

750 kV 示范工程官亭 - 兰州东线路保护整定探讨

李怀强, 栗小华, 张健康

(西北电力调度(交易)中心, 陕西 西安 710048)

摘要: 目前,国内首个 750 kV 输变电示范工程已正式投入运行。在国内尚无明确规程的情况下,结合现有的继电保护相关规程,探讨了 750 kV 示范工程线路保护配置和整定原则。针对 750 kV 超高压系统的有关特点,提出 750 kV 线路保护必须满足双重化要求,主保护应采用不同原理。同时,结合 750 kV 输变电示范工程实际,分析探讨了差动保护有关定值的整定,并对 750 kV 线路距离和零序后备保护的灵敏度要求作了论述。最后,对零序电流保护最末段的抗过渡电阻能力的深入分析表明,该段设置为 300 A 时能够适应 400 Ω 过渡电阻。

关键词: 750 kV 示范工程; 整定计算; 继电保护

中图分类号: TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)14-0001-03

1 750 kV 示范工程概况

750 kV 输变电示范工程 750 kV 官亭 - 兰州东送变电线路工程,起自青海省民和县境内的 750 kV 官亭变电所构架,终于甘肃省榆中县境内的 750 kV 兰州东变电所构架,是国际上首条平均海拔高度在 2 000 m 以上的同等电压等级输变电工程。线路全长 140.705 km,其中青海省境内约占 13.1 km,甘肃省境内约占 127.605 km。如图 1 所示。

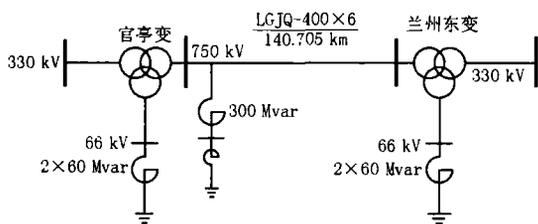


图 1 750 kV 输变电示范工程示意图

Fig 1 Sketch map of 750 kV transmission pilot project

作为目前我国最高电压等级的首条输电线路,750 kV 官亭 - 兰州东线路继电保护配置和整定都没有明确的规程可依。

2 750 kV 线路保护配置

继电保护双重化配置是防止因保护装置拒动而导致系统事故的有效措施,同时又可大大减少由于保护装置异常、检修等原因造成的一次设备停运现象。规程 [1] 第 2.7.2 条要求对 330 ~ 500 kV 线路,一般情况下,应设置两套完整、独立的全线速动主保护;第 2.7.3.1 条指出“当双重化的每套主保护都有

完善的后备保护时,可不再另设后备保护。只要其中一套主保护无后备,则应再设一套完整的独立的后备保护”,即要求后备保护也实现双重化。

作为比 500 kV 更高的电压等级,750 kV 系统故障带来的损害性更为严重。作为省际间的骨干网架,其安全可靠运行对整个西北电网的安全稳定起着决定性作用,故对其继电保护的性能和可靠性要求极高。另外,由于线路装设并联电抗器,在故障时会引起电感电容谐振和各种高频分量,而各种保护原理都有一定的弱点,因此,应采用不同原理的主保护,以确保在各种故障情况下可靠动作,国外经验也是如此。

为了确保 750 kV 官亭 - 兰州东线路安全可靠运行,该线路配置了两套光纤差动保护和一套高频纵联保护,三套保护装置均配置完备的主保护和三段式相间、接地距离保护、零序阶段式后备保护。同时,各套保护装置之间没有任何电气联系,每套保护装置的交流电压、交流电流应分别取自电压互感器和电流互感器互相独立的绕组,两套光纤差动保护光纤通道走不同路由,严格满足继电保护“反措”要求。

3 750 kV 线路保护整定

目前,国内尚无 750 kV 线路保护整定有关规程,在进行 750 kV 官亭 - 兰州东线路保护整定计算时主要参考文献 [2] 相关要求。

3.1 差动电流整定

750 kV 官亭 - 兰州东线路全长 140.705 km,同时作为超高压等级,其线路充电功率比较大,在进行差动电流整定时应结合其运行方式给予充分考

虑。为了控制无功,调节电压,该线路官亭侧装设 3 ×100 MVAr 高压并联电抗器。同时,现行的 750 kV 系统调度规程规定,750 kV 官亭 - 兰州东线路必须带高压并联电抗器运行,因此差动电流整定可只考虑躲过补偿后的容性充电电流。

750 kV 官亭 - 兰州东线实测全线正序电容为 1.984 μF,对应的充电功率为:

$$S_c = U^2 \times 2 \times fC = 750^2 \times 2 \times 3.14 \times 50 \times 1.984 = 350.42 \text{ MVAr} \quad (1)$$

