

特高压交流输电继电保护及相关问题

陈德树¹, 唐萃¹, 尹项根¹, 张哲¹, 陈卫¹, 郭贤珊²

(1. 华中科技大学电力安全与高效湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430074;

2. 国家电网公司特高压建设部, 北京 100031)

摘要: 通过大量的电磁暂态仿真研究, 寻找出一些特高压输电暂态过程的特点, 在此基础上探讨一些对继电保护来说需要注意的问题。研究表明, 现有的用于 500kV 的各种继电保护技术, 需要做出一些改进, 才能适应特高压系统的要求。改进的前提是对特高压系统的特性, 特别是对其暂态特性的规律性的深入研究。该文在这几个方面作了初步研究。

关键词: 特高压输电; 继电保护; 电磁暂态

Special issues and suggestion on protective relaying applied in UHV transmission line

CHEN De-shu¹, TANG Cui¹, YIN Xiang-gen¹, ZHENG Zhe¹, CHEN Wei¹, GUO Xian-shan²

(1. Electric Power Security and High Efficiency Lab, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 430074, China;

2. State Grid Corporation of China, Beijing 100031, China)

Abstract: Based on electric-magnetic transient digital simulation and analysis, some special characteristics about dynamic processes of fault on UHV transmission line are given in this paper. The difference of fault transient between 1000kV and 500kV transmission line are listed and analyzed in detail. Decaying DC component, high frequency component and self-excitation oscillation after external fault cleared are primary problems which protective relaying should be faced. The improvement suggestions of application of protective relaying in UHV transmission line are proposed as well.

This project is supported by National Natural Science Foundation of China(No.50507005).

Key words: UHV; protective relaying; electric-magnetic transient

中图分类号: TM77

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)05-0001-03

0 引言

特高压交流输电对我国完全是一个崭新的课题。我国电力系统继电保护技术在 500 kV 及以下的电力系统中, 从制造到运行都积累了丰富的、成熟的经验, 在 750 kV 系统中也得到验证。这为 1000 kV 系统继电保护的研制和运行打下了很好的基础。但由于特高压输电系统还有一些不同的特点, 有必要弄清楚它和 500 kV 线路的异同, 以便采取更加可靠的技术方案, 确保特高压试验示范工程安全可靠投运。

1 特高压交流输电系统的特点

从继电保护的角度, 关心的是其电磁暂态过程与超高压系统的电磁暂态过程有哪一些重大的

差别。其中, 结构与参数的差别引起的过程差别最值得注意。

参数: 单位线路长度的电感、电容与 750 kV 线路相近。其波阻抗略小于 500 kV 系统的波阻抗。但其衰减时间常数 $T=L/R=0.12''$, 而 500 kV 线路的 $T=L/R=0.044''$, 差别显著。

结构上的主要特点是线路长而且分段。过电压的研究表明, 单段线路长度不宜超过 500 km。拟建的试验示范线路超过 600 km, 需在中间加设一个开关站, 将线路分为两段, 并在每段两侧装设固定高压并联电抗器, 带中性点小电抗。这将使故障工况和过程带有其特殊性。

2 短路时电磁暂态过程的特点

继电保护首先关心的是区内故障时保护不要拒动, 区外故障时保护不要误动。为了做到这一点, 往往需要知道什么情况是最恶劣的。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50507005)

