

电力系统操作波对行波保护的影响

厉吉文 王广延 山东工业大学电力系(250014)

摘要 断路器合闸操作所产生的操作波 Δu 、 Δi 对行波保护的影响,通过把电压互感器置于线路侧,使这个问题得以圆满的解决^[1]。随着超高压输电线路电压等级的提高,操作过电压将对线路的绝缘水平起着决定作用,因此操作过电压通过避雷器放电的次数将有所增加。由于操作过电压持续时间(2.5~6.5ms)远大于雷电波的放电时间,这就使人们想到是否操作波的放电过程比雷电波的放电过程对行波保护的影响更加严重。本文对操作波及经避雷器放电的暂态过程进行了仿真计算,分析了这一过程对行波保护的影响,指出了在设计和使用行波保护时所必须注意的问题。

关键词 电力系统 操作波 行波保护

1 操作过电压

在超高压输电线路中,随着断路器性能的改善及并联电抗器的存在,使切断空线过电压的幅值和出现的概率大大减小^[2]。而随着超高压远距离输电线路的建立,由空载长线的电容效应引起很大的工频电压升高,在这基础上出现的幅值很高的合闸(重合闸)过电压成为典型的操作过电压。

线路合闸操作分两种类型:一是空载长线合闸,电压由零值过渡到考虑工频电容效应后的工频稳态电压值,在此过渡过程中会出现合闸过电压。由于线路具有分布参数特性,所以振荡电压将由工频稳态分量和无限多个逐渐衰减的谐波分量叠加组成。又因为线路有损耗,所以振荡电压值一般小于2倍的工频稳态电压值,通常为1.7~1.9倍。另一种合闸操作是自动重合闸,在自动重合闸时,由于线路有残压存在,重合闸电压可达很高的数值,尤其是当线路残压与电源电压反极性重合时,振荡过程会出现接近三倍的暂态电压。

