

文章编号:1000-582x(2000)03-0017-03

①
17-19

500 kV 变电站雷电侵入波研究

TM862

刘渝根, 刘[✓]纬, 陈先禄
(重庆大学 电气工程学院, 重庆 400044)

摘要: 将 500 kV 变电站和进线段结合起来, 考虑绝缘子串冲击伏秒特性、进线段冲击电晕和杆塔冲击接地电阻等影响因素, 分远区及近区落雷, 采用国际通用的电磁暂态计算程序 (EMTP) 对 500 kV 变电站的雷电侵入波过电压进行了研究。研究表明将 500 kV 变电站和进线段结合起来更接近实际情况, 进线段诸因素对变电站雷电侵入波过电压的大小有较大影响。

关键词: 雷电过电压; 绝缘子串 / 变电站进线段; 冲击伏秒特性
中图分类号: TM 86 **文献标识码:** A

变电站 雷电侵入波

敞开式 500 kV 变电站由于电气设备多, 各电气设备距离较远, 因此从可靠性和经济性的角度考虑, 需对雷电侵入波过电压进行研究, 以确保有雷电侵入时各种运行方式下站内各电气设备的过电压水平不超过其绝缘水平, 流过避雷器 (MOA) 的最大雷电流不超过 10 kA。以往在研究时大多将雷电侵入波当成一电压源直接加在变电站入口处, 这样就忽略了很多对过电压有影响的因素。笔者以安顺 500 kV 变电站 (图 1) 为例, 采用国际通用的电磁暂态计算程序 (EMTP), 将变电站和进线段结合起来, 落雷点分为远区落雷和近区落雷, 并考虑落雷杆塔绝缘子串冲击伏秒特性、进线段冲击电晕和进线段杆塔冲击接地电阻等因素的影响, 对雷电侵入波进行了研究。

在分析计算中, 其数学模型的建立主要考虑如下因素:

1) 在超高压输电线上单相雷击占大多数, 故只考虑单相负极性雷击, 线路波阻抗按单相等值波阻抗计算。站内导线近似认为是无畸变线, 波阻抗为一常数, 不计电晕的影响, 这是从严考虑^[1]。站内变压器、电压互感器、电流互感器、隔离开关、断路器的电器设备均用入口电容来模拟^[2]。雷电流幅值、波头时间均按规程规定处理, 安顺 500 kV 变电站地处多雷区, 从严考虑取 0.5% 概率的雷电流幅值 250 kA, 波型为 2.6/50 μ s、负极性, 作为研究中的主要波型, 并以雷电流幅值 300 kA 进行校验^[3,4]。

2) 研究中将进线段和变电站作为一个网络来计算, 从而较完整地反映实际波过程并能进一步分析诸影响因素的作用: a. 落雷点的选择分别考虑远区落雷在进线段 2 km 处的第六基杆塔, 近区落雷在进线段第一基杆塔。研究远区落雷时, 根据波在 2 km 长的进线段上传播后的时延^[2]来考虑因冲击电晕作用引起的波的衰减和变形。b. 将杆塔视为分布参数, 按波阻抗考虑: 杆塔高度 32.5 m, 杆塔波阻抗 150 Ω , 杆塔波速 2.1×10^8 m/s (0.7 倍光速)。c. 杆塔冲击接地电阻 R_{ω} 的大小对侵入波有较大影响, 视不同杆塔分别考虑 $R_{\omega} = 4 \Omega, 6 \Omega, 8 \Omega, 10 \Omega, 15 \Omega, 20 \Omega$ 几种情况。d. 杆塔绝缘子串上的闪络电压与作用其上的电压波形有关, 用伏秒特性来表示, 而作用在绝缘子串上的冲击电压与雷

