

一起 20kV 分段开关击穿事故分析

张琦兵

(江苏省电力公司检修分公司南京检修分部, 江苏 南京 210000)

摘 要: 20kV 配电网一般采用经接地变以小电阻接地的方式运行, 本文介绍了一起 20kV 分段开关击穿事故, 对事故中接地变保护动作先跳本间隔断路器的动作行为进行了详细分析。分析指出, 如果在 20kV 系统中, 接地变保护在单相故障发生时先跳开接地变断路器, 会导致系统从小电阻接地系统过渡为不接地系统, 不能有效切除故障, 还可能导致非故障电压升高, 加剧故障的发展。所以接地保护出口跳闸矩阵的整定应充分考虑接地变的联接方式从而在切除单点接地故障时能联跳主变低压侧断路器, 以达到隔离故障点的目的。

关键词: 20kV; 小阻抗接地; 接地变; 分段开关

0 引言

随着经济的大力发展, 城市建设速度不断加快, 各个城市中形成了负荷密集区, 传统的 10kV 配电网已不能满足城市发展的需求。江苏电网率先改革, 实践并证实了 20kV 替代 10kV 实现负荷密集区配电网方案的可行性。同时, 文献[1-7]经过实践分析、理论论证, 也肯定了 20kV 配电网的经济优越性。

与 10kV 配电网相比, 20kV 有很多不同的特点。在中性点接地方式上, 10kV 普遍采用经消弧线圈接地, 而在城市电网中, 20kV 主要采用电缆线路, 分布电容大, 出于经济性、设备绝缘水平、系统过电压水平等因素的综合考虑, 20kV 配电网系统中, 更建议采用经小电阻接地方式。

与不接地配电网不同, 经小电阻接地的系统中发生单相接地故障时有较大的故障电流和零序电流。所以不能像不接地配电网中可以继续运行 2 个小时, 必须利用电流信息将故障点切除。而在有接地变的系统中, 不同断路器在故障后的切除顺序也影响到故障的发展和系统的可靠运行。文中介绍了一起 20kV 分段开关击穿的故障, 根据故障的发展进程对接地变保护的動作行为进行了仔细分析, 以为 20kV 配电网中接地变保护跳闸矩阵的整定提供一些经验。

1 故障与分析

1.1 故障现象

2012 年 5 月 1 日, 某 220kV 变电站 20kV 分段开关柜 A10 炸毁, 造成 1 号接地变过流 II 段和零序 I 段保护动作跳开 104 断路器、2 号主变过流后备 I 段动作跳开低压 1 分支 102 断路器, 同时 1 号主变低压 1 分支 101 断路器跳闸。

1.2 故障分析

某变电站的一次接线示意图如图 1 所示, #3 主变为远期规划, 本期没有。故障前 #1 主变及三侧断路器、#2 主变及三侧断路器正常运行, A10 断路器和 B10 断路器开环运行, C10 断路器固定联接合环运行。

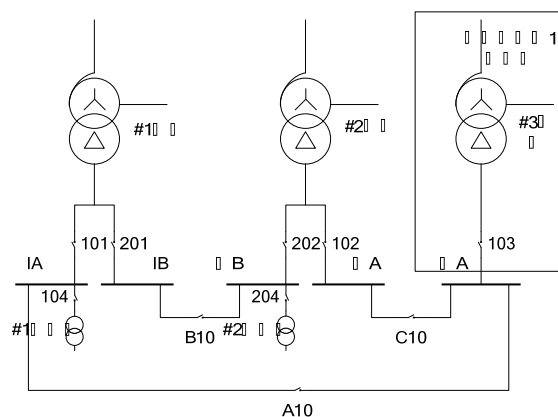


图 1 某 220kV 变电站一次接线示意图

5 月 1 日 8 时 10 分发生故障, 故障造成 101、104 和 102 断路器跳闸, A10 开关柜及屏柜上的备自投保护装置烧毁。故障后检修人员赶赴现场进行了故障分析, #1 接地变 104 断路器和 #2 主变 1 分支 102 断路器由于保护装置上有详细的报文, 跳闸原因很明显。而对于 #1 主变 1 分支 101 断路器, 1 号主变

