

220 kV GIS 变电站雷电过电压防护措施的研究

刘 青, 张玉峰, 程 勇

(西安科技大学电控学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 利用电磁暂态程序 ATP-EMTP 计算了某 220 kV GIS 变电站进线落雷时的 GIS 内部设备以及主变压器上出现的雷电过电压, 分析了运行方式及变压器入口电容对雷电过电压的影响, 研究了 MOA 不同配置方案对变压器以及 GIS 内部设备的保护效果, 分析表明, 即使对于通过电缆与 GIS 相连的变压器, 旁边也不必装设 MOA, 3 台进线 MOA 可以给系统提供可靠的保护, 变压器入口电容对雷电过电压的影响不大。

关键词: 雷电过电压; 变压器; 金属氧化物避雷器; 雷电防护; 入口电容

中图分类号: TM863

文献标志码: A

文章编号: 1001-1609(2008)04-0329-03

Research on Protection Against Lightning Over-voltage on Transformer in a 220 kV GIS Substation

LIU Qing, ZHANG Yu-feng, CHENG Yong

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

Abstract: The lightning over-voltages on transformers and the equipments in GIS in a 220 kV gas insulated substation (GIS) were calculated with ATP-EMTP software. The effects of operation modes and entrance capacitance value on lightning over-voltage were analyzed, and different protective schemes of transformer with MOA were compared. The results show that even for the transformer which is connected to GIS by cable line, its side MOA is unnecessary; the MOAs on three entrance cables provide reliable protection of transformer; and the entrance capacitance has little effect on lightning over-voltage.

Key words: lightning over-voltages; transformer; MOA; lightning protection; entrance capacitance

0 引言

变电站的安全运行对电力系统非常重要, 且变压器的内绝缘一旦击穿不能自恢复, 将造成极大经济损失。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自两方面, 即直击雷和侵入雷。凡是按规程装设了避雷针、避雷线后, 前者造成的事故率非常低, 约 0.3 次/(年·百站)^[2]。因此, 雷电过电压沿线路侵入变电站对变电站设备, 尤其是变压器构成了主要威胁。

装设 MOA 是变电站侵入波防护非常有效的措施之一, 但需要正确选择 MOA 的参数, 合理确定保护接线方式, 如避雷器的数量、位置等。某 220 kV GIS 变电站有 5 台主变, 其中 3 台通过电缆线路与 GIS 连接。电力部标准规定^[3]“全线电缆-变压器组接线的变电所内是否需装设阀式避雷器, 应视电缆

另一端有无雷电过电压侵入的可能, 经校验确定”。笔者利用电磁暂态程序 ATP-EMTP 计算此变电站的雷电侵入波过电压, 从而确定雷电过电压防护措施, 保证主变及整个 GIS 系统的安全运行。

1 变电站供配电系统

图 1 为 220 kV GIS 变电站 110 ~ 220 kV 主接线示意图。

220 kV GIS 变电所共 3 回架空进线: 至 A 变电所 2 回 (R_1 、 R_2)、至 B 变电所 1 回 (C_1)。220 kV GIS 为双母线接线。

变压器 T_1 、 T_2 容量均为 300 MV·A, 并列运行, 高压侧直接与 220 kV GIS 相连, 低压侧接至 110 kV GIS (P_1 、 P_2)。

变压器 T_3 、 T_4 均为电缆-变压器组接线, 容量均为 300 MV·A。220 kV 电缆直接与变压器相连, 每相 2 根, 分两个“品”字型敷设, 电缆长度为 2 km。

