

对输电线反时限零序电流保护选择性的分析

臧睿, 廖晓玉, 张予鄂

(河南省电力公司调度通信中心, 河南 郑州 450052)

摘要: 通过对接地故障零序电流分布的分析, 讨论了特殊电网方式下输电线零序反时限电流保护不能保证选择性的问题。即在某些情况下, 相邻线路中的零序电流不一定小于故障线中的零序电流。从而可能造成相邻线路反时限零序保护的误动, 即使考虑相继动作也不能保证其选择性。作为零序保护简化的一种选择, 宜在反时限特性中增加一段附加延时, 将反时限零序保护作为接地距离保护的补充, 用以反应高阻接地故障。

关键词: 输电线; 零序反时限电流保护; 选择性; 零序保护; 简化计算

中图分类号: TM77 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)22-0012-02

0 引言

随着电网的快速发展, 零序保护的整定配合日益繁琐、复杂, 对零序保护的简化呼声也越来越高。反时限零序电流保护作为一种选择^[1,2], 值得分析探讨, 下面是本人的一些体会。

据文献 [2, 3], 当一回线路发生接地故障时, 相邻线路中的零序电流必小于故障线中的零序电流。若所有线路的反时限零序保护定值相同, 故障线路的保护必然获得最小动作时间, 即使不设方向元件, 也能满足选择性要求, 相对于定时限零序电流保护有着相当大的优越性。

但由于电网结构的影响, 在某些情况下, 相邻线路中的零序电流不一定小于故障线中的零序电流。如图 1 所示, 双回线中的一回发生接地故障, 相邻的单回线零序电流可能大于故障线路的零序电流, 从而引起相邻线路反时限零序保护的误动。现分两种情况分析如下。

线路 a 发生接地故障, 故障点 F 与 P 侧距离为线路全长的 α , 与 Q 侧距离为线路全长的 $(1 - \alpha)$ 。线路 a、b 零序阻抗分别为 Z_a 和 Z_b , P、Q 侧母线零序综合阻抗分别为 Z_p 、 Z_q (不计线路 a 和 b)。

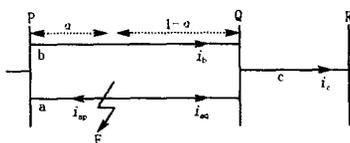


图 1 故障网络示意图

Fig 1 Schematic diagram of fault network

1 不计线路 a、b 间的互感

不计线间互感, 可得 F 点发生接地故障时的零序等效电路, 如图 2 所示。此电路可视为一个电桥电路:

当 P 点与 Q 点电压相等, 即 $(1 - \alpha) Z_a / Z_q = Z_a / Z_p$ 时, 线路 b 无零序电流。

当 P 点电压大于 Q 点电压, 即 $(1 - \alpha) Z_a / Z_q > Z_a / Z_p$ 时, 线路 b 零序电流方向为 P → Q。

当 P 点电压小于 Q 点电压, 即 $(1 - \alpha) Z_a / Z_q < Z_a / Z_p$ 时, 线路 b 零序电流方向为 Q → P。

需要注意的是, $(1 - \alpha) Z_a / Z_q < Z_a / Z_p$, 即 $Z_p / (Z_p + Z_q)$ 时, 线路 b 零序电流方向为 P → Q, 此时 i_b 与 i_{aq} 同向, 则 $i_c = i_b + i_{aq}$, 可得 $i_c > i_{aq}$, 在所有线路的反时限零序保护定值相同的情况下, 线路 c 保护将误动跳闸。即使考虑 Q 母线连接变压器的分流, 上述情况仍然可能出现。

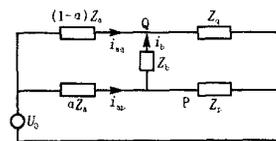


图 2 不计互感时故障网络零序等效电路

Fig 2 Zero-sequence equivalent circuit ignoring mutual inductance

那么, 当 $Z_p / (Z_p + Z_q)$ 时, 能否依靠相继动作实现选择性呢? 即 $i_{bp} > i_{aq}$, 线路 a 的 P 侧开关先动作跳闸, 线路 b 零序电流随之反向, $i_c = i_{aq} - i_b$, 从而 $i_c < i_{aq}$ 。现分析如下:

对等效电路作三角形 - 星形变换, 可得图 3 所示电路。其中

$$Z_{pp} = Z_b Z_p / (Z_p + Z_q + Z_b)$$

$$Z_{qq} = Z_b Z_q / (Z_p + Z_q + Z_b)$$

$$Z_c = Z_p Z_q / (Z_p + Z_q + Z_b)$$

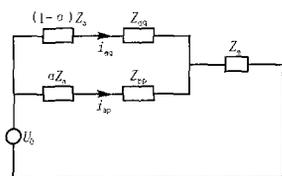


图 3 简化零序等效电路

Fig 3 Simplified zero-sequence equivalent circuit

$$i_{ap} \text{ 支路阻抗 } Z_{ap} = Z_a + Z_{pp} \quad (1)$$

$$i_{aq} \text{ 支路阻抗 } Z_{aq} = (1 - \alpha) Z_a + Z_{qq} \quad (2)$$

对于并联支路,若要 $i_{ap} > i_{aq}$,须有 $Z_{aq} - Z_{ap} > 0$,将 (1)、(2)代入可求得

$$< 0.5 + Z_b (Z_q - Z_p) / 2Z_a (Z_p + Z_q + Z_b)$$

线路 a 的 P 侧开关先动作跳闸,选择性可能实现。而当

$0.5 + Z_b (Z_q - Z_p) / 2Z_a (Z_p + Z_q + Z_b) < Z_p / (Z_p + Z_q)$ 时, $i_{ap} < i_{aq}$,线路 a 的 P 侧开关滞后于 Q 侧开关动作跳闸,选择性无法保证。

$0.5 + Z_b (Z_q - Z_p) / 2Z_a (Z_p + Z_q + Z_b) < Z_p / (Z_p + Z_q)$ 的情况是否存在,则取决于系统参数。

综上所述,对于某些特殊方式,受系统参数和故障位置的影响,反时限零序电流保护的选择性不能保证。

2 考虑线路 a、b 间的互感

线路 a、b 间的互感为 Z_m ,考虑互感时的零序等效电路如图 4 所示^[2]。

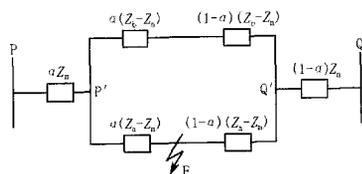


图 4 双回线并列运行,在一回线中短路时的零序等效电路

Fig 4 Zero-sequence equivalent circuit of parallel lines when single line grounded

由图 4 可得与图 2 类似电路,如图 5 所示,其中 $Z_p = Z_p + Z_m$, $Z_q = Z_q + (1 - \alpha) Z_m$ 。

推导可得类似结论:当 $Z_p / (Z_p + Z_q)$ 时,反时限零序电流保护的选择性不能保证。

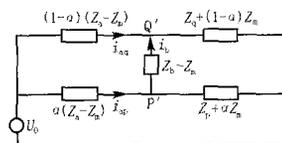


图 5 计及互感时故障网络零序等效电路

Fig 5 Zero-sequence equivalent circuit considering mutual inductance

3 结论

通过以上分析可知,在某些情况下,相邻线路中的零序电流不一定小于故障线中的零序电流,反时限零序保护的选择性不能保证,从而可能引起相邻线路反时限零序保护的误动。输电线反时限零序保护在多数情况下可以保证选择性,作为简化零序保护配合的一种选择,可对反时限特性额外增加一个适当的延时,将反时限零序电流保护作为接地距离的补充,常见接地故障可由接地距离保护切除,反时限零序仅用以切除高阻接地故障。

参考文献:

- [1] DL 400 - 91,继电保护和安全自动装置技术规程 [S]. DL 400 - 91, Technical Code for Relaying Protection and Security Automatic Equipment[S].
- [2] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2005. ZHU Sheng-shi High Voltage Relay Theory and Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2005.
- [3] 沈国荣, 隋凤海. 输电线反时限零序电流保护 [J]. 电力系统自动化, 1990, 14 (2): 11-13. SHEN Guo-rong, SUI Feng-hai Inverse Time Zero-sequence Current Protection of Transmission Line[J]. Automation of Electric Power Systems, 1990, 14 (2): 11-13.