2 合闸过电压的仿真计算

2.1 空载合闸

在图1所示的双电源网络中,当N侧首先空合,由于开关的非同期,假定A相先合,此时M、N两侧的暂态仿真波形如图2所示。图中实线为电压,虚线为电流。

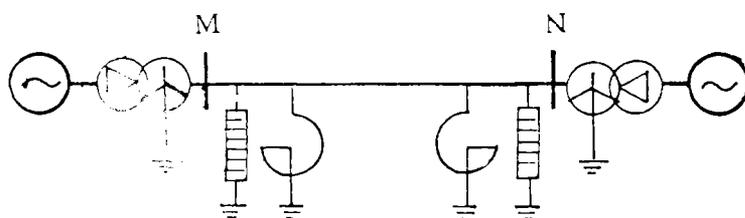


图1 500kV 双电源网络

本文1994年6月1日收稿

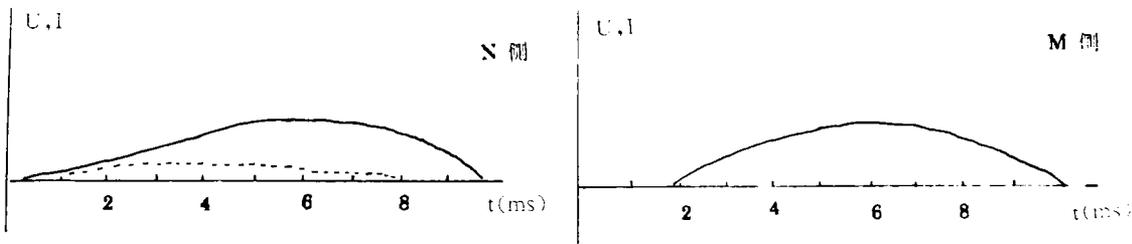


图 2a 合闸初始角 $\theta=0^\circ$

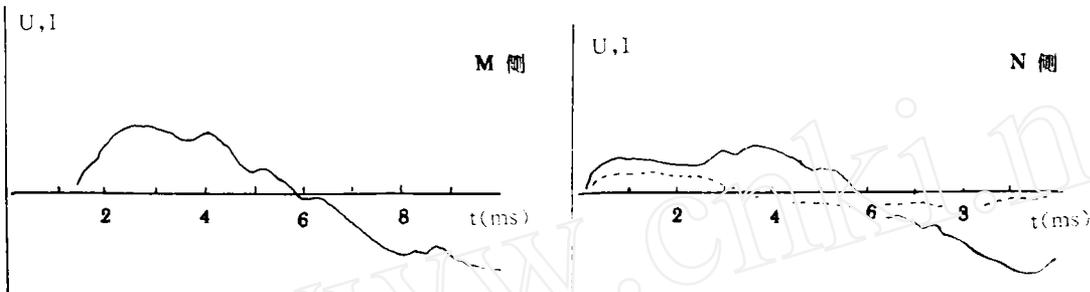


图 2b 合闸初始角 $\theta=90^\circ$

图 2a 是合闸初始角为零的情况,由于没有突变, Δu 基本是一个正弦波形,由于 M 侧断开,所以 M 侧 $\Delta i=0$,图 2b 是合闸初始角为 90° 的情况,由于此刻突变量较大, Δu 含有谐波分量。以上仿真结果符合实际开关合闸时,电流、电压的变化情况,说明本程序的计算是正确的。在超高压输电线路中,为了限制合闸操作过电压采用了开关并联电阻和并联电抗器,由于采取了以上措施,空合电压较低,不可能使避雷器动作。同时并联电阻的使用,减小了操作突变量 Δu 、 Δi ,即减小了操作波对行波保护的影响。

2.2 重合闸

在重合闸时,由于线路存在残压致使合闸过电压可达很高的幅值。当线路由于发生不对称故障而切除三相时,非故障相残压 u_0 。由于电容效应和不对称短路的影响可大于相电压,如在断路器的切除中有重燃现象,则残压可能更高。尽管在自动重合闸的无电流间隔时间 Δt 内,残余电压由于电荷的泄漏而有所降低,但仍有可能达到相电压的数值。本文在仿真计算中,考虑比较恶劣的情况,即 $u_0=u_{xg}$ (相电压),重合初始角 $\theta=90^\circ$,且电源电压与残压 u_0 反极性。参考图 1,设 BC 两相接地短路,当 N 侧三相同步重合和非同期重合(A 相先合)时,M 侧的过电压如图 3 所示。合闸过电压的持续时间(过电压超过 $1.5u_{xg}$ 以上的时间)一般为 $2.5\sim 6.5\text{ms}$ 。从图 3 的仿真波形看出,合闸过电压的持续时间为 3ms 左右,与实际情况相符合。

3 操作波经避雷器放电过程的计算

平武工程 500kV 线路避雷器为 XAL-468,其操作波放电电压(峰值)为 $796\sim 1060\text{kV}$ 。

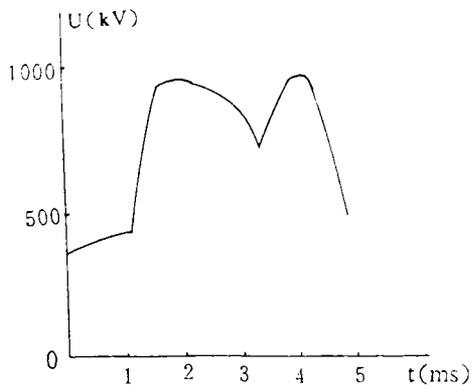


图 3a 三相同步重合

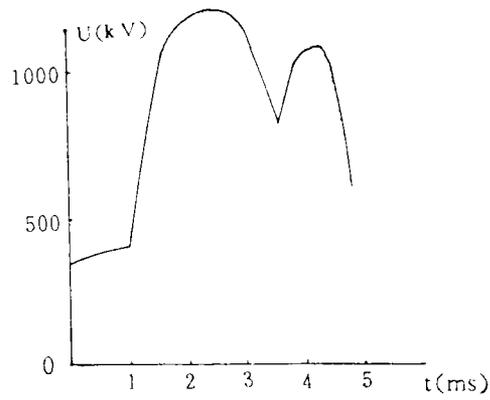


图 3b A相先合

图 3 的合闸操作波已达到了放电的条件。

参考图 1, 当 N 侧重合后, M 侧会产生如图 3 所示的合闸操作过电压, 在此电压作用下, M 侧 A 相避雷器将击穿放电。M 侧避雷器动作后, 将有一个突变的 Δu 、 Δi 传向 N 侧。利用贝瑞隆方法通过计算机仿真计算, N 侧所感受到的 Δu 、 Δi 如图 4 所示。