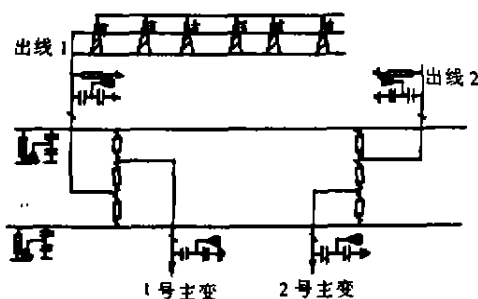


图 1 安顺 500 kV 变电站主接线

1 研究方法

· 收稿日期: 1999-08-29

作者简介: 刘渝根 (1963-), 男, 四川达州人, 重庆大学讲师, 硕士, 从事电力系统过电压研究。

电流参数,杆塔冲击接地电阻 R_{ch} 密切相关,并非一固定值。研究中采用了 EMTP 程序中的 TACS(数值仿真)功能,考虑绝缘子串冲击伏秒特性,合理地模拟了实际绝缘子串闪络这一过程,得出不同雷电流参数和杆塔冲击接地电阻 R_{ch} 下绝缘子串闪络电压。

3) 安顺 500 kV 变电站地处贵州高海拔地区,采用敞开式设备和敞开式母线结构,为一个半断路器双母线的主接线方式,两台主变,两回出线,主要运行方式有四种,见图 2~图 5。

2 研究结果

在研究中除了考虑各种影响因素外,对安顺 500 kV 变电站主要运行方式进行了大量的计算,主要研究结果如下:

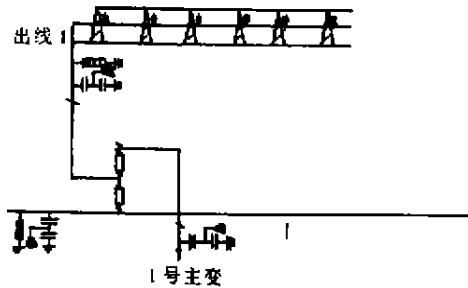


图 2 运行方式一

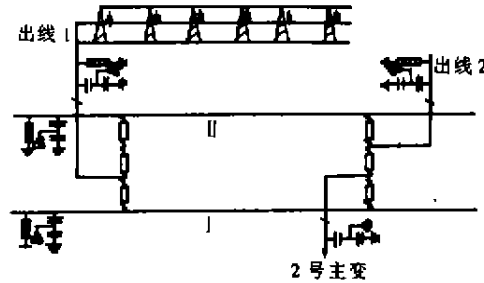


图 3 运行方式二

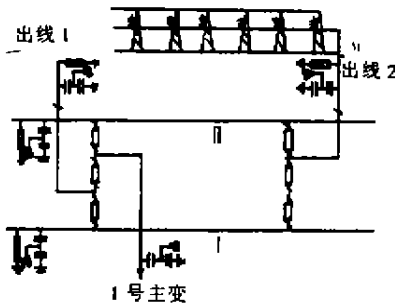


图 4 运行方式三

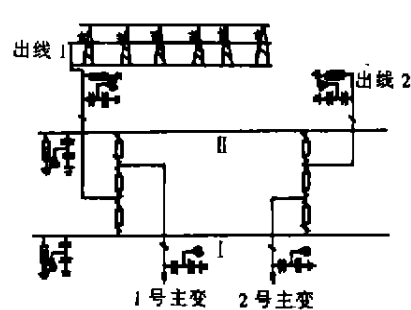


图 5 运行方式四

表 1 远区落雷站内电气设备过电压

运行方式	一		二		三		四	
R_{ch}/Ω	8	10	8	10	8	10	8	10
1号主变 V/kV	1 049	1 065			991	1 022	849	909
2号主变 V/kV			1 009	1 002			866	924
I段母线电压互感器 V/kV	876	889	862	889	852	854	855	861
II段母线电压互感器 V/kV			864	886	853	856	856	867
线路侧电压互感器 V/kV	945	966	943	966	924	936	942	966
断路器 V/kV	959	1 007	840	1 035	873	922	882	923
线路侧避雷器电流 I/kA	3.2	5.3	3.1	5.3	2.5	3.5	3.2	5.3
母线侧避雷器电流 I/kA	2.7	4.3	1.7	3.8	1.3	1.3	1.3	2.1
主变侧避雷器电 I/kA	7.4	8.5	6.4	7.9	4.5	6.6	1.4	2.6

注:变压器冲击绝缘水平为 1 550 kV; 其它电气设备冲击绝缘水平为 1 675 kV。

2.1 远区落雷

远区落雷在进线段 2 km 处的第六基杆塔,雷电流幅值为 250 kA,波形为 2.6/50 μs ,不同杆塔冲击接地电阻 R_{ch} 时,四种运行方式下各电气设备上的雷电过电压及流过避雷器 MOA 电流计算结果,见表 1。

