MOA 内部轴向电位按电容来分布的,因此将 MOA 电位分布问题转化为静电场的求解问题^[5]。为了计算方便,在满足工程精度的情况下

收稿日期:2008-03-03; 修回日期:2008-08-23

作者简介:王 琼(1982-),男,硕士,从事高电压技术测量的研究。

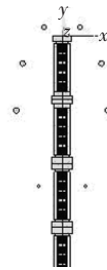


图1 均压环位置示意图

忽略了均压环支撑杆的影响并将法兰看成是轴对称的,采用 ANSYS 软件对实体模型建立了二维 1/2 仿真模型。模型处理中,将 MOA 周边假设为无限场。将无穷大边界人为截断,计算时充分考虑边界长度对计算结果的影响,使截断误差控制在工程要求的范围内。选择 PLANE121 单元作为分析单元,整体模型都采用指定单元尺寸自由剖分。在网格过渡控制中,采用了局部细化。

计算模型中共存在 6 种介质,各介质的相对介电常数见表 1。

表 1 各介质的相对介电常数

绝缘杆	电阻片	SF ₆	瓷套	空气	金属
3.8	700	1.0	6.0	1.0	1×10 ¹⁰

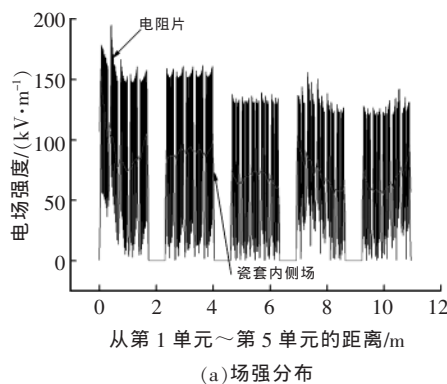
2 电场计算

2.1 无并联电容时

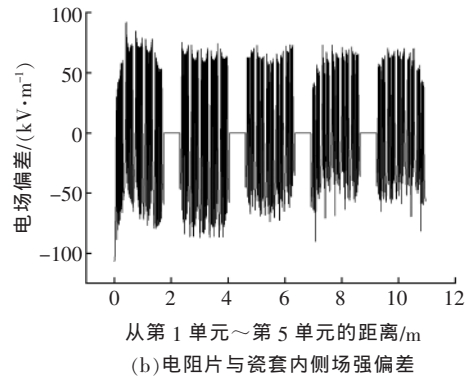
在没有并联均压电容时,电阻片最高场强出现在第 1 节单元距上法兰 1/6~1/5 处,电阻片与瓷套内侧场强的最大偏差也出现在此处;第 2 节与第 3 节单元由于均压环的存在,场强分布相对均匀;第 4 节单元电阻片最大场强出现在距离单元上法兰 1/6~1/5 处,距离单元上法兰约 1/10 处场强偏差最大;第 5 节单元在靠近下法兰约 1/6 处电阻片出现最高场强,靠近下法兰 1/10 处场强偏差有最大值,见图 2。

2.2 有并联电容时

并联均压电容,主要是在前两节单元各并联一个 2 400 pF 电容,计算时将其归算到电阻片,使得电阻片的相对介电常数变为 958。



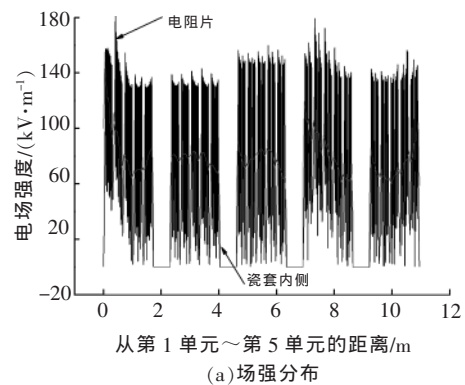
(a)场强分布



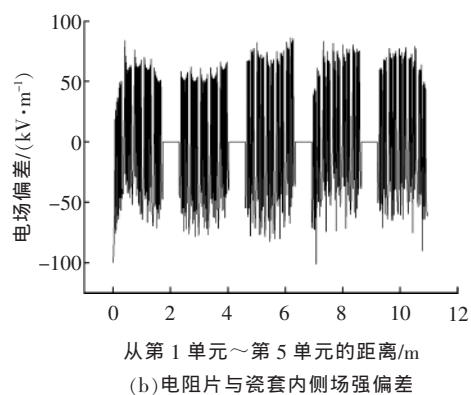
(b)电阻片与瓷套内侧场强偏差

图 2 无并联电容时场强分布及电阻片与瓷套内侧场强偏差

并联均压电容后,电阻片最高场强出现在第 1 节单元距离上法兰 1/6~1/5 处,第 1 节单元电阻片与瓷套内侧最大的场强偏差值也出现在该处,第 4 节单元相对于其他单元上的场强较高,场强最大值出现在距离单元上法兰 1/5 处,场强偏差值也是最高的,也就是此时,第 4 节单元最容易发生放电,甚至出现闪络现象,见图 3。



(a)场强分布



(b)电阻片与瓷套内侧场强偏差

图 3 有并联电容时,场强分布、电阻片与瓷套内侧场强偏差

有、无并联电容时的场强计算结果见表 2。由于 3 个均压环分布在第 1 节和第 2 节单元,而第 4 个均压环分布在第 3 节单元的上部,所以第 4 节单元的场强较第 2、3、5 节单元高。并联均压电容后电阻片上的场强分布趋于均匀,前两节单元上电阻片与瓷套之间的场强差降低,但其他单元上最大场强差却有所增加,即径向场强有所集中。

