

一起因接线错误造成110kV距离保护延时动作的原因分析及处理

赵磊

国网晋城供电公司

摘要：介绍了综合自动化变电站某110kV出线间隔发生线路单相接地故障，继电保护设备的动作情况，讨论了接地距离I段延时出口的原因，并通过综合分析，对故障环节提出了相应的缺陷处理方案，使维护人员对110kV线路接地故障及保护设备动作逻辑有了更深入的了解，对提高变电站自动化现场维护工作起到了积极作用。

关键词：变电站；继电保护设备；延时出口；动作逻辑

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.062

引言

在变电站自动化系统中，继电保护的重要性不言而喻，继电保护的重要任务就是要保证设备的安全。而继电保护在设备发生故障时，若因保护装置自身的原因而不能及时的将故障设备切除，会造成电气设备被进一步破坏，同时也使得电网中其余没有故障的部分遭到破坏（主要表现为短路，电流过大引起熔断等），对电网安全与电力系统所产生的影响是很大的。继电保护拒动，将造成越级跳闸，扩大事故停电的范围，造成更大的损失。下面我们将通过一起因二次接线错误造成继电保护装置接地I段保护延时动作的过程及原因分析，研讨日常维护及监盘等工作环节的重要性。

一、故障异常情况

甲侧某220kVA站110kVA线111间隔出线A相故障，CSC-161型保护装置启动，578ms接地距离I段保护出口

动作，开关跳开。乙侧110kVB站1号主变间隙瞬时击穿，高后备保护DSA2326装置523ms间隙过流I段2时限动作，跳开主变三侧开关。

注：110kVB站为内桥接线，1号主变没有高压侧开关，其高压侧由110kV进线121间隔与分段100间隔构成，如图1。

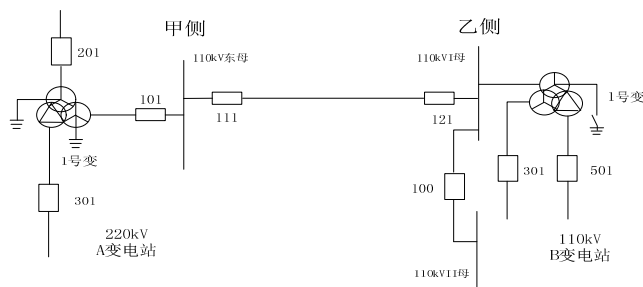


图1 系统简图

异常现象：接地距离I段保护为主保护，应0S速动，而本次故障出现了578ms的延时，接地距离I段出现的“拒动”现象，为本文重点研究的现象。

二、保护动作情况分析

（一）甲侧动作分析

保护动作情况：甲侧CSC-161保护装置2ms保护启动，578ms接地距离I段保护出口，619ms开关跳开，故障测距1.3km，故障电流9000A。

通过保护装置自身录波进行分析得出，故障发生后，110kV A线111间隔保护启动，启动判据为接地距离II、III段和零序III、IV段，18ms后接地距离II、III

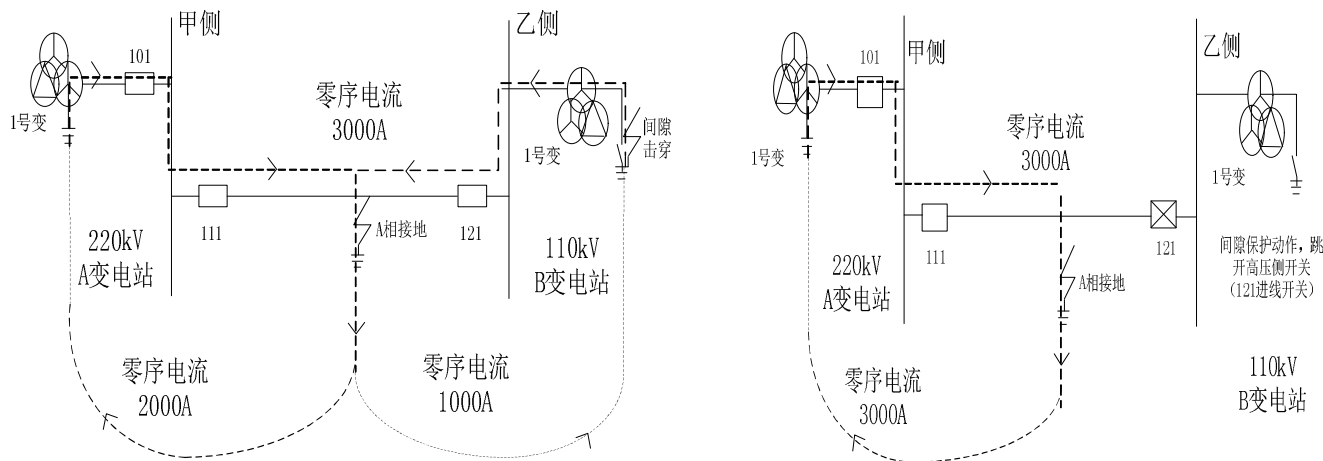


图2 121断路器切除前后故障点零序电流流向图

段启动判据消失，故障持续至527ms时接地距离I、II、III段判据出现，但判据闪动，直至578ms接地距离I、II、III段判据稳定，此时接地距离I段保护出口。

