

一起由电缆接头故障引发的高速铁路保护和测距的分析

王 丹

(南京国电南自轨道交通工程有限公司, 江苏 南京 210032)

摘 要: 文章由一起电缆接头故障引起的高速铁路停电事件, 分析了全并联 AT 供电方式下的馈线保护和故障测距装置的动作行为, 针对实际运行中的一些问题提出了改进措施。提出在变电所馈线断路器合并运行时, 应按照上下行线路合并运行时的线路状况来计算馈线保护的整定值, 提出采用电压突变量和 GPS 对时结合的方式来实现测距功能, 并指出在用线性电抗测距原理计算故障点距离时应考虑上行和下行线路的全长。

关键词: 高速铁路; 馈线保护; 测距装置; 电压突变量; 上下行线路全长

0 引言

高速铁路的牵引供电系统采用全并联 AT 供电方式, 其适用的保护和测距原理与以往电气化铁道的直供和 BT 供电方式有所不同。鉴于高速铁路的重要性, 对保护动作的可靠性和故障测距的准确度要求更高。当接触网发生故障导致保护动作后, 故障点的准确定位, 对及时排除故障恢复行车至关重要。

本文通过一起因上网点电缆接头故障引起的高速铁路停电事件来分析馈线保护装置和故障测距装置的特性, 并提出一些改进措施。

1 故障概况

201X 年 1 月 17 日 01: 56: 24.435 某高速铁路牵引变电所上行线路 212 馈线保护装置跳闸, 阻抗 I 段保护出口, 接着 01: 56: 24.609 下行线路 211 馈线保护装置的阻抗 I 段保护出口。上下行线路均跳闸, 分别于 2 秒后自动重合闸, 212 线路重合闸后, 线路再次跳闸, 而 211 线路重合闸后送电成功。

在 01: 59: 21 时, 调度远程操作 212 断路器, 对其控合后, 212 馈线保护装置再次跳闸。

将上下行断路器和隔离开关 212、2121、211、2111 全部遥控分开后, 对上行和下行线路逐一送电, 发现上行线路无法送电, 而下行线路能正常送电。上行线路通过 AT 所兼分区所的并联线路由下行断路器送电, 同时令 AT 所的自耦变压器从线路上解列, 从而暂时恢复行车。

后抢修人员在线路上排查故障时, 发现是变电所上行线路上网点电缆接头处发生故障, 导致上行

线路无法正常供电。

本次故障涉及的牵引变电所和 AT 所及线路上的主接线如图 1 所示。其中, 212、2121 为变电所上行线路的馈线断路器及隔离开关, 211、2111 为变电所下行线路的馈线断路器及隔离开关, 3111 和 3121 为变电所供电电缆上网点的隔离开关, 272、2721 为 AT 所上行线路的馈线断路器及隔离开关, 271、2711 为 AT 所下行线路的馈线断路器及隔离开关, XXXX 和 XXXX 为 AT 所供电电缆上网点的隔离开关, 上行和下行线路由 AT 所末端并联。

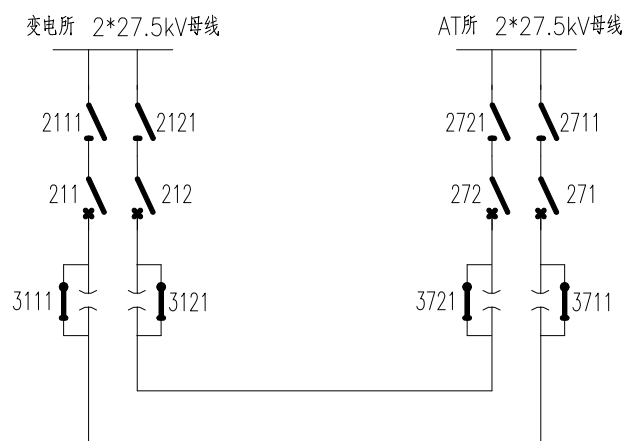


图 1 线路一次接线示意图

2 保护动作和测距结果分析

2.1 馈线保护配置

变电所 212 和 211 馈线保护的配置是: 阻抗 I 段为主保护, 动作时限为 100ms; 低电压启动的过流保护, 动作时限为 100ms; 配备一次重合闸, 时间定值为 2000ms。