对应的充电电流:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3}U} = \frac{350.42}{750\sqrt{3}} \times 1000 = 269.8 \text{ A} \quad (2)$$

补偿后的充电功率:

$$S_c = 350.42 - 300 = 50.42 \text{ MVAr} \quad (3)$$

补偿后的充电电流即为:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3}U} = \frac{50.42}{750\sqrt{3}} \times 1000 = 38.8 \text{ A} \quad (4)$$

由以上计算可以看出,补偿后的充电电流很小,小于 0.1 倍额定电流(线路保护所用 CT 变比为 2000/1),其对光纤差动保护差流的影响不大。因此,在实际整定中,不再进行电容电流补偿。

3.2 后备保护灵敏度要求

文献 [3] 对于 3 ~ 110 kV 系统保全线有灵敏度系数的零序电流保护、相间距离保护定值对本线路末端金属性故障的灵敏系数要求满足:

- 20 km 以下线路,不小于 1.5;
- 20 ~ 50 km 的线路,不小于 1.4;
- 50 km 以上线路,不小于 1.3。

考虑到 220 ~ 500 kV 特高压系统输电线路的重要性,以及高电压系统故障的危害性,对后备保护灵敏度要求相比 3 ~ 110 kV 系统有较大提高,文献 [2] 规定对于 220 ~ 500 kV 系统保全线有灵敏度系数的零序电流保护、接地距离、相间距离保护定值对本线路末端金属性故障的灵敏系数要求满足:

- 50 km 以下线路,不小于 1.5;
- 50 ~ 200 km 的线路,不小于 1.4;
- 200 km 以上线路,不小于 1.3。

显然,对于更高电压等级的 750 kV 线路,其保全线有灵敏度系数的后备保护也应确保可靠切除线末故障,对本线末端金属性故障灵敏度的要求应不低于 220 ~ 500 kV 线路。目前,西北电网只有 750 kV 官亭 - 兰州东一条 750 kV 线路运行,在整定后备保护时,对于有灵敏度要求的零序电流段按保证线路末端金属性接地故障有 1.5 倍灵敏度整定,

接地、相间距离段按保证线末金属性故障有 1.4 倍灵敏度整定,对于接地、相间距离段在保证灵敏度的基础上,按躲变压器其他侧母线故障整定。即:

零序电流段:

$$I_{DZ3} = \frac{3I_{\min}}{1.5} \quad (5)$$

相间、接地距离段:

$$Z_{DZ2} = 1.4Z_1 \quad (6)$$

相间、接地距离段:

$$Z_{DZ3} = 0.7 \times (Z_1 + Z_T) \quad (7)$$

其中: I_{\min} 为本线末端接地故障流过保护的最小零序电流; Z_1 为本线路正序阻抗; Z_T 为对端变压器正序阻抗。

3.3 零序电流段

文献 [2] 规定“接地故障保护最末一段(例如零序电流段),应以适应下述短路点接地电阻值的接地故障为整定条件: 220 kV 线路, 100 Ω; 330 kV 线路, 150 Ω; 500 kV 线路, 300 Ω。对应于上述条件,零序电流保护最末一段的动作电流定值应不大于 300 A。当线路末端发生高电阻接地故障时,允许由两侧线路继电保护装置纵续动作切除故障”;文献 [3] 也有相应的要求,其第 2.4.2 条规定“对于 110 kV 电网线路,考虑到在可能的高电阻接地故障情况下的动作灵敏系数要求,其最末一段零序电流保护的电流定值不应大于 300 A(一次值),此时,允许线路两侧零序保护相继动作切除故障”。

对于 750 kV 官亭 - 兰州东线路零序电流段的整定,参考上述规程规定,整定为 300 A,下面简单分析其抗过渡电阻能力。

当负序阻抗与正序阻抗相等时,经过渡电阻接地故障,故障点零序电流的计算公式^[4]:

a 单相接地:

$$I_{f(0)} = \frac{U_{f(0)}}{2Z_{\Sigma(1)} + Z_{\Sigma(0)} + 3Z_f} \quad (8)$$

b 两相短路接地:

$$I_{ppf(0)} = \frac{U_{f(0)}}{Z_{\Sigma(1)} + 2(Z_{\Sigma(0)} + 3Z_f)} \quad (9)$$

其中: $U_{f(0)}$ 为故障点正常时电压; $Z_{\Sigma(1)}$ 为正序等值阻抗; $Z_{\Sigma(0)}$ 为零序等值阻抗; Z_f 为过渡电阻。

