

500 kV 茂名站“8·12”故障分析及保护动作行为评价

何开荣

(广东省广电集团茂名供电分公司, 广东 茂名 525000)

摘要: 介绍了500 kV 茂名站“8·12”故障情况,通过对电气物理量的分析,讨论了故障的类型和产生原因,从而指导故障点的查找和消除,并对继电保护装置在这次故障中的动作行为作出了评价。

关键词: 故障分析; 保护; 评价

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2004)11-0068-03

0 引言

2001年8月12日凌晨,茂名站500 kV 江茂线线路保护装置和500 kV 母线保护装置同时动作出口跳开江茂线和#2主变变高开关。保护动作后,继电保护专业人员对保护装置及有关回路进行了全面检查,没有发现异常,保护装置整定值与省中调继电保护科下达的定值通知单相符。经过对相关的电气量进行细致的分析后,确认为线路和母线同时故障。

1 故障过程

1.1 500 kV 茂名站简介

500 kV 茂名变电站于1999年6月23日投产,是粤西地区第1座500 kV 变电站。500 kV 主接线为3/2开关的接线方式,由于目前是500 kV 终端变电站,只有一串完整的3/2开关串,母、母间经跨条联接,500 kV 部分一次接线如图1所示。

1.2 故障前500 kV 运行方式及故障过程简介

2001年8月12日,茂名站500 kV 母、母运

行,变高5021开关、江茂线5023开关、第I串联络开关5022运行,500 kV 江茂线并联电抗器运行。潮流从#2主变变高流入500 kV 设备,由江茂线传送功率至500 kV 江门站。4:26,茂名站江茂线主保护(高频方向)、主保护(高频距离)、距离段(3套)出口,跳开5023、5022三相开关。江门站江茂线主保护(高频方向)、主保护(高频距离)、距离段(3套)保护动作。同时,茂名站500 kV 母线保护动作,母差、母差出口,跳开5021三相开关。造成500 kV 母线失压。故障录波启动,线路测距为31.12 km。故障前江茂线向省主网送负荷366.7 MW。同时,江茂线江门站侧主保护(高频方向)、主保护(高频距离)出口,跳开江茂线三相开关。5:22,合上500 kV 侧第I串联络开关5022,江茂线恢复供电。

2 故障分析及保护动作行为评价

2.1 故障分析

微机保护的采样报告及故障录波的波形显示,

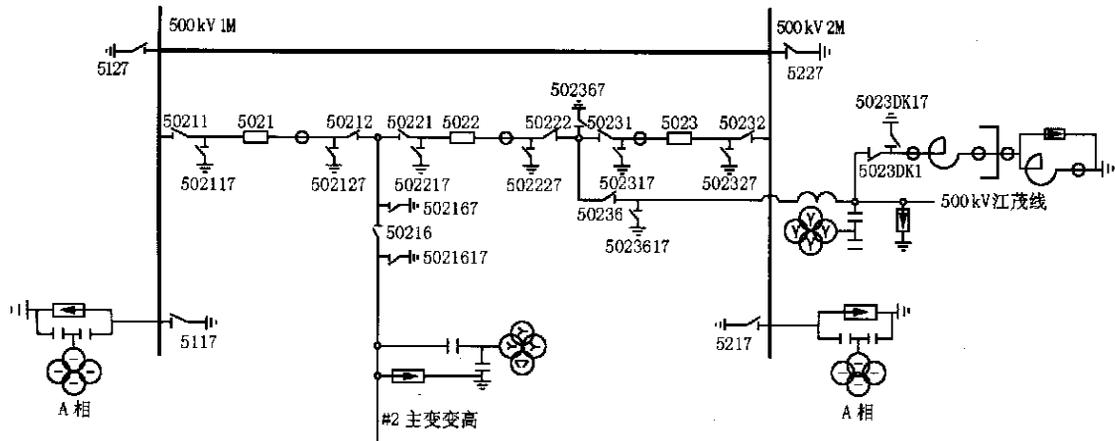


图1 茂名站500 kV 部分一次接线图

Fig. 1 Primary connection of Maoming 500 kV substation

均为 A、B 相接地故障。对江茂线查线发现距茂名站 40.5 km 处 A、B 相绝缘子和横担有雷击放电痕迹,与保护装置的测距基本相符。证实了江茂线保护装置的动作为正确。

对 500 kV 母线进行初步检查未发现异常。对母线保护进行各种故障的试验,母线保护的动作为均正确,并对电流互感器 (CT) 二次回路进行了检查,但 CT 二次回路未发现开路、短路或分流等异常现象。用充电保护合上 5023 开关向 500 kV 母线进行充电,正常后合上 5021 开关恢复 500 kV 设备的正常运行,并对二次回路进行了带负荷测试,但未发现异常。

经过对采样报告、录波图及相关资料的研究,我们认为 500 kV 母线 B 相存在故障的可能性较大。主要理由有:

1) 江茂线的故障电流 $I_{k\text{线}}$ 为 $I_{5022} + I_{5023}$, 流经

表 1 5021、5022、5023 开关各相电流采样值

Tab. 1 Sampling values of phase current on different switches

采样 序号	5021 开关				5022 开关				5023 开关			
	I_A	I_B	I_C	$3I_0$	I_A	I_B	I_C	$3I_0$	I_A	I_B	I_C	$3I_0$
- 2	- 0.44	0.12	0.06	- 0.24	- 2.49	1.55	0.18	- 0.72	0.48	- 0.36	0.01	0.13
- 1	- 0.44	- 0.03	0.01	- 0.48	- 2.98	1.16	0.15	- 1.71	0.50	- 0.69	0.03	- 0.10
0	- 0.36	- 0.25	- 0.03	- 0.70	- 3.03	0.29	- 0.06	- 2.87	0.42	- 1.05	0.08	- 0.42
1	- 0.22	- 0.48	- 0.08	- 0.81	- 2.52	- 0.86	- 0.32	- 3.75	0.32	- 1.31	0.13	- 0.81
2	- 0.08	- 0.62	- 0.13	- 0.84	- 1.60	- 1.88	- 0.55	- 4.17	0.15	- 1.43	0.18	- 1.07
3	0.10	- 0.64	- 0.10	- 0.69	- 0.57	- 2.54	- 0.69	- 3.93	0.01	- 1.43	0.20	- 1.21
4	0.17	- 0.55	- 0.06	- 0.48	0.36	- 2.66	- 0.70	- 3.15	- 0.15	- 1.28	0.13	- 1.23
5	0.20	- 0.37	- 0.03	- 0.22	0.95	- 2.21	- 0.58	- 1.95	- 0.18	- 0.88	0.10	- 0.89
6	0.12	- 0.12	0.03	0.01	1.08	- 1.28	- 0.36	- 0.69	- 0.13	- 0.44	0.03	- 0.48
7	0.00	0.06	0.06	0.13	0.65	- 0.15	- 0.10	0.29	- 0.01	- 0.05	0.00	- 0.03
8	- 0.13	0.22	0.10	0.17	- 0.12	0.83	0.12	0.83	0.13	0.20	- 0.03	0.34
9	- 0.29	0.25	0.10	0.06	- 1.00	1.52	0.29	0.72	0.29	0.24	- 0.03	0.51
10	- 0.37	0.18	0.08	- 0.12	- 1.87	1.69	0.32	0.08	0.39	0.01	- 0.03	0.41
11	- 0.37	0.00	0.05	- 0.36	- 2.39	1.28	0.22	- 0.96	0.42	- 0.32	0.01	0.17
12	- 0.30	- 0.22	- 0.03	- 0.57	- 2.42	0.39	0.03	- 2.07	0.37	- 0.67	0.05	- 0.20
13	- 0.17	- 0.41	- 0.05	- 0.69	- 1.94	- 0.69	- 0.22	- 2.98	0.25	- 0.96	0.13	- 0.55
14	0.01	- 0.53	- 0.06	- 0.67	- 1.10	- 1.69	- 0.48	- 3.39	0.08	- 1.16	0.13	- 0.86
15	0.03	- 0.48	- 0.05	- 0.48	- 0.10	- 2.30	- 0.60	- 3.18	- 0.03	- 1.29	0.12	- 1.12
16	0.05	0.01	0.06	0.10	0.88	- 2.68	- 0.70	- 2.64	- 0.01	- 1.43	0.00	- 1.41

2) 从故障录波图分析(故障录波图如图 2),江茂线 ($I_{5023} + I_{5022}$) 开关与 # 2 主变变高 ($I_{5021} + I_{5022}$) 开关的 A 相电流大小相等,方向相反;而 B 相电流大小有明显的差异。由于 500 kV 接线只一串开关,即只有一线路一主变共两个单元。江茂线故障时,流出 # 2 主变变高的电流理论上应与流向线路的电流大小相等,方向相反。实际上,流出 # 2 主变变高的 B 相电流 I_B 幅值大于流向线路的 B 相电流 I_B 幅值,这说明江茂线保护安装处与 # 2 主变变高保护安装处之间的 B 相存在着接地故障点 F。同

2 主变变高的故障电流 $I_{k\text{变}}$ 为 $I_{5021} + I_{5022}$, 由于 500 kV 茂名站只有一回线路和一回主变单元,若只在线路发生故障,由基尔霍夫定律得:

$$I_{k\text{线}} + I_{k\text{变}} = 0$$

瞬时值

$$i_{k\text{线}} + i_{k\text{变}} = 0$$

从断路器控制单元的采样报告分析,故障启动后,A 相电流的多个采样点 $i_{k\text{线}} + i_{k\text{变}} = 0$,B 相电流的多个采样点 $i_{k\text{线}} + i_{k\text{变}} \neq 0$,因此,理论上可推断出节点上的 B 相仍存在另一故障电流 i_k ,使得 $i_{k\text{线}} + i_{k\text{变}} + i_k = 0$ 。同理,母线上的两个开关 5021、5023 的电流应有 $i_{5021} + i_{5023} = 0$ 的关系,但故障启动后 A 相电流的多个采样点 $i_{5021} + i_{5023} = 0$,而 B 相电流的多个采样点 $i_{5021} + i_{5023} \neq 0$,由此推断,母线上仍可能存在故障点^[1]。5021、5022、5023 开关各相电流采样值如表 1 所示。