AT 所兼分区所的 272 和 271 馈线保护的配置

是：失压保护，动作时限为 1s；检有压重合闸，时间定值为 3s。

2.2 保护动作分析

01: 56: 24.335 时，馈线 212 保护装置检测到上行线路的故障电流，此时线路阻抗在阻抗 I 段的动作区内，从而在延时 100ms 后，保护出口导致断路器跳闸。因为 AT 所将上下行线路并联，所以在 212 断路器跳闸后，由于下行断路器 211 未跳闸，所以线路并未失压，此时故障仍然存在线路上，导致 211 馈线保护装置达到阻抗 I 段的动作值，所以在 01: 56: 24.609 时，211 馈线保护装置出口跳闸，导致上下行线路都失压，经过 1s 后 AT 所的 271 和 272 失压跳闸，上下行线路取消并联，AT 所的自耦变压器从线路上解列，线路转换为直接供电方式。

212 馈线保护装置跳闸出口 2s 后，自动重合闸，由于故障在上行线路上，所以重合闸后，阻抗 I 段再次出口，导致上行线路失电。211 保护装置跳闸出口 2s 后自动重合闸，由于下行线路无故障，且上下行线路已经取消并联，所以线路重合后没有再次跳闸。

跳闸报告如表 1 所示。

表 1 保护和测距报告

报告时间	装置名称	故障点位置
01: 56: 24.435	212 保护装置	8.23 Km
01: 56: 24.435	故障测距装置	3.98 Km
01: 56: 24.609	211 保护装置	13.21 Km
01: 56: 26: 630	212 保护装置	9.66 Km
01: 59: 30: 283	212 保护装置	9.20 Km
01: 59: 30: 283	故障测距装置	3.91 Km

从上述分析来看，馈线保护装置的动作行为正确无误。从故障报告来看，馈线保护的动作报告中包含了故障点位置，该结果是由公式 1 得到的电抗值，根据线性电抗法计算得到的。

$$X = \text{Im} \left(\frac{\dot{U}_T - \dot{U}_F}{\dot{I}_T - \dot{I}_F} \right) \tag{1}$$

从公式 1 可看出，该公式显然对 AT 供电方式下的测距是不适用的，因此此时馈线保护装置故障报告中的故障点距离不应做为此时线路检修的依据。

只有当线路上的 AT 自耦变压器解列，线路供电变成直供方式时，才适用线性电抗测距原理。且在 T 线故障和 F 线故障时应采用不同的线路电抗计算公式，如下公式 2 和公式 3。

$$X = \text{Im} \left(\frac{\dot{U}_T}{\dot{I}_T} \right) \tag{2}$$

$$X = \text{Im} \left(\frac{\dot{U}_F}{\dot{I}_F} \right) \tag{3}$$

2.3 故障测距分析

在线路故障期间，变电所 212 馈线保护一共跳闸 3 次，其中第 1 次为故障跳闸，第 2 次为重合闸后跳闸，第 3 次为手合在故障上的跳闸。第 1 次跳闸时，故障测距装置启动，并指示故障位置在 3.98km 处；第 2 次跳闸时变电所故障测距装置启动了，但是未计算出故障点距离；第 3 次跳闸时，故障测距装置启动，并指示故障位置在 3.91km 处。

具体原因分析如下：

AT 供电方式下的故障测距装置采用的是吸上电流比测距原理，配置示意图如图 2 所示。变电所测距装置为 A 型，AT 所配置 B 型测距装置。A 型测距装置根据阻抗和电流来启动测距功能（其定值与馈线保护对应的定值一致）。B 型测距装置可采用电压突变量来启动测距功能；也可采用 GPS 对时方式，即在收到 A 型装置的启动报文后，根据报文中的时标来上送对应交流量数据，两种方式可选择^[1]。