保护仅有启动，没有出口，#1 接地变跳闸矩阵的整定方式为零序Ⅱ段跳 101，但是保护装置中并没有零序Ⅱ段动作报文，而A10 的备自投保护装置已经烧毁，无法查出 101 断路器的跳闸原因，两台接地变只有一台动作的原因也是一个需要分析的要点。

由于此变电站中的接地变兼作所用变，故障发生以后，只有一台所用变运行，运行方式较为薄弱，随后调度人员下令将 101 断路器进行了试送，希望能恢复两台所用变互为备用的运行方式，然而 101 断路器合闸后总是出现自动分闸的情况，无法正常投运。

故障发生以后，现场调取了两台故障录波器和 1 号接地变录波情况，结合SOE报文，还原出故障发生顺序如表 1。

表 1 故障发展时间顺序

故障时间	故障发展情况
0ms (8:10:38)	A10 靠 IIIA 母线侧发生 B 相对地放电；#2 接地变保护启动；#2 故障录波器启动。
53ms	A10 靠 IIIA 母线侧发生三相接地短路；#2 接地变 204 故障电流消失，保护返回；#2 主变保护启动；#1 号故障录波器启动。
72ms	A10 靠 IA 母线侧发生 A 相对地放电；#1 接地变保护启动。
1079ms	#1 接地变 104 开关过流Ⅱ段、零序Ⅰ段动作跳 104。
1384ms	#2 主变低后备保护Ⅱ段 2 时限动作，跳开 102 开关。
8:13:30	#1 主变变三侧 1 分支 101 跳闸。

由事件的进展顺序可以更清晰的解释最初的疑问：

1) 为什么两台接地变只有一台保护动作：因为IIIA段母线只经历了 53ms的B相接地故障，而后转为三相故障。B相接地故障时，过流保护Ⅱ段和零序过流I段保护达到定值，进入延时程序，但是转为三相故障后，接地变流变感受到的电流为零，所以保护返回。

2) 101 断路器跳闸的原因：从上面的过程可以看出，101 的跳闸在故障开始 3 分钟后，所以几乎不可能是保护出口造成的，从后面试送过程可以看出，101 断路器的跳闸是由于A10 开关柜烧毁后二次电缆的短路所致。在后续的处理过程中，解除A10

开关柜所有电缆后 101 断路器试送成功也得到相应的验证。

2 接地变保护分析

2.1 保护动作情况

从事件顺序可见，除了#1 主变变三侧 1 分支 101 断路器，其他保护都是正确动作，但是，A10 开关柜内的放电只是在 101 断路器跳开后才结束。从 SOE 报文也看到，在 104 和 102 断路器跳开后，IA 段母线也不停在发接地信号。

仅从如图 2 所示的接地变保护定值单来看，接地变保护的動作是完成正确的，然而考虑到 104 保护出口以后并没有真正切除故障，所以#1 接地变 104 保护在过流Ⅱ段、零序Ⅰ段只动作出口跳 104 断路器是很值得商榷的。