保护整组启动后，接地距离I段保护未能及时启动并出口的原因：

CSC-161型保护装置接地距离保护方向判别为：对于不对称故障，距离保护采用负序方向元件把关。当负序方向元件反向时，比较负序电流和零序电流大小，负序电流大则按照负序方向原件判别，零序电流大则按照零序方向原件判别。

从录波图中可看到546ms前，甲侧保护安装处负序电流大于零序电流，而负序方向原件一直判别为反方向，因此接地距离I段未启动。546ms后由于乙侧110kVB站主变间隙过流保护跳开三侧断路器，通过乙侧110kVB站主变间隙的零序电流转到甲侧220kVA站侧，此时甲侧保护安装处零序电流与负序电流相等或略大（如图2），578ms时接地距离I段判为正向，保护出口。

可以得出：距离I段延时500ms动作的原因为：乙侧主变间隙瞬时击穿后，高后备间隙保护500ms后保护动作，跳开三侧开关，切除B站侧零序电流通路，使得零序电流与负序电流大小相等，开放了接地距离I段出口逻辑。

（二）乙侧

保护动作情况：110kVB站为分列运行，由110kVA线121带1号主变。故障开始后1号主变间隙瞬时击穿，300ms 1号主变高后备保护DSA2326间隙过流I段1时限动作，500ms后高后备间隙过流I段2时限动作，跳开主变三侧，间隙电流1000A。

乙侧保护满足动作条件，为正确动作。

三、现场检查项目

（一）甲侧CSC161保护校验

（1）定值单核查，装置内系统参数、定值、控制字、软压板等与调控下发定值单完全一致。

（2）故障前后装置告警、动作、操作、自检记录检查，未发现异常。

（3）距离保护、零序过流保护、TV断线过流、重合闸等保护功能定值、时间、整组传动校验，保护校验合格，开关动作正确。

（二）二次回路检查

保护屏外部接线检查正确，保护屏内部配线检查发现保护用电压空开下侧接线错误，BC相接反。

四、关于故障中的零序功率元件与负序功率元件判别的理论分析

首先，此次接地距离I段延时动作的直接原因为，保护装置所用的BC相电压线接反，造成负序元件一直反向的原因。下面我们从几个方面进行理论分析。

1) 正常状态下的二次电压序分量正序、负序、零序电压如下，

$$\dot{U}_1 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha \dot{U}_B + \alpha^2 \dot{U}_C) = 57V$$

$$\dot{U}_2 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha^2 \dot{U}_B + \alpha \dot{U}_C) = 0$$

$$\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_{A0} + \dot{U}_{B0} + \dot{U}_{C0}) = 0$$

2) BC相电压接反非故障状态下的二次电压序分量正序、负序、零序电压如下，

$$\dot{U}_1 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha \dot{U}_B + \alpha^2 \dot{U}_C) = 0$$

$$\dot{U}_2 = \frac{1}{3}(\dot{U}_A + \alpha^2 \dot{U}_B + \alpha \dot{U}_C) = 57V$$

$$\dot{U}_0 = \frac{1}{3}(\dot{U}_{A0} + \dot{U}_{B0} + \dot{U}_{C0}) = 0$$

3) A相接地故障时，BC相电压接反故障状态下的电压序分量如图3

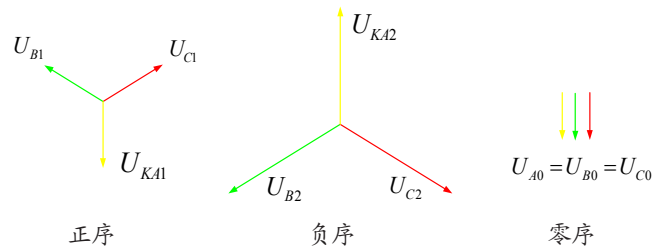


图3 BC相电压接反发生A相接地故障时的电压序分量图

故障时A、B、C相电压值分别为10V∠0°、57V∠240°、57V∠120°，此时正序、负序、零序二次电压如下，

$$\dot{U}_{K1} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{KA} + \alpha \dot{U}_{KB} + \alpha^2 \dot{U}_{KC}) = -15.6V$$

$$\dot{U}_{K2} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{KA} + \alpha^2 \dot{U}_{KB} + \alpha \dot{U}_{KC}) = 41.33V$$

$$\dot{U}_{K0} = \frac{1}{3}(\dot{U}_{KA} + \dot{U}_{KB} + \dot{U}_{KC}) = -15.6V$$

