

宝能 220 kV GIS 变电站雷电侵入波过电压的研究

刘 青

(西安科技大学电控学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 采用电磁暂态程序 ATP-EMTP 计算了宝钢 220 kV GIS 变电站进线落雷时 GIS 内断路器、隔离开关、母线以及出线套管和变压器上的雷电过电压, 比较了不同落雷地点和运行方式下的雷电过电压, 分析了金属氧化物避雷器(MOA)的防雷效果。研究表明, 雷电过电压小于 GIS 内设备及变压器的雷电冲击绝缘水平, 接线简单的运行方式雷电过电压最严重, 现有 MOA 可以对设备进行有效保护。

关键词: 雷电侵入波; ATP-EMTP; GIS; 金属氧化物避雷器; 变电站

中图分类号: TM74

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)02-0142-03

Research on Lightning Intruding Waves in 220 kV Baoneng Gas Insulated Substation

LIU Qing

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

Abstract: The lightning over-voltages on circuit breaker(CB), disconnecting switch(DS), bus bar, bushings and transformers were calculated by software ATP-EMTP when lightning waves intrude into 220 kV Baoneng Gas Insulated Substation. The lightning over-voltages of different running modes and lightning strike points were compared, and the effect of MOA on over voltages was analyzed. The result shows that the lightning over voltages are below the BIL of transformers and other equipments. The simpler the connection is, the more serious the over voltages of this mode are. The existing MOA can provide reliable protection for all equipments.

Key words: lightning intrude waves; ATP-EMTP; GIS; MOA; substation

0 引言

在多雷区, 电力系统故障 85%以上是由雷电引起的^[1]。变电站的雷害事故主要来源于两方面: 一是雷直击变电站中的设备; 二是沿线路入侵的雷电行波。而后者更为常见, 是对变电站电气设备构成威胁的主要方式之一。变电站是电力系统的枢纽环节, 在电网中的地位极为重要, 一旦发生故障将严重影响电力系统安全运行。因此, 研究变电站雷电侵入波及其防护对系统安全运行具有重要意义。

笔者针对宝钢供配电系统的宝能 220 kV GIS 变电站, 计算雷击进线段杆塔塔顶侵入变电站时, 在 GIS 内部设备及主变上出现的雷电过电压。宝能变电站运行方式主要有 3 种, 另外, 雷击线路的位置具有随机性, 故应考虑到这些因素对设备上的雷电过电压的影响。在变电站的侵入雷的防护中, 金属氧化物避雷器(MOA)是一种非常有效的方法。笔者也将

对 MOA 的防护效果进行分析。

1 计算模型及计算条件

宝能变电所主接线见图 1。共 3 回架空进线: 至扬行变电所 2 回(简称 R_1 、 R_2)、至二受变电所 1 回(简称 C_1)。220 kV GIS 为双母线接线。宝能变电所两台主变压器并列运行, 容量均为 300 MV·A, 变压器直接与 220 kV GIS 相连, 低压侧接至 110 kV GIS(简称 P_1 、 P_2)。

另外, 通过 2 回电缆接至宝钢两台主变压器(简称 F_1 、 F_2), 每相 2 根电缆, 分两个“品”字型敷设, 电缆长度为 2 km。通过 1 回 1.2 km 电缆接至第 2 电炉主变压器。

1.1 计算模型及参数

雷电过电压频率范围约在 10 kHz ~ 1 MHz 之间, 在其作用下, 元件呈现出较强的电容特性, 故可将变压器、断路器、隔离开关、电压互感器、套管等模拟成对地电容。文[2]表明, 这样处理不会失去准确