收稿日期: 2006-05-08; 修回日期: 2006-07-26

作者简介:

臧睿 (1971 -),男,硕士,工程师,从事电力系统继电保护整定计算工作; E-mail: ephzzr@yahoo.com.cn

廖晓玉 (1975 -),女,工程师,从事电力系统继电保护整定计算工作;

张予鄂 (1963 -),女,高级工程师,从事电力系统继电保护整定计算工作。

(下转第 59 页 continued on page 59)

参考文献:

- [1] 中华人民共和国电力行业标准 DL/T634-5101-2002/IEC608-70-5-101: 2002 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2003.
The Industrial Standard of Electric Power in the People's Republic of China DL/T634-5101-2002/IEC608-70-5-101: 2002 [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2003.
- [2] 谭文恕. 关于配电自动化系统的传输规约 [J]. 电力系统自动化, 1999, 23 (16): 37-39.
TAN Wen-shu. The Transmission Protocol of Distribution Automation System [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23 (16): 37-39.
- [3] 方炯. IEC 60870-5-101通信协议的实现与应用 [J]. 计算机应用与软件, 2005, 22 (9): 65-66.
FANG Jiong. The Realization and Application of IEC 60870-5-101 Data Communication Protocol [J]. Computer Applications and Software, 2005, 22 (9): 65-66.
- [4] 魏民, 罗安. 使用面向对象的设计技术实现电力通信规约 [J]. 电网技术, 2002, 26 (3): 68-71.
WEI Min, LUO An. Implementation of Power System Communication Protocol by Object-oriented Method [J]. Power System Technology, 2002, 26 (3): 68-71.
- [5] 夏远福, 江道灼, 黄民翔. 101规约在馈线自动化系统中的应用 [J]. 继电器, 2002, 30 (10): 29-32.
XIA Yuan-fu, JIANG Dao-zhuo, HUANG Min-xiang. Application of 101 Protocol to Feeder Automation System [J]. Relay, 2002, 30 (10): 29-32.

收稿日期: 2006-06-26

作者简介:

王建杰 (1979 -), 男, 硕士研究生, 研究方向为人工智能在电力系统中的应用; E-mail: wangjianjie2007@163.com

霍利民 (1965 -), 男, 博士, 教授, 研究方向为人工智能及其应用, 电力系统分析和计算。

Application and development of 101 protocol to distribution automation

WANG Jian-jie¹, HUO Limin¹, ZHANG Jing-ping², LIU Wei-na¹, ZHANG Li-guo¹

(1. Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China;

2. North China Electric Power University, Baoding 071002, China)

Abstract: Some special problems of applying the standard protocol IEC60870-5-101 to distribution automation system are discussed in this paper. Based on engineering practice, the communication system for distribution automation is developed by taking Visual C# which is object-oriented as developing tool and making use of multi-threading serial communication technique, and the data collected by FTU is also guaranteed to transmit quickly and accurately. According to the real test to this system, the requirement of development is satisfied, now this system runs successfully and stability. The applications indicate that 101 protocol has high application value.

Key words: 101 protocol; distribution automation; serial communication

(上接第 13 页 continued from page 13)

Analysis of inverse time zero-sequence current relay and its selectivity

ZANG Rui, LIAO Xiao-yu, ZHANG Yu-e

(Henan Power Dispatching and Communication Center, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: This paper analyzes the distribution of zero - sequence current to ground faults. It discusses that in some operating conditions, zero-sequence current of the fault line maybe less than or equal to the next line. So the inverse time zero - sequence relay of next line will trip before the fault line. Even if the breakers of the the next line trip successively, the selectivity of inverse time zero - sequence current relay can not be provided. As an alternative of simplifying zero - sequence protection, inverse time zero - sequence current protection with a lagged timer can be used as an auxiliary to the grounding distance protection. It will provide sensitivity to high impedance ground faults.

Key words: transmission line; inverse time zero-sequence protection; selectivity; zero-sequence protection; simplified calculation