时,江茂线已发生 A、B 相接地故障,江茂线对侧不可能向故障点 F 提供短路电流,只能由 # 2 主变变高提供故障电流。反过来也说明了流出 # 2 主变变高的 B 相电流 I_B 幅值大于流向线路的 B 相电流 I_B 幅值的原因。对录波图作进一步分析,江茂线 A 相电压在故障后仍有一定的残压,B 相电压则几乎接近于零。根据线路两相接地故障高压母线处的电压变化规律^[2],两个故障相在保护安装处的电压有效值相等。因此,在接近江茂线保护安装处仍存在一个故障点,即母线存在 B 相接地故障点。两套母线

差动保护动作应为正确。

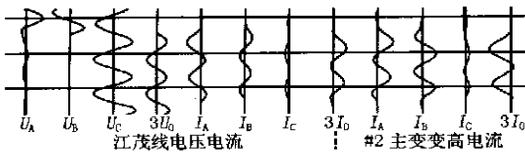


图2 江茂线及#2主变变高电流回路录波图

Fig. 2 Record diagram of current circuit in Jiangmen-Maoming line and No. 2 main station

3) 为了进一步分析母线差动保护是否因CT回路接线错误引起误动,我们分析了一起母线区外故障时的情况。7月26日,与茂名站相邻的220 kV榭平岭变电站的泥榭线A、B相接地故障,故障电流较大,此时茂名站的江茂线与#2主变变高的B相录波电流大小相等,方向相反,500 kV母线差动保护没有误动,说明500 kV母线差动保护的二次回路接线是正确的。

8月16日,我们停运茂名站500 kV母线进行攀线检查,发现、母线间的跨条B相靠江茂线侧绝缘子存在较新的放电痕迹,证明此处确是接地故障的故障点,也再次印证了以上分析。

2.2 保护动作行为评价

500 kV江茂线线路保护装置为许继四方分公司生产的CSL100系列数字式线路保护装置。母线保护装置为上海继电器厂生产的PMH150(RADSS/S)型母线差动保护装置。综上所述,由于线路的故障是因A、B相遭受雷击引起的两相接地故障,主I、主II保护动作,距离I段保护动作是正确的。由于线路重合闸采用单相一次重合闸方式,两相接地故障则跳三相开关,保护选相正确。同时,由于茂名站500 kV母线B相遭受雷击引起接地故障,母线差动保护动作行为正确。

500 kV江茂线线路保护装置是第1套应用在500 kV线路上的CSL100系列保护装置,该套保护装置于1999年6月23日投运至今,线路发生了9

次故障,故障类型从单相故障到两相接地故障,保护装置均能正确动作。母线差动保护装置在多次区外故障均能可靠判断,在区内故障同时发生区外故障时能可靠动作。

3 结束语

这次故障是一起同时发生的多相别、多故障点复杂故障,3个断路器(开关)几乎同时跳闸,这给故障分析带来一定的假象,误认为线路与母线同时故障几乎不可能发生,母线差动保护误动的可能性极高。同时,由于各断路器只有一套微机线路保护是按断路器配置,考虑各电流回路受零漂及采样精度的影响,流经各断路器的电流采样值没有绝对的可信度,这就降低了采样值故障分析结果的可信度,而故障录波没法提供流经各断路器的电流波形,给故障分析带来一定的困难。

针对这次故障,笔者认为对3/2断路器接线方式的超高压系统,电流回路应增加按断路器配置的故障录波。

参考文献:

- [1] 华北电力学院(North China Electric Power Institute). 电力系统故障分析(Fault Analysis of Power Systems) [M]. 北京:水利电力出版社(Beijing:Hydraulic and Electric Power Press),1992.
- [2] 朱声石(ZHU Sheng shi). 高压电网继电保护原理与技术(第二版)(Principle and Technology of Relay Protection in HV Network, Second Edition) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1997.

收稿日期:2003-09-24; 修回日期:2003-10-22

作者简介:

何开荣(1973-),男,学士,工程师,现从事继电保护及自动化技术的管理工作。

Analysis of "12 August" fault and operation evaluation of protection in 500 kV Maoming substation

HE Kai-rong

(Maoming Power Supply Branch, Maoming 525000, China)

Abstract: Status of "12 August" fault in 500 kV Maoming substation is introduced. Through the analysis of electrical components, this paper details the fault type and occurring causes, which is beneficial to the detection and elimination of fault points. The operation of protection equipment in this fault is also evaluated.

Key words: fault analysis; protection; evaluation;