2.2 接地变接于低压母线保护讨论

对于接地变接于母线处的小电阻接地配电系统，配电系统发生单相接地故障的位置可能有如图 3 所示四种。

1) 如图 3 a)当在接地变间隔有单相接地时，接地变 CT 不能感受到零序电流；只能靠接地变本身的过电流保护切除故障；

2) 当在变压器低压侧单相接地，接地变和主变低压侧都能感受到零序电流；主变低压侧设置零序电流后备保护跳开各侧断路器切除故障；

3) 当在低压母线上发生单相接地故障，只有接地变能感受到零序电流；接地变零序过流保护须联跳主变低压侧断路器才能切除故障；

4) 当在出线间隔上发生单相接地故障，接地变和此出线间隔都能感受到零序电流。可以由出线本身的零序过流保护切除故障，接地变的零序过流保护作为其后备。

低电压保护定值	/		
过流Ⅰ段时间	0.2"		跳#1接地变
过流Ⅱ段时间	1.0"		跳#1接地变
过流Ⅲ段时间	/		
正序反时限时间	/		
过负荷报警时间	6.0"		
负序过流Ⅰ段时间	/		
负序过流Ⅱ段时间	/		
零序Ⅰ段时间	1.0"		跳#1接地变
零序Ⅱ段时间	1.5"		跳#1主变101开关并闭锁A10备自投
零序Ⅲ段时间	6.0"		告警

图 2 1 号接地变保护定值单

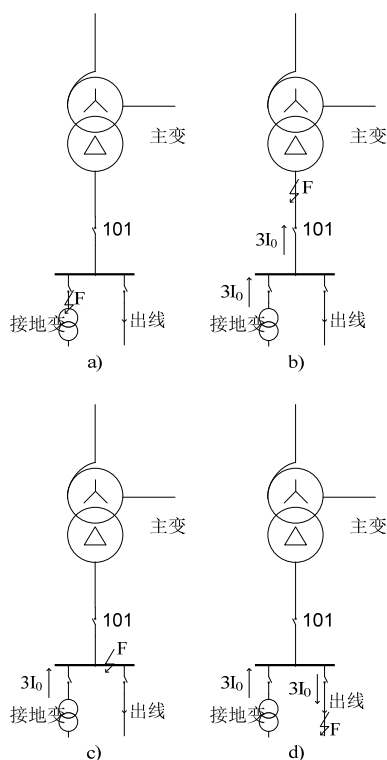


图 3 接地变接于母线时单相接地故障零序电流

综上所述分析,在有接地变接于母线的小电阻接地系统中,当接地变感受到零序电流时,一定是配电系统产生了单相接地故障。如果接地变此时先动作切断本间隔断路器,则系统转化为不接地配电网,故障点仍存在,电网中的零序电流为电容电流,而非故障相电压升高为线电压,此时很容易因为过电压导致设备损坏。

所以,正是出于上述过电压考虑,在 DL/T 584-2007 有关 3-110kV 电网继电保护装置运行整定规程中规定:“低电阻接地系统必须且只能有一个中性点接地运行,当接地变压器或中性点电阻失去时,供电变压器的同级断路器必须同时打开”。对于保护的跳闸出口方式则有如下表述:“接地变压器接于变电所相应的母线上,零序电流 I 段保护动作跳母联开关;零序电流 II 段保护动作跳供电变压器同侧开关”。

对比定值单与相关规程可知,图 3 所示接地变跳闸出口的定值整定方式是存在问题的,导致的结果是在 1079ms 时 104 断路器断开后,IA 段母线和 IB 段母线联接的配电网成为不接地系统,而单相接地故障不仅没有消失,且更可能是随着非故障相电压的升高而加剧,最终导致了 A10 开关柜的烧毁。

2.3 接地变接于主变低压侧保护讨论

当接地变接于主变低压侧时,配电网中单相接地故障时的零序电流和 2.2 节中的不完全相同。

如图 4 所示:

1) 如图 4-a),当接地变间隔单相接地时,接地变 CT 感受不到零序电流,只能依靠接地变的过电流保护切除故障;

2) 如图 4-b),当主变低压侧单相接地故障时,只有接地变能感受到零序电流,可以设置主变低压侧零序电压保护(经接地变零序电流闭锁)后备保护联切主变三侧开关切除故障;

3) 低压母线发生单相接地故障,主变低压侧能采集到零序电流,可以设置低压侧零序过电流保护切掉低压侧断路器并闭锁各自投隔离故障;