对于 750 kV 系统,考虑 400 Ω 过渡电阻,忽略系统的正序、零序阻抗,估算故障点零序电流如下:

a 单相接地:

$$|I_{f(0)}| = \left| \frac{U_{f(0)}}{3Z_f} \right| = \frac{750/\sqrt{3}}{3 \times 400} \times 1000 = 360 \text{ A} \quad (10)$$

b 两相短路接地:

$$|I_{ppf(0)}| = \left| \frac{U_{f(0)}}{2 \times 3Z_f} \right| = \frac{750/\sqrt{3}}{2 \times 3 \times 400} \times 1000 = 180 \text{ A} \quad (11)$$

对于单相经 400 Ω 过渡电阻接地故障,考虑两侧均匀分配,则流过线路保护装置的 3 倍零序电流为:

$$|3I_{0r}| = \frac{3}{2} |I_{ppf(0)}| = \frac{3}{2} \times 360 = 540 \text{ A} \quad (12)$$

该值大于零序 I 段定值,可以保证线路两侧零序 I 段纵续动作切除故障。

由式 (10)、(11) 可以得到,两相短路接地时故障点的零序电流是单相接地故障时的 0.5 倍,此时流过线路两侧保护的最小 3 倍零序电流为:

$$|3I_{0r}| = \frac{3}{2} |I_{ppf(0)}| = \frac{3}{2} \times 180 = 270 \text{ A} \quad (13)$$

因此,在两相短路经 400 Ω 过渡电阻接地时,两侧保护感受到的 3 倍零序电流可能都只有 270 A,线路两侧定值 300 A 的零序 I 段不能保证动作。

据文献 [5] 统计分析,2004 年 330 kV 线路故障 98.11% 为单相接地故障,对于 500 kV 线路,单相接地故障占 92.68%。两相接地故障发生的概率很小,仅占线路故障的 2% ~ 4%,同时,相间短路故障过渡电阻一般远小于单相接地过渡电阻。因此,零序 I 段设置为 300 A 还是合适的。

4 结论

2005 年 9 月上旬,西北 750 kV 输变电示范工程进行了系统调试,线路继电保护装置动作正确、可靠,保障了调试试验的顺利进行。2005 年 9 月 26 日,750 kV 输变电示范工程顺利竣工并正式投入运行,截至目前,750 kV 线路继电保护装置运行状况良好,未发生误动、拒动事故。

750 kV 输变电示范工程系统调试及实际运行

Discussion on Guan-dong line protection setting calculation of 750 kV transmission pilot project

LI Huai-qiang, SU Xiao-hua, ZHANG Jian-kang

(Northwest Electric Power Dispatching Center, Xi'an 710048, China)

Abstract: Up to now, the first 750 kV transmission pilot project in our country has safely operated for more than one hundred days. Without any exact code to follow, this paper discusses the protection configuration and setting calculation for the Guan-dong 750 kV line according to existent regulations. Based on the characteristics of 750 kV super-high networks, it points out that 750 kV line also needs duplicate protection with different theories. At the same time, the paper discusses the current-differential relay settings of Guan-dong 750 kV line based on its actual operation mode and the sensitivity requirement for backup protections. Finally, it analyses the capacity to detect high arc-resistance fault of the last stage zero-sequence overcurrent relay.

Key words: 750 kV transmission pilot project; setting calculation; relay protection

情况说明,上述 750 kV 线路保护整定是可行的。为了更好地做好 750 kV 保护整定工作,建议有关部门及时制订相关的技术、整定规程。

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 Regulations for Relay Protection and Automatic Safety Device [S].
- [2] DL/T 559-94, 220 ~ 500 kV 电网继电保护装置运行整定规程 [S]. DL/T 559-94, Operational and Setting Code for Relay Protection of 220 ~ 500 kV Electrical Power Networks [S].
- [3] DL/T 584-95, 3 ~ 110 kV 电网继电保护装置运行整定规程 [S]. DL/T 584-95, Operational and Setting Code for Relay Protection of 3 ~ 110 kV Electrical Power Networks [S].
- [4] 李光琦. 电力系统暂态分析 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998. LI Guang-qi. Power System Transient Analysis [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [5] 周玉兰. 2004 年全国电网继电保护与安全自动装置运行情况统计分析 [Z]. 北京: 中国电力科学研究院. ZHOU Yu-lan. Operation Statistics of Analysis for Relay Protection and Automatic Safety Device in 2004 Domestic Power Networks [Z]. Beijing: China Electric Power Research Institute.

收稿日期: 2006-01-19; 修回日期: 2006-03-17

作者简介:

李怀强 (1978 -), 男, 硕士研究生, 主要从事继电保护整定计算及管理工作; Email: lihq@nwpn.com

粟小华 (1962 -), 男, 硕士研究生, 主要从事继电保护运行管理及整定计算工作;

张健康 (1976 -), 男, 硕士研究生, 主要从事继电保护运行管理工作。