收稿日期: 2007-03-05; 修回日期: 2007-12-21

作者简介: 刘 青(1978-), 女, 辽宁省海城市人, 硕士, 讲师, 主要从事电力系统过电压的电磁暂态仿真及防护等方面的教学和科研工作。

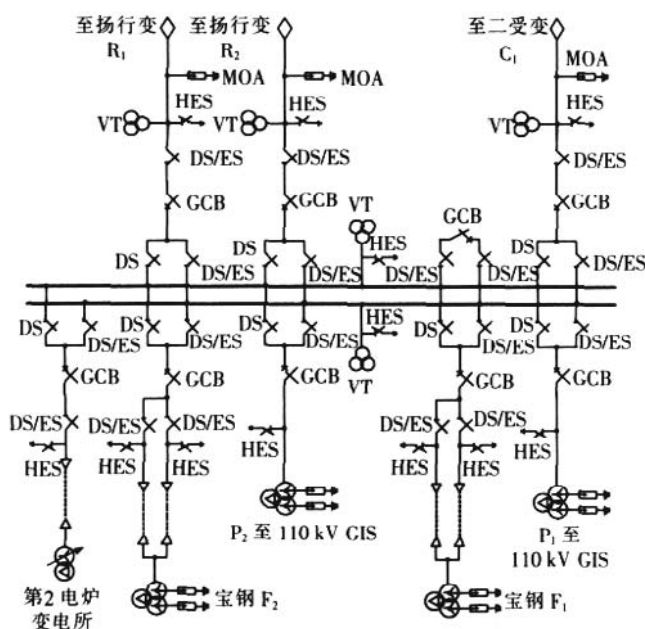


图1 宝能变电所主接线

性。计算中每相电容值分别取为 2 500、210、100、120、60 pF。

GIS管线、GIL、电缆及架空线路均用分布参数线路模拟，否则会引起过电压波形的局部畸变。根据厂家提供参数，计算得到波阻抗、波速见表1。

表1 各种线路参数

线路类型	波阻抗/ (Ω)	波速/($m \cdot \mu s^{-1}$)
GIS管线及GIL	70.00	299
220 kV 架空线路	300.00	300
2.0 km 电缆	40.00	139
1.2 km 电缆	48.65	111

MOA 额定电压 $U_N=210$ kV，动作电压 316 kV，残压：474 kV(5 kA)、507 kV(10 kA)、556 kV(20 kA)。计算中采用非线性电阻和对地电容共同模拟。

1.2 计算条件

在防雷计算中，一般根据雷击点到变电站距离的不同，以 2 km 为分界点，分为近区和远区。近区落雷是雷电侵入波防护考察的主要对象^[3]。

根据电气击距理论求取的绕击相导线雷电流幅值一般很小，不足以产生引起 GIS 绝缘故障的过电压。一般可以忽略绕击对 GIS 及主变绝缘的影响^[4]。计算采用雷击进线段线路杆塔造成的反击为例。

计算用的雷电入侵波一般有两种波形可供选择：指数波和斜角平顶波。从能量的观点出发，斜角平顶波的雷电能量大。对于工程计算，精度符合要求，故笔者选择后者作为计算用雷电入侵波波形。

根据规程，选择入侵波幅值为绝缘子 50%放电电压，220 kV 线路绝缘子串 50%放电电压为 1 410 kV^[5]，这是一种偏严的考虑。

2 计算结果及分析

宝能变电站常见运行方式有 3 种。方式 1: 220 kV GIS 双母线并列运行，3 回架空进线均投运，5 台变压器均运行；方式 2: 至二受架空线停运，仅宝能、宝钢各 1 台、第 2 电炉变压器 3 台变压器运行；方式 3: 220 kV GIS 双母线分列运行，至二受架空线停运，5 台变压器运行(其中，一段母线带 3 台变压器；另一段母线带 2 台变压器)。

表 2 是方式 1 在不同进线落雷时的过电压计算结果。可见，出现在设备和变压器上的雷电过电压幅值不高，流过 MOA 的电流较小，MOA 热容量足够。不同情况下雷电过电压相差很小，这主要是因为 GIS 的布置比较对称，且每回出线都配置了相同的 MOA。

表 2 方式 1 不同进线落雷时的计算结果

节点	雷电过电压/kV		
	R_1 落雷	R_2 落雷	C_1 落雷
断路器	455.911	456.904	456.837
母线 1	455.522	455.641	455.641
母线 2	455.161	455.270	455.270
进线套管	455.394	455.478	455.478
宝能主变	455.673	454.448	456.447
宝钢主变	466.496	464.422	466.423
第二电炉变	511.728	513.109	512.205
MOA 最大电流/kA	3.324	3.322	3.327

以下不考虑不同进线的影响，计算方式 2、3 的雷电过电压，结果见表 3。

表 3 方式 2、3 的计算结果

节点	雷电过电压/kV	
	方式 2	方式 3
断路器	474.944	517.250
母线 1	474.785	507.936
母线 2	474.781	516.124
进线套管	474.456	505.101
宝能主变	474.446	517.870
宝钢主变	529.760	562.990
第二电炉变	551.182	538.395
MOA 最大电流/kA	5.049	10.250

对比可知，方式 3 过电压较严重，比方式 2 过电压平均约高 10%左右。这是因为方式 3 网络简单，线路分支较少，分流作用小，因此过电压比另外两种方式严重。

另外，宝能变电所 2 台变压器的雷电过电压小于宝钢变电所 2 台变压器以及第 2 电炉变压器的雷电过电压，这是由于后两者是分别通过 2、1.2 km 电缆与 GIS 相连的，距离 GIS 入口 MOA 的距离较远。

厂家提供了 GIS 以及各变压器一次线圈的雷电冲击耐压值：GIS 为 1 050 kV，宝能变压器 950 kV、

宝钢变压器 900 kV(截波 990 kV)、第 2 电炉变压器 950 kV(截波 1 050 kV)。可见,即使对于过电压最严重的方式 3, GIS 中各设备和变压器上出现的雷电过电压也远远低于各自的耐压值。因此,进线与 GIS 连接处的 3 台 MOA 可以为 GIS 以及变压器提供可靠的雷电过电压保护。