收稿日期: 2007-07-17; 修回日期: 2008-01-18

作者简介: 刘 青(1978-), 女, 辽宁省海城市人, 硕士, 讲师, 现从事电力系统过电压方面的教学科研工作。

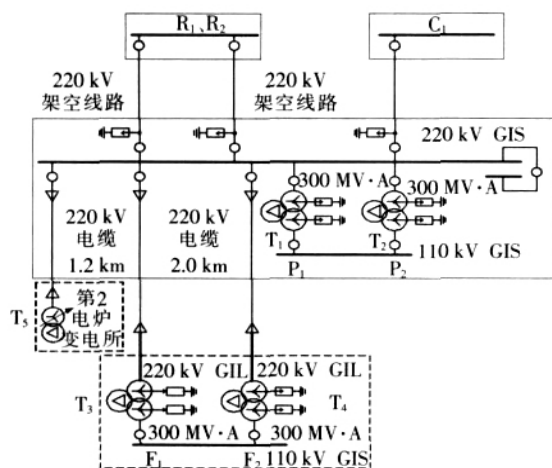


图1 220 kV GIS变电站接线示意图

第2电炉变电所主变压器 T_5 通过 1.2 km 的电缆与 GIS 相连。变压器由 ABB 供货, 容量 180 MV·A。

2 计算模型及参数选取

雷击线路主要有反击、绕击和雷击避雷线 3 种情况。对于后者, 只要导线和避雷线间的空气距离符合规程的规定, 一般不会发生闪络, 因此对 GIS 及主变压器绝缘构成主要威胁的是反击和绕击^[4]。一般认为, 在最不利的情况下, 侵入变电所的雷电波最大幅值为绝缘子串的 50% 冲击放电电压。因为若超过 $U_{50\%}$ 绝缘子串闪络, 线路两端断路器跳闸将故障线路切除, 不会有入侵波进入变电站。笔者计算中, 雷电入侵波幅值取为 220 kV 线路绝缘子串的 $U_{50\%}$ 。

如果变电站的雷电侵入波主要来自进线段以外, 由于进线段线路冲击电晕的影响, 削弱了侵入波的陡度和幅值, 同时也减小了通过避雷器的雷电流。所以在文中的变电站侵入波的模拟中, 主要考虑在进线段内发生雷击的情形。

考虑到斜角平顶波能量较大, 选取 -2.6/50 μ s 的斜角平顶作为雷电侵入波波形。

考虑到雷电过电压的频率特性, 变压器、断路器、隔离开关、电压互感器、套管用对地电容模拟, 计算中, 每相电容值分别为 2500、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。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	299.00
220 kV 架空线路	300.00	300.00
2.0 km 电缆	40.00	139.00
1.2 km 电缆	48.65	111.00

MOA 由日本东芝提供, $U_N=210$ kV, 动作电压 316 kV。5、10、20 kA 残压分别为 474、507、556 kV。计算中采用分段拟和法处理 MOA 的伏安特性, 同时考虑 60 pF/相的对地电容。

3 计算结果及分析

变电站有多种运行方式, 由以往的计算可知, 一线一变的方式过电压最严重^[5]。出于严格的考虑, 笔者研究一回架空进线、一台主变的运行方式。考虑到变压器 T_3 、 T_4 、 T_5 通过电缆与 GIS 连接, 过电压相对严重, 选取以下 4 种典型情况进行研究: ① R_1 进线落雷、变压器 T_3 运行; ② R_1 进线落雷、变压器 T_5 运行; ③ R_2 进线落雷、变压器 T_3 运行; ④ R_2 进线落雷、变压器 T_5 运行。

3.1 母线安装 MOA

根据设计运行经验, 对于 220 kV 及以下的变电站, 只要能够保证在每段单独运行的母线上装设一组 MOA, 就能使整个变电站得到保护^[6]。仅在 220 kV 母线上装设 MOA 的计算结果见表 2。

表 2 母线安装 MOA 的雷电过电压

节点	雷电过电压/kV			
	情况 1	情况 2	情况 3	情况 4
进线断路器	510.936	524.101	517.728	524.891
出线断路器	526.575	533.187	527.511	525.261
母线端部	523.663	522.385	524.294	525.052
进线套管	511.044	529.523	517.861	525.184
MOA 端部	509.956	521.347	509.540	522.609
变压器	570.350	754.219	567.697	757.327
MOA 电流/kA	10.446	12.298	10.383	12.559

根据计算结果, 并参照文[7]可知, 若在母线安装 MOA, 可有效保护 GIS 内部设备, 并且对 MOA 的热容量要求不高。

3.2 3 回架空出线装设 MOA

以下计算仅在 3 回架空出线处安装 3 台 MOA 的情况, 结果见表 3。

表 3 架空出线安装 MOA 的雷电过电压

节点	雷电过电压/kV			
	情况 1	情况 2	情况 3	情况 4
进线断路器	510.830	523.975	509.829	524.234
出线断路器	528.636	533.283	519.324	543.762
母线端部	510.197	522.281	509.331	523.885
进线套管	512.037	529.835	511.182	538.798
MOA 端部	510.186	522.169	509.243	523.833
变压器	572.178	754.149	564.842	773.278
MOA 电流/kA	10.482	12.479	10.337	12.781

可见, 在母线安装 MOA 和在架空出线处安装

MOA 两种情况下,各设备上的雷电过电压相差不大。由于 MOA 的残压较小,故过电压幅值不高。

原始资料提供了变压器 T_3 、 T_4 、 T_5 的 BIL 分别为 900 kV(截波 990 kV)和 950 kV(截波 1 050 kV)。可见,过电压低于变压器 BIL 且有较大裕度。