4) 当出线发生单相接地故障时,接地变、主变低压侧和线路保护都能感受到零序电流,可由线路零序过流保护切除故障,主变低压侧和接地变零序过流保护作为后备;

对于接于主变低压侧的零序过流保护跳闸矩阵的整定,则可以参考如下:零序电流 I 段保护第一时间跳母联开关,第二时间跳供电变压器同侧开关;零序电流 II 段保护动作跳供电变压器各侧开关^[8]。

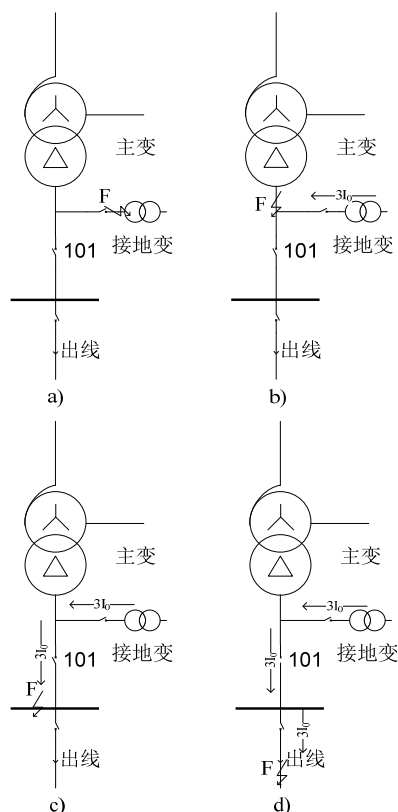


图 4 接地变接于主变低压侧时单相故障零序电流

3 结论

与传统的 10kV 配电网不同, 20kV 配电中网采用了接地变形式的小电阻接地方式, 相对于 10kV 配电网, 20kV 配电网中单相接地的处理方法截然不同。由于有较大的短路电流, 必须及时的切除故障、防止故障的扩大。

目前配电网中广泛采用了备自投, 为了提高供电可靠性, 主变低压侧也多采用双分支的情况, 这无疑加大了接地变保护、主变低压侧后备保护、备自投保护的跳闸矩阵定值整定的难度, 也加大了各保护相互配合的难度。尽管如此, 相关规程也出台了相应的整定原则, 保护定值的整定实则有规可循。文中介绍了一起分段开关故障, 暴露出来接地变定值整定上有欠考虑的地方。同时, 本文详细分析了接地变不同联接方式下单相接地零序电流的不同, 介绍了各种情况下切除故障采用的保护, 为 20kV 配电网的发展提供一些实践经验。

参考文献:

- [1] 张勇军, 李启峰, 梁锦照. 220/20kV 电压序列的技术经济性分析[J]. 电网技术, 2011(08):155-160.

- [2] 魏庆海, 吕鸣镝, 周莉梅, 范明天. 配电网采用 20kV 供电的前景分析[J]. 电网技术, 2008(23):61-66.
- [3] 马晓东, 姜祥生. 苏州电网 20kV 配电电压的应用与发展[J]. 电力设备, 2008(09):1-5.
- [4] 马苏龙. 20kV 电压等级在配电网中的应用[J]. 电网技术, 2008(19):98-100.
- [5] 李子韵, 姜宁. 20kV 电压等级在南京中压配电网的推广应用[J]. 电力系统自动化, 2008(20):104-107.
- [6] 程杰, 向铁元, 张贺, 李敏. 20kV 电压等级经济性比较论证[J]. 电力系统及其自动化学报, 2011(05):125-130.
- [7] 许颖. 我国城市配电网技术改造浅析——中压配电 10kV 应升至 20kV[J]. 电网技术, 1998(12):13-16.
- [8] DL/T 584-2007. 3-110kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].

作者简介:

张琦兵 (1985—), 男, 硕士, 助理工程师, 从事电力系统二次系统检修工作。