

高压线路中短路电流零点延迟条件的讨论

钱家骊

(清华大学 电机工程与应用电子技术系, 北京 100084)

Discussion on Conditions of Short Circuit Current Zero Delayed in High Voltage Transmission Lines

QIAN Jia-li

(Department of Electrical Engineering and Applied Electronic Technology Tsinghua University, Beijing 100084, China)

摘要: 高压输电线路中短路电流零点延迟会对高压断路器的开断造成影响。通过简化电路的仿真计算, 得出在高压输电线路中短路电流延迟零点的条件, 其中包括电网条件和短路条件, 并分析在高压线路中具有这些条件的现实性。分析结果验证了该现象存在的现实性, 但概率很小。

关键词: 高压断路器; 短路电流; 零点延迟

中图分类号: TM561

文献标志码: A

Abstract: With the calculation of simplified electric circuit, this paper obtained the conditions of short circuit current zero delayed, electric networks conditions and short circuit conditions. The possibility of short circuit current zero delayed occurred in high voltage transmission lines was analyzed. The result shows the probability is very low.

Key words: high voltage circuit breaker;

short circuit current; current zero delayed

0 引言

近年来, 高压断路器开断交流电流出现零点延迟现象已经受到关注^[1, 2]。在我国 1 000 kV 特高压示范输电线路中发生短路时, 开始的几十到上百毫秒期间内, 短路电流可能没有电流过零点, 这一现象也称为电流零点延迟现象。现代高压交流断路器均依靠开断电流零点才能灭弧, 因此上述现象对高压断路器来说可能比较严酷, 并已引起广泛关注。笔者从基本原理和工程实际对零点延迟现象进行分析。

1 出现零点延迟短路电流的电网和短路条件

根据简化的集中参数单相电路计算, 得到原理性结果: ①当电源电压为零或在零点附近时, 才能出现最大的直流分量, 短路电流才有零点延迟的可能; ②当短路电流较负荷电流大得多时, 不会出现短路电流零点延迟, 只有在负荷电流较大、短路电流较

小、二者电流值倍数差别不很大时, 才会出现零点延迟的短路电流; ③在上述条件下, 能否出现零点延迟的短路电流还与负荷种类有密切关系 (为了分析简单, 将输电线路也考虑在负荷内, 称为总负荷): 总负荷为电感时不会出现零点延迟短路电流 I_s , 图 1(a); 总负荷为电阻-电感时不会出现零点延迟短路电流; 总负荷为纯电阻时不会出现零点延迟短路电流, 见图 1(b); 总负荷为电容时出现零点延迟短路电流的可能性大, 见图 1(c); 总负荷为电阻-电容时会出现零点延迟短路电流; ④当线路中串有较大电阻时, 直流量衰减很快, 不会出现零点延迟短路电流。

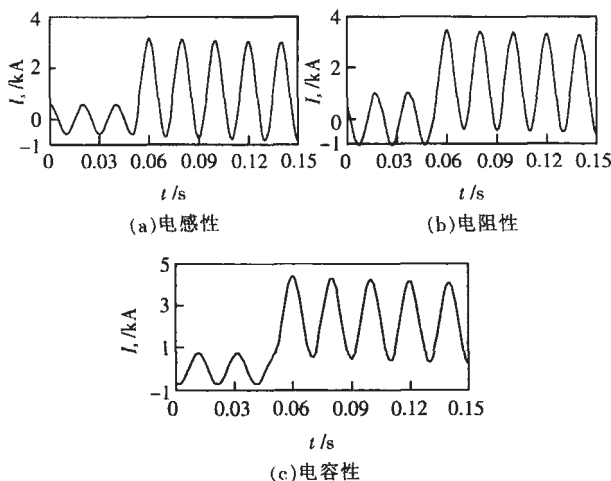


图 1 电感性、电阻性、电容性负荷短路电流波形 (短路开始时间为 0.05 s)

只有同时满足短路电流大小、发生相位和总负荷性质等几个条件时才会出现零点延迟短路电流。

2 在高压线路中具有零点延迟短路电流条件的可能性

2.1 能否在电压为零及附近出现短路

情况可分为: ①雷电过电压导致击穿, 该过电压在时间上是随机的, 因而出现的概率不高; ②线

路原因,如倒塔、输电线因风摆动造成线间击穿和污闪等出现短路,只会工频电压瞬时值较高时出现,因而实际上不会出现零点延迟电流现象;③开断空载线路,只在电源电压高时才会出现短路,因此不大会出现电流零点延迟现象;④开断并联电抗器,过电压应出现在电抗器侧,不会导致线路短路;⑤关合空载线路,有可能在任何时刻短路,但概率也应较小;⑥人为短路故障,误合接地开关导致短路,短路时电源电压瞬时值较高,实际上不会出现电流零点延迟现象;未取下接地线情况下断路器合闸,由于在关合高压断路器时触头间隙耐压强度降低很快,有可能在电压零值附近出现短路,所以有出现的可能但概率小。