图 2 是方式 3 流过 MOA 的电流波形。经计算, MOA 的热容量远大于动作时吸收的热容量。

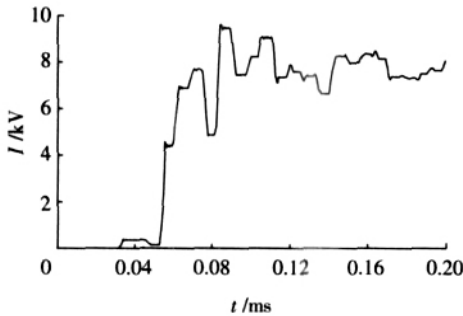


图 2 流过 MOA 的电流波形

虽然由于 MOA 的保护使得变压器上的雷电过电压不高,远低于其冲击耐受水平,但是雷电过电压频率分量丰富,可能会使变压器内部出现频率较高的谐振过电压而导致绕组绝缘事故^[6, 7]。因此,有必要对变压器端部的雷电过电压波形进行频谱分析。图 3、4 是方式 3 第 2 电炉变压器端部的雷电过电压波形及其频谱分析。

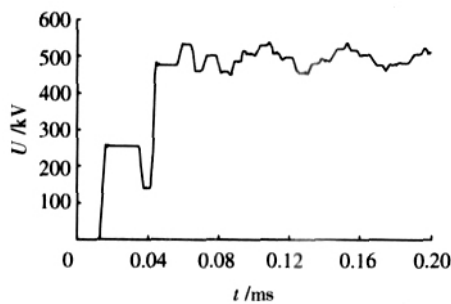


图 3 第 2 电炉变压器端部的雷电过电压波形

由图可见,威胁变压器绕组匝间绝缘的高频分量幅值不高,基本小于 60 kV,因此雷电过电压对变压器绕组匝间绝缘基本无威胁,这与变压器与 GIS

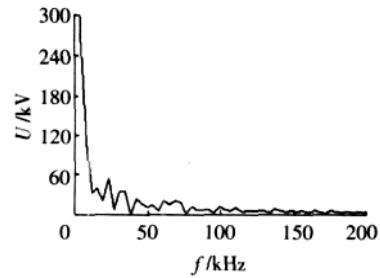


图 4 变压器端部过电压的频谱分析

之间的电缆线路有一定的关系,因为电缆的电容滤掉了一些高频分量。

3 结语

利用 ATP-EMTP 对宝能 220 kV GIS 变电站雷击进线段杆塔塔顶侵入变电站时引起的雷电过电压进行了计算。GIS 内设备及主变上的雷电过电压远低于各自的冲击耐压水平。不同的进线落雷具有随机性,但由于 GIS 的布置较对称,对设备上的雷电过电压的影响很小。运行方式 3 出线分支少,过电压较严重。宝能变电站原有的架空进线入口处的 3 台 MOA 可以为 GIS 以及变压器提供可靠的雷电过电压保护,且 MOA 热容量足够。变压器与 GIS 之间的电缆一定程度上限制了过电压的高频分量。

参考文献:

- [1] 林韶文, 黄群古, 曾益民. 多雷区输电线路及变电站防雷保护[J]. 高电压技术, 2003, 29(5): 17-19.
- [2] 刘青. 750 kV GIS 变电站中变压器的快速暂态过电压防护的研究[D]. 西安交通大学, 2005.
- [3] 谷定燮. 我国 500 kV 输变电工程过电压设计方面存在的问题和改进措施[J]. 电力建设, 2002, 23(7): 26-30.
- [4] 阮全荣, 施围. 750 kV GIL 在拉西瓦水电站应用需考虑的问题[J]. 高压电器, 2003, 39(4): 66-71.
- [5] 解广润. 电力系统过电压[M]. 北京: 水利电力出版社, 1993.
- [6] LIU Qing. Study of Protection of Transformer from Very Fast Transient Over-voltage in 750 kV GIS [J]. ICEMS', 2005(3): 2 153-2 156.
- [7] 颜湘莲, 文远芳. 变压器绕组纵绝缘连续式绕组分段并联 MOV 保护[J]. 高电压技术, 2002, 28(1): 11-12.

(上接第 141 页)

参考文献:

- [1] 孙才新, 陈伟根, 李俭. 电气设备油中气体在线监测与故障诊断技术[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [2] 刘先勇, 周方洁, 胡劲松, 等. 光声光谱在油中气体分析中的应用前景[J]. 变压器, 2004, 41(7): 30-33.
- [3] 李月, 杨宝俊, 石要武. 色噪声背景下微弱正弦信号的混

- 沌检测[J]. 物理学报, 2003, 52(3): 526-530.
- [4] 朱志宇, 姜长生, 张冰, 等. 基于混沌理论的微弱信号检测方法[J]. 传感器技术, 2005(5): 65-68.
- [5] 戎舟, 高翔, 徐蕾. 小波阈值去噪及其在 labview 中实现[J]. 自动化与仪表, 2005(1): 87-90.
- [6] 张志平, 刘正平. 在 labview 中应用 matlab 进行信号处理[J]. 中国测试技术, 2004, 30(4): 77-79.