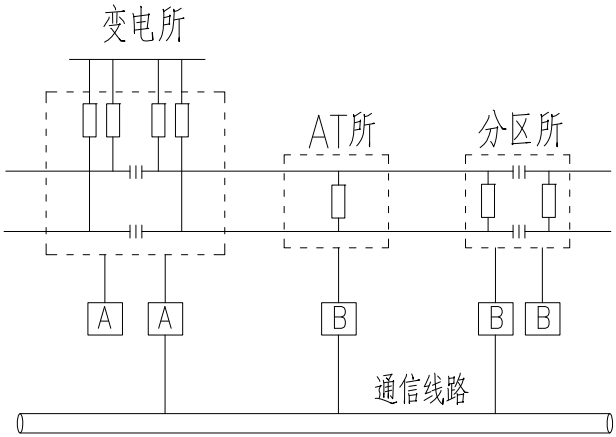


图 2 测距装置配置示意图

图 3 为 AT 所的部分主接线示意图。B 型测距装置的交流电压接入的是下行线路的 T 线和 F 线电压（对应 1YHT 和 1YHF 两个电压互感器），并未接入上行线路的 T 线和 F 线电压（对应 2YHT 和 2YHF）。

从图 3 可以看出，因为本次故障时，AT 所的故障测距装置采用的“电压突变量”启动方式，只有在电压突降达到定值时才会上送 AT 所电压和电流数据^[1]，在 212 第 2 次跳闸时，211 断路器跳闸导致下行线路已经失电，所以 AT 所的 B 型测距装置未能

启动并上送交流量值,因此变电所A型测距装置未收到B型装置的数据,从而未计算出故障点距离。

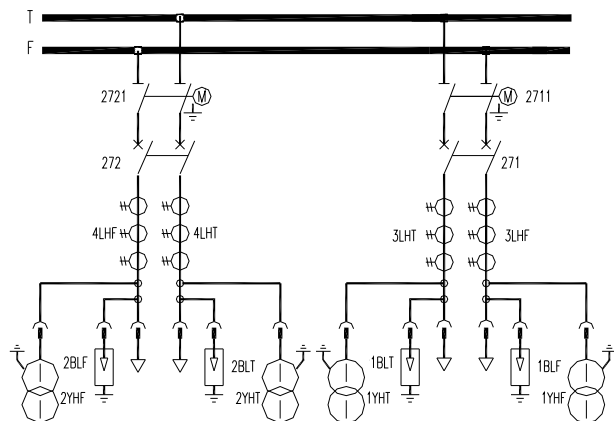


图3 分区所主接线示意图

3 建议

从此次接触网故障事件来看,在线路故障后的检修过程中,由下行线路通过AT所实现上下行线路的同时供电。因此211馈线保护装置的保护定值应该按照两台断路器合并运行时的线路状况来整定。

另外在此期间若接触网再发生故障,故障测距装置应该能正常启动并给出故障点距离。此时线路是直供方式,应采用线性电抗测距原理来计算故障点距离,线路的长度应该由上行和下行线路长度相加得到。

变电所和接触网上网点之间供电线电缆也有可能发生故障,因此故障测距装置应将供电线电缆的长度考虑在测距距离中,而不是只考虑接触网的长度。

AT所的测距装置应该将线路的上行和下行电压全部接入,以免电压突变量无法启动测距功能。

4 结论

鉴于高速铁路运行的特殊性,故障发生后线路快速恢复行车至关重要,因此检修人员对保护能否正确动作、故障测距装置能否正确启动并指示故障距离很重视。文中提出了几点对保护装置和故障测距装置的改进措施和注意事项,总结如下:

(1) 在AT全并联供电方式下,线路故障点的位置应该以故障测距装置的为准,馈线保护装置动作报告中的故障点距离无参考意义。

(2) 在变电所馈线断路器两台合并为一台运行是,馈线保护装置的定值应按照合并运行时的线路状况来整定。

(3) AT所测距装置应采取突变量启动和GPS对时方式相结合的方式来实现测距功能。

(4) 应将上行线路和下行线路电压全部接入故障测距装置。

(5) 故障测距装置采用线性电抗比测距原理计算故障点距离时,线路全长应为上行和下行线路长度相加。

(6) 故障测距装置在计算时应考虑供电线电缆的长度。

参考文献:

- [1] 国电南京自动化股份有限公司.WGB-65U 微机故障测距装置技术说明书[Z].南京:国电南京自动化股份有限公司,2011.

作者简介:

王丹(1979—),女,江苏大丰人,工程师,从事继电保护装置的开发,E-mail: sherly_wang@163.com。