2.2 能否出现带有容性的总负荷电流

一般负荷应接近纯阻性,但考虑输电线路后总负荷则可能成为电阻-电感性或电阻-电容性。输电线路根据负荷电流大小两种可能均有。当负荷电流大时呈感性,此时不会出现无零点短路电流;当负荷电流小甚至空载而线路空载电流较大时,则会出现零点延迟短路电流。上述负荷电流的大小可大致根据负荷阻抗小于或大于输电线路波阻抗值确定。如果负荷为纯电阻型,加上线路电容电流,总负荷应为电阻-电容型,故有可能出现零点延迟短路电流,但装有并联电抗器或串补装置时则更复杂。对双电源系统,当输电线路发生短路时,电源侧及负荷侧断路器均动作,需考虑两侧断路器开断电流都能否出现零点延迟现象。在此情况下,两侧负荷电流的大小及相位都不同,负荷电流与短路电流相位关系正相反,因此分析时更复杂。

2.3 实际情况下短路电路中串联电阻的影响。

情况可分为:①接地电阻,从不到1Ω到几Ω,应有一些作用;②SF₆断路器的电弧电阻很小,如百分之几Ω且起作用时间短;③空气间隙电弧电阻。空气中电弧电压降约为1500V/m,如短路电流为5000A,则弧阻不过0.3Ω/m左右,只有电弧较长时起作用。由于电弧电压小,接近方波,对短路电流值有影响但对它的衰减率影响很小。

(上接第191页)



图14 类型1操作的温度扩散模式

3 结语

综上所述,该公司通过采用合闸电阻等元件的理想布置,已经设计了一种紧凑型1100kV断路器,并通过使用分析程序进行了诸如合闸电阻热容量、短路

2.4 短路电流能否与负荷电流大小相近

在长输电线及大负荷电流情况下,而且短路发生在输电线路远端时,短路电流才有可能相对较小。

3 结论

(1)输电线路中出现零点延迟短路电流的条件有4种:①在电压零点及附近发生短路;②短路电流的直流分量衰减较慢;③短路前的线路电流有容性分量;④短路前的线路电流比短路电流小得不多。因此,短路电流中零点延迟现象是一个与多种条件有关的小概率的事件,但如果出现则会对高压断路器提出新的要求。

(2)从电网条件看,只有在长输电线路远端短路的情况下,短路电流比负荷电流倍数不够大,并在电容电流较大时,才有出现电流零点延迟条件的可能,以后随着电网的发展,短路电流的不断增加,可能性将逐渐消失。

(3)只有雷电过电压、带接地线合闸和无载线合闸等几种情况下才会出现较小概率。

(4)通过电网调度,在小范围内调节负荷功率因数,可有助于避免该现象的发生。

(5)SF₆超高压断路器因电弧电压极小,几乎没有在高电压下开断不过零电流的能力,而加大其开断直流的能力是相当困难的,这将使断路器的结构复杂且价格昂贵。但实际上,在此情况下开断无零点电流,断路器的灭弧室及弧触头只有几十到上百毫秒的时间可以承受电弧的能量和烧损,并当这一时段过去后电弧有可能最后熄灭,因为在此情况下短路电流很小,而且随后的电流过零点的电流下降率及恢复电压都很低(电流过零时电源电压也接近零)。这是一个有待分析研究的问题,希望此问题能得到进一步的关注。

参考文献:

- [1] 特殊用途断路器技术和应用调查专门委员会. 特殊用途断路器技术和应用[R]. 日本: 电气学会技术报告865号, 2003.
- [2] 钱家骊. 8种电流零点延迟现象[J]. 华通技术, 2004(1): 18-20.

开断等主要性能的验证。

参考文献:

- [1] KIM J B, YANG D I, SONG W P. Overview of 800 kV Gas Insulated Switchgear in Real Commercial Operation[C]// 2005 Korea-Japan Joint Symposium on ED&HVE, Seoul:[sn.], 2005: 1-5.
- [2] IEC 62271-100(2003). High Voltage Alternating Current Circuit Breaker[S].
- [3] GB 1984(2003). 高压交流断路器[S].