3.3 主变旁加装 MOA

为了探讨是否有必要在 T_3 、 T_4 、 T_5 旁并联 MOA,将加装 MOA(参数相同)后各处的雷电过电压重新计算,统计对比结果列于表 4。

表 4 各处雷电过电压的对比

节点	各处雷电过电压最大值/kV	
	主变旁不装 MOA	主变旁装 MOA
T_3	572.178	472.347
T_5	773.327	482.382
断路器	543.762	494.113
母线端部	523.885	490.898
套管	538.798	481.051

可见,除了 T_5 ,其余各点过电压幅值下降幅度不大。另外,对过电压进行 FFT 分析表明,由于变压器到 GIS 之间连接电缆的对地电容,滤掉了一部分高频分量,并且 MOA 对过电压频率影响不大。因此,从经济角度考虑可以不加装 MOA。

4 变压器入口电容对过电压的影响

第 2 电炉变压器处于设计阶段,最终方案未确定,变压器的等效入口总电容 C_T 未确定,有必要计及 C_T 对雷电过电压的影响。根据 220 kV 变压器入口电容的估算公式^[8],在 1 500 ~ 3 000 pF 范围内取值,以情况 2 为例,研究变压器入口电容对雷电过电压的影响。图 2 表明了过电压幅值与 C_T 之间的关系。可见,随着 C_T 值的增大,过电压幅值有所增加,但影响非常小。通过更多方式的计算可以看出,由于 GIS 内电压波复杂的折反射现象, C_T 对过电压的影响程度不一定相同。

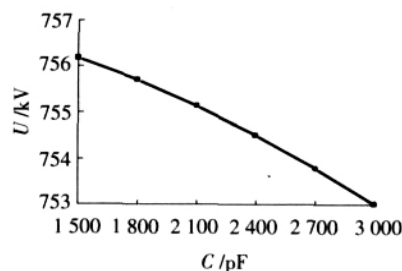


图 2 过电压幅值与入口电容之间的关系

5 结论

通过对某 220 kV GIS 变电站的雷电侵入波过电压的计算,得到以下结论:

(1) 在 220 kV 母线或架空出线处安装 MOA 均可以对 GIS 及主变提供可靠保护,使各设备及主变的雷电过电压幅值低于各自雷电冲击绝缘水平,并有一定的裕度。

(2) 比较可知,虽然 T_3 、 T_4 、 T_5 通过电缆与 GIS 相连,但不必在主变旁加装 MOA。电缆的电容对过电压的高频分量有一定的限制。

(3) 变压器入口电容对雷电过电压幅值影响很小,由于 GIS 内电压波复杂的折反射现象,并无统一的影响规律。

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] 梁曦东,陈昌渔,周远翔.高电压工程[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [3] DL/T 620.交流电气装置的过电压保护和绝缘配合[S].1997.
- [4] 冯杰,司马文霞.35 kV 变电站雷电侵入波特性的仿真与分析[J].高电压技术,2006,32(2):89-91.
- [5] 陈梁金,李文艺,施围.750 kV GIL-GIS 系统雷电侵入波防护的研究[J].高电压技术,2005,31(6):39-41.
- [6] 朱明林,徐晨亮,朱子述,等.220 kV GIS 开关站的一种防雷保护措施[J].高压电器,1999,35(1):39-42.
- [7] GB/T 11022.高压开关设备和控制设备标准的共用技术要求[S].1999.
- [8] 张纬钺,高明玉.电力系统过电压及绝缘配合[M].北京:清华大学出版社,1990.

高压开关分会 5 届 4 次理事会

暨高压电器产品质量与发展报告会在西安举行

简讯

2008年6月15日,由中国电器工业协会高压开关分会、西安高压电器研究所有限责任公司主办的高压开关分会 5 届 4 次理事会暨高压电器产品质量与发展报告会在西安举行。原机械工业部陆燕荪副部长、国家发改委重大装备办李治司长、国家发改委工业司王书强处长、国网直流建设公司常浩副总经理、中国电器工业协会林以达副秘书长、中国电力科学研究院开关所袁大陆所长、中国机械工业联合会科技质量部何孔德高工、南方电网公司开关专业委员会李端姣秘书长以及中国电器工业协会副理事长、高压开关分会理事长裴振江等领导应邀出席了会议。共有来自高压开关行业的 540 多名代表参加了会议,西安高压电器研究所有限责任公司经理郑军主持了会议。