从计算结果可以看出,当第六基杆塔冲击接地电阻 $R_{ch} \leq 10 \Omega$ 时,流过站内避雷器 MOA 的最大雷电流小于 10 kA,且设备上的过电压保护裕度较高,满足工程要求。

2.2 近区落雷

近区落雷在第一杆塔处,雷电流的幅值为 250 kA,波形为 2.6/50 μs ,门型构架和第一基杆塔的冲击接地电阻 $R_{0.1}$ 不同时,四种运行方式下各电气设备上的过电压及避雷器 MOA 上的电流计算结果,见表 2。

表 2 近区落雷站内电气设备过电压

运行方式	一		二		三		四	
$R_{0,1}/\Omega$	4	6	4	6	4	6	4	6
1号主变 V/kV	1 059	1 114			967	1 022	871	909
2号主变 V/kV			991	1 009			866	924
I段母线电压互感器 V/kV	883	910	894	900	915	854	859	861
II段母线电压互感器 V/kV			888	910	875	856	901	* 867
线路侧电压互感器 V/kV	1 159	1 196	1 159	1 196	1 159	1 196	1 159	1 196
断路器 V/kV	975	1 046	1 084	1 144	986	910	1 048	923
线路侧避雷器电流 I/kA	9.7	13.2	9.7	13.2	9.7	13.2	9.7	13.2
母线侧避雷器电流 I/kA	2.2	4.4	3.2	4.7	3.8	1.3	3.6	2.0
主变侧避雷器电 I/kA	7.6	9.2	5.6	7.7	3.5	6.6	1.8	2.6

注:变压器冲击绝缘水平为 1 550 kV; 其它电气设备冲击绝缘水平为 1 675 kV。

从计算结果可以看出,当门型构架和第一基杆塔冲击接地电阻 $R_{0,1} \leq 4 \Omega$,流过站内避雷器 MOA 的最大雷电流小于 10 kA,满足工程要求。

3 结论

1) 在研究 500 kV 变电站雷电侵入波时,应将变电站和进线段结合起来,看成一个整体,区分近区和远区落雷,即雷击进线段 2 km(第六基杆塔)处与雷直击于变电所入口(第一基杆塔)处这两种情况,从而更接近实际。

2) 雷击杆塔时,绝缘子串冲击闪络电压是由绝缘子串的冲击伏秒特性与作用其上的冲击电压共同决定的,因此不能将侵入波幅值作为固定值。用 EMTP 中的 TACS 功能可以实现绝缘子闪络这一过程,从而合理地模拟不同雷电流作用下,不同杆塔冲击接地电阻时的侵入波。

3) 一般高度的进线段杆塔,其冲击接地电阻对变电站的雷电过电压影响很大,冲击接地电阻越小,站内设备上的过电压幅值和流过避雷器的雷电流值也越低,这对变电站雷电侵入波保护具有一定的工程价值,因此在设计和施工时应尽力降低进线段杆塔(尤其是第一基杆塔、门型构架、第六基杆塔)的冲击接地电阻。

参 考 文 献

- [1] 张纬斌,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,1990.188~193.
- [2] 解广润. 电力系统过电压[M]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [3] 王秉钧. 金属氧化物避雷器[M]. 北京:水利电力出版社,1993.
- [4] SDJ7-79. 电力设备过电压保护设计技术规程[S]. 北京:水利电力出版社,1979.

Research on Lightning Intruded Wave for 500 kV Substations

LIU Yu-gen, LIU Wei, CHEN Xian-lu

(College of Electrical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

ABSTRACT: The study on overvoltage for 500 kV substation caused by lightning intruded wave is presented. In this paper, we calculate by using electromagnetic transient program (EMTP) and combine substation with incoming lines, so some influence factors can be considered such as impulse voltage-second characteristic of insulator strings, lightning stroke point on the incoming lines and impulse grounding resistance of towers. The results show that the method is close to the practice and some factors of incoming lines are important to overvoltage.

KEYWORDS: lightning overvoltage; insulator strings / substation incoming lines; impulse voltage-second characteristic

(责任编辑 李胜春)