表2 有、无并联电容时各单元场强比较 kV/m

单元	无并联电容		有并联电容	
	电阻片	电阻片与瓷套内侧	电阻片	电阻片与瓷套内侧
1	193.98	91.13	177.08	78.5
2	160.82	86.00	143.20	78.5
3	138.65	72.00	160.08	86.0
4	156.06	90.00	175.97	101.0
5	141.80	78.00	156.64	82.0

表3 有无并联电容时的各单元电位比较 V

单元	无并联电容		有并联电容	
	电阻片	电阻片与瓷套内侧	电阻片	电阻片与瓷套内侧
1	149 600	12 350	131 290	12 270
2	153 130	5 250	131 650	5 960
3	120 540	4 770	131 400	6 450
4	110 370	9 320	123 320	11 100
5	108 360	7 414	120 340	7 868

3 电位计算

3.1 无并联电容时

MOA 第 1 节单元电阻片与瓷套内侧最高电位差出现在距离单元上法兰 1/6~1/5 处;第 2 单元与第 3 单元由于有均压环的存在,电阻片和瓷套内侧的最高电压偏差相对其他单元较低;而第 4 节单元和第 5 节单元受均压环影响较小,其电压偏差偏高,第 4 节单元最高偏差出现在距离单元上法兰 1/6~1/5 处,第 5 节单元最高偏差出现在距离单元下法兰 1/6~1/5 处,见图 4。

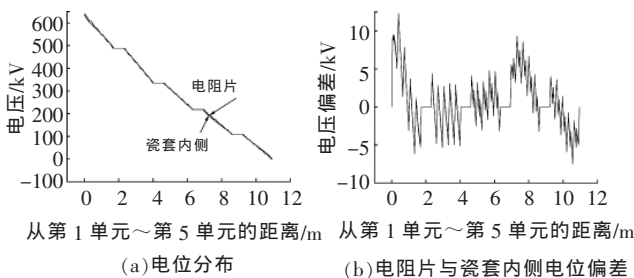


图4 无并联电容时电位分布及电阻片与瓷套内侧电位差

3.2 有并联电容时

同理在第 1、2 节单元并联 2 400 pF 均压电容时,计算结果见图 5。

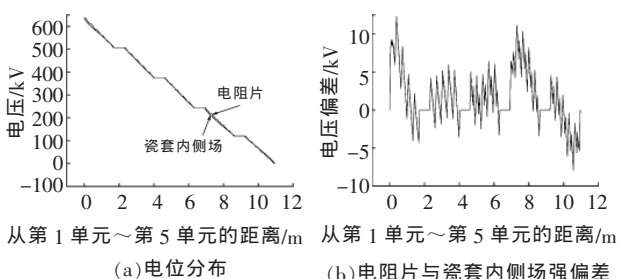


图5 有并联电容时电位分布及电阻片与瓷套内侧电位差

MOA 5 节单元电阻片承担的电压趋于均匀,每节单元上最大电位差出现的位置和无并联电容时的情况相同。综合比较有、无并联电容时的电位计算结果,可以得到表 3。同样由于均压环位置的关系,第 4 节单元比第 2、3、5 节单元上的电位差相对较高。电

阻片所承受的电压趋于均匀,但是每一节单元电阻片与瓷套内侧的电位差增大了,这说明并联均压电容会使得径向电位差增大。

4 结语

笔者依据一个特定的 MOA 实体模型,通过计算得出以下结论:

(1)MOA 第 1 节单元距上法兰 1/6~1/5 处电阻片上的场强和承压偏高,电阻片与瓷套内侧同一高度的场强差与电位差也偏大;第 2 节单元和第 3 节单元由于有 3 个均压环存在的关系,电阻片与瓷套内侧的场强差与电位差相对较低,而第 4 节单元和第 5 节单元在均压环下面,其值就偏高。

(2)每节单元的场强分布和电位分布越均匀,单元内电阻片与瓷套内侧的电位差就越小,越不易产生放电。计算表明,第 1、4 节单元距单元上法兰 1/6~1/5 处,电阻片与瓷套内侧的电位差最高。

(3)并联均压电容,对改善 MOA 轴向电场和轴向电位有很好的作用。避雷器设计的核心是保证电阻片轴向电位分布均匀,从而保证运行可靠,但瓷套内侧也会出现径向电位差增大的问题,在 MOA 产品设计时,应引起关注。

参考文献:

- [1] 车文俊, 宋继军, 张晓星, 等. 1 000 kV 交流特高压瓷外套金属氧化物避雷器的结构分析 [J]. 电力标准化与技术经济, 2002(2): 13-16.
- [2] 王世山, 李彦明, 李建成. 金属氧化物避雷器均压电容器的选择计算[J]. 电瓷避雷器, 2002(6): 33-38.
- [3] 袁青云, 刘良军, 车文俊, 等. 500 kV 金属氧化物避雷器均压电容选用探讨[J]. 电力设备, 2005, 4(6): 48-50.
- [4] 郭洁, 何计谋, 李晓峰. 750 kV 金属氧化物避雷器电位分布研究[J]. 中国电力, 2006, 39(1): 15-17.
- [5] KUMAR U, MOGAVEERA V. Voltage Distribution Studies on ZnO Arresters [J]. IEE Proceedings Generation, Transmission and Distribution, 2002, 149(4): 457-462.

欢迎投稿! 欢迎订阅! 欢迎评刊! 欢迎刊登广告!