图 1 为基于试验示范线路参数的仿真模型，在此模型上进行了大量的故障电磁暂态仿真，包括在图 1 中各内、外短路点上发生单相接地和三相短路

等故障及重合操作等。仿真结果表明，特高压系统短路时电磁暂态过程具有许多特点。

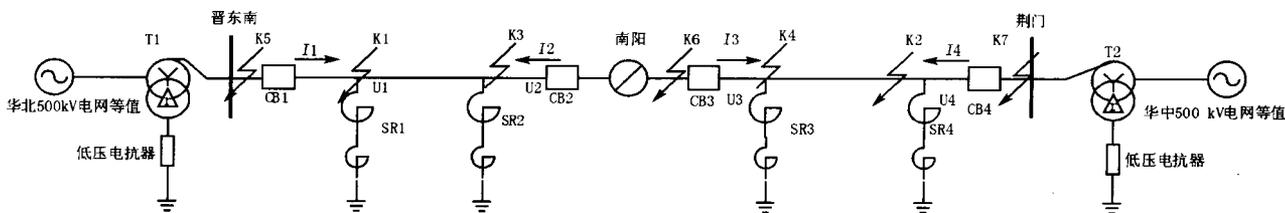


图 1 仿真模型图

Fig.1 Simulation model diagram

故障过程的主要特点有：

1) 其直流分量衰减时间常数很长

图 2 是在图 1 中 K4 点即南阳开关站南—荆线出口处发生三相短路，短路时电压初相角在 0° 附近。如图 2 所示，A 相电流的直流分量衰减时间常数很长。这对微机保护来说，不是一个困难问题，有很好的算法可以用来进行处理。但衰减的直流分量对电流互感器饱和将产生影响。采用 TPY 型电流互感器并且留有足够容量余量时，衰减时间常数长对保护不会构成威胁。

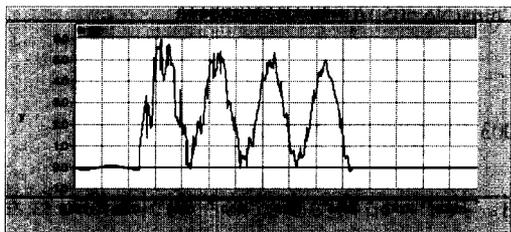


图 2 南阳右侧三相短路，南阳左侧 C 相电流
Fig.2 I_c on the line from Nanyang to Jindongnan when fault occurs on K4

的时间，即约为 2 ms 或 4 ms，其频率约为 $(5/10) f_0$ ，实际的频率是复合的，而且与短路点远近、系统阻抗有关，所以其变化范围是很大的。

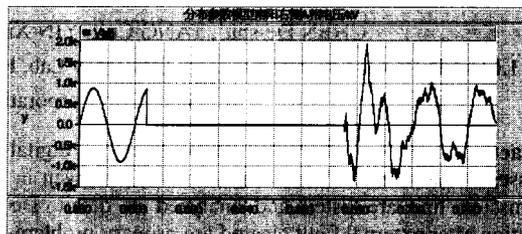


图 3 南阳开关站右侧三相短路切除后的线路首端 A 相电压

Fig.3 V_a at point K_4 after clearing fault

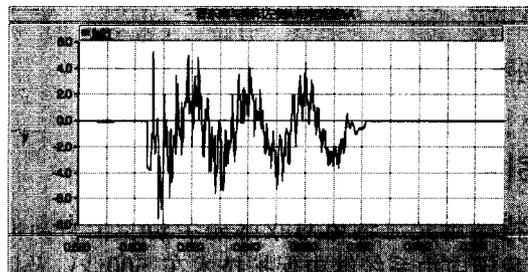


图 4 南阳开关站右侧三相短路切除后的 A 相电流差

Fig.4 I_{da} after clearing fault

2) 交变分量衰减慢

从图 2 亦可看出，与直流分量衰减的同时，交变分量的幅值也在衰减，频率愈高，衰减愈快。其结果使在直流分量最大情况下，交流分量瞬时值不过零。下面图 3 至图 6 是在 K3 点即南阳开关站左侧三相短路及切除后的几种情况。

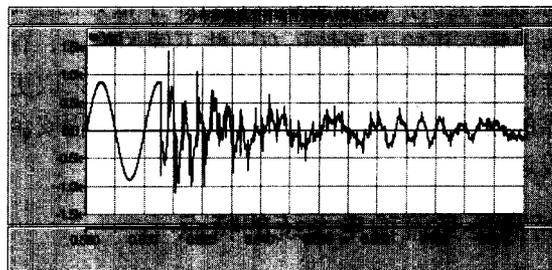


图 5 南阳开关站右侧三相短路切除前后的 A 相电压
Fig.5 V_a at Jindongnan substation after clearing the fault

3) 可能出现的高频分量的频率变化范围大

对超高压、特高压分布参数输电线，其暂态过程高频分量的主频分量的频率基本上决定于短路点之间的距离。高频分量中主频分量的周期与行波在此两点之间来回一次的时间相当，有些情况则与来回两次的时间相当。以 300 km 线路为例，在线路末端短路时，其主频的周期约为行波走 600 km