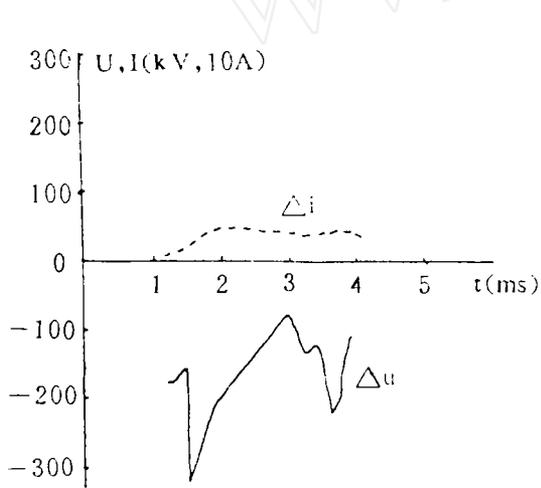


图 4a 三相同步重合

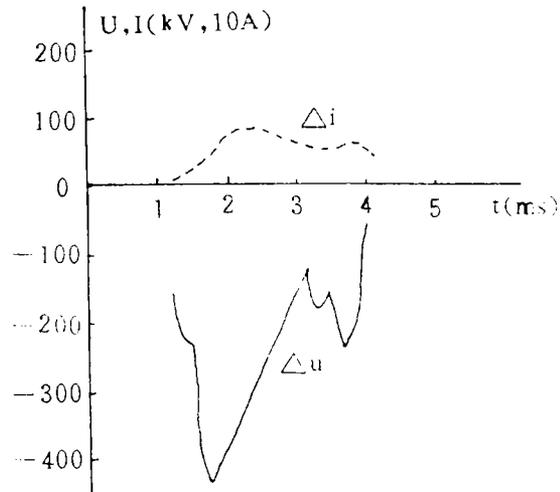


图 4b A相先合

从图 4 的仿真波形看出, 对于 M 侧的 A 相避雷器放电, N 侧 A 相将感受为正向故障, 并且由于 Δu 、 Δi 的幅值和 Δu 、 Δi 的极性相异时间都可以和短路时的情况相比, 所以 N 侧将误跳, 从而造成重合闸失败。

4 结论

在超高压输电线路中,当由于重合闸过电压而造成线路避雷器动作时,行波保护将感受为正向故障而误动作,从而造成重合闸失败。目前,避雷器仅做为内过电压的第二道防线,动作次数较少,这个问题的重要性还没有引起人们的注意。随着超高压输电线路电压等级的提高和避雷器性能的改善,为了降低绝缘成本,人们将采用避雷器来防止内过电压,这一点必须引起正致力于研究快速行波保护的学者的注意以便采取相应措施。

参考文献

- 1 M·chamia ultra—High Speed Relay for EHV/UHV Transmission Lines Development, Design and Application, IEEE, PAS—97, No. 6, 1978。
- 2 厉吉文. 行波保护及其特殊问题的研究与分析. 山东工业大学八七届硕士论文。

四方公司首批新一代数字式系列保护装置通过鉴定

1994年9月20日~22日,由美国哈德威(HATHAWAY)公司与中国华北电力学院北京研究生部、电力部机械制造局、南京电力自动化设备总厂及许继电气股份有限公司合资成立的北京哈德威四方保护与控制设备有限公司的首批新一代数字式系列保护装置在北京通过了专家鉴定。电力部、机械部及国务院三峡办有关部门的领导、专家出席和参加了这次鉴定会。

通过鉴定的首批新一代数字式系列保护装置是:CSL 160A 系列数字式线路保护;CSL 200A 系列数字式线路保护;CST 200A 系列数字式变压器保护。这些保护均是在吸取第一代(01)型及第二代(11型)保护成功经验的基础上研制而成的。其主要特点为:a. 采用总线不出芯片的单片技术,抗干扰能力大大加强;b. 采用国际上最新流行的网络接口技术,不仅人机对话方便、友好,而且各套装置可直接相连成网,配合后台机构成变电站综合自动化系统;c. A/D 转换精度提高到 14 位;d. 交流互感器采用新型的 C 型铁芯,效率高,线性度好;e. 主要芯片采用表面贴装新技术,可靠性高;f. 采用印制板背后配线工艺,出线端子新颖、可靠。鉴定会认为:装置达到了国际先进水平。

CSL 160A 系列数字式线路保护主要包括三段式相间距离保护、三段式零序电流方向保护及三相一次重合闸,可以作为 110kV 及以下系统线路的主保护及后备保护。

CSL 200A 系列数字式线路保护主要包括三段式电流(方向)保护、三相一次重合闸及构成电流、电压联锁速断的低电压元件,可作为 66kV 及以下各级电压小接地电流系统线路的主保护及后备保护,也可用于不装设距离保护的大接地电流系统的线路。装置结构上能保证装置安装于高压开关柜。

CST 200A 系列数字式变压器保护主要包括二次谐波制动比率差动保护、差流速断保护等主保护及复合电压闭锁方向(和不带方向)电流保护、零序电压闭锁零序方向(和不带方向)电流保护和零序过压保护等后备保护,可作为变压器的主保护及后备保护。

许继四方公司的技术人员在哈德威四方保护与控制设备有限公司总经理、中国工程院院士杨奇逊教授的领导下,直接参与了产品的研制工作。目前,许继电气股份有限公司已具备批量生产上述产品及构成变电站综合自动化系统的条件。