从继电保护的角度看，较高的频率分量是要经

过模拟滤波和数字滤波的。但较低的频率分量则较难滤除。特别是暂态过程中的自由振荡分量, 其振荡频率与工频频率较为接近, 需要特别注意, 以免引起保护误动。

下面图 3 至图 5 是在 K3 点即南阳开关站左侧三相短路及切除后的几种情况。当短路点改变时, 频率变化会更多样。

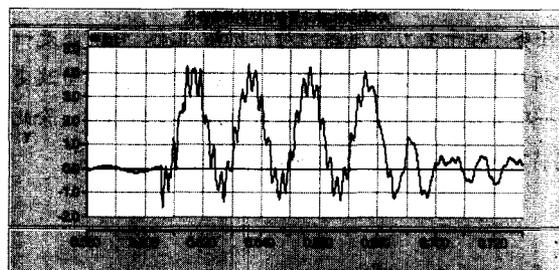


图 6 南阳开关站右侧三相短路及切除后的晋东南侧 B 相电流

Fig.6 I_b on the line from Jindongnan to Nanyang after clearing the fault

4) 一回线故障切除后, 未切除的一回线的暂态电流需要注意

由于南阳是开关站, 在南阳右侧短路并切除后, 其左侧开关的电流为零, 但晋东南仍会流过很大的暂态电流。这一电流包含两个分量: 由晋东南电源提供的强制分量和由突变点触发的自由分量。自由分量的大小、频率分量、衰减等的特性取决于触发量的大小、分布参数及电源系统参数等。图 6 就是这种情况。此时的初始值近 1 kA, 远大于其稳态值。一般的电流差动保护可能误动。如果将定值提高, 其灵敏度可能不足。

5) 自激振荡问题^[1]

众所周知, 小机带长线, 在空载时即使励磁很小, 仍会产生很高的过电压。电源一侧的电流很大, 也会使差动保护误动。一般来说, 运行部门会禁止这种情况的出现。

6) 系统参数、结构对电磁暂态的影响
这一方面的影响将专门进行分析。

3 特高压交流输电系统继电保护要注意的一些问题

根据上述分析得出的特高压系统暂态过程的

特点, 其继电保护的实现需要注意下面的一些问题:

- 1) 较长的直流分量衰减时间常数的影响;
- 2) 高频分量及频率较低的高频分量的影响;
- 3) 外部故障切除后的自由振荡分量与自激振荡问题;
- 4) 独立的调压变压器对变压器差动保护的影响;
- 5) 变压器的外部调压变压器故障的保护问题。

4 结束语

特高压交流输电系统因其传输容量巨大, 事故对电网的安全威胁严重。继电保护能否正确动作对系统影响甚大。而特高压输电是全新的工程技术, 有必要进行细致的研究。本文是在大量电磁暂态仿真的基础上作出一些分析, 深入一些的问题还待进一步的研究。

参考文献

- [1] Lauper P. Protection Against Self-Excitation of Synchronous Machines with Capacitive Load[J]. Bulletin Oerlikon, 1957, 322:45-49.
- [2] 薛士敏, 贺家李, 李永丽. 特高压输电线基于贝瑞隆模型的距离保护[J]. 继电器, 2005, 33(19):1-4. XUE Shi-min, HE Jia-li, LI Yong-li. Distance Protection Based on Bergeron Model for UHV Transmission Lines[J]. Relay, 2005, 33(19):1-4.
- [3] 舒印彪, 刘泽洪, 袁骏, 等. 2005年国家电网公司特高压输电论证工作综述[J]. 电网技术, 2006, 30(5):1-12. SHU Yin-biao, LIU Ze-hong, YUAN Jun, et al. A Survey on Demonstration of UHV Power Transmission by State Grid Corporation of China in the Year of 2005[J]. Power System Technology, 2006, 30(5):1-12.

收稿日期: 2007-01-26

作者简介:

陈德树(1930-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统继电保护等领域的教学、研究工作; E-mail: dschen@21cn.com

唐萃(1983-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为电力系统继电保护;

尹项根(1954-), 男, 教授, 博士生导师, 从事电力系统继电保护等领域的教学、研究工作。