4) A相接地故障时，BC相接反状态下的电流序分量如图4

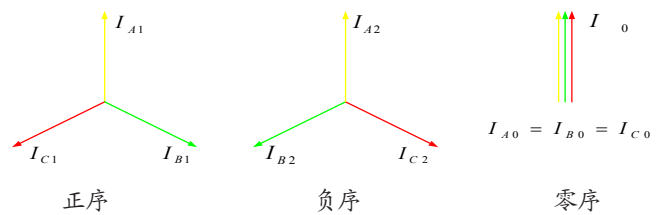


图4 BC相电压接反发生A相接地故障时的电流序分量图

故障时候故障点故障电流为一次9000A，故障点正序、负序、零序电流为，

$$\dot{I}_{K1} = \dot{I}_{K2} = \dot{I}_{K0} = 1/3 \dot{I}_{KA} = 3000A$$

5) 根据《CSC-161（162）（163）系列数字式线路保护说明书》所解释，接地距离保护采用负序方向元件把关，负序、零序方向如下，

$$\text{负序方向元件正向区为： } 18^\circ \leq \arg(3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) \leq 180^\circ,$$

$$\text{负序方向元件反向区为： } -162^\circ \leq \arg(3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) \leq 0^\circ;$$

$$\text{零序方向元件正向区为： } 18^\circ \leq \arg(3\dot{I}_0/3\dot{U}_0) \leq 180^\circ,$$

零序方向元件反向区为： $-162^\circ \leq \arg(3\dot{I}_0/3\dot{U}_0) \leq 0^\circ$

根据故障电压、电流序分量图分析可得出结论，BC电压相序接反后， $\arg(3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) = 0^\circ$ ，负序方向元件处于反向区，故障全过程中负序元件不会开放接地I段保护逻辑； $\arg(3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) = 180^\circ$ ，零序方向元件处于正向区，不受BC电压相序反向影响。

则本次故障中，开放接地距离I段保护逻辑的关键在于零序电流和负序电流大小的比较。

6) A相接地故障时，前500ms内故障点零序和负序电流序分量图如图5，

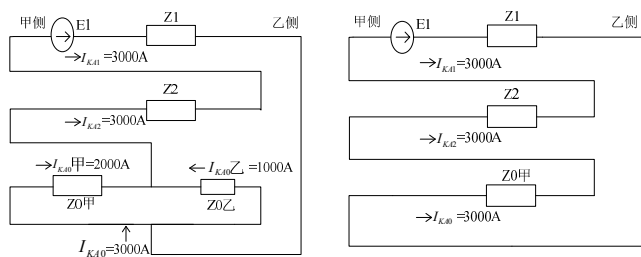


图5 故障500ms前后故障点电流序网图

根据大电流接地单相短路计算公式得出，故障500ms前：

$$\dot{I}_{KA1} = \dot{I}_{KA2} = \dot{I}_{KA0} = \frac{E1}{Z1 + Z2 + \frac{Z0甲}{2}} = 3000 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{KA0甲} = 2000 \text{ A} < \dot{I}_{KA2} = 3000 \text{ A}$$

前500ms内，乙侧主变间隙保护未切除进线开关时，由于Z0乙的存在，此时存在零序电流通路，流过甲侧保护安装处的零序电流为2000A，小于负序电流3000A。所以，前500ms内，甲侧保护安装处负序电流大于零序电流元件，而负序元件处于反向，所以没有开放接地距离I段出口。

根据大电流接地单相短路计算公式得出，故障500ms后：

$$\dot{I}_{KA1} = \dot{I}_{KA2} = \dot{I}_{KA0} = 1/3 \dot{I}_{KA} = 3000 \text{ A}$$

分析结果：500ms过后，乙侧B站主变间隙保护动作，切除了乙侧的零序电流通路，使得甲侧保护安装处零序电流与负序电流大小相等，此时负序方向元件仍处于反向区不动作，零序方向元件处于正向区动作，零序方向元件开放了接地距离I段出口逻辑。

五、关于BC相电压反相保护装置无告警信息的原因分析

根据《CSC-161(162)(163)系列数字式线路保护说明书》中描述，为防止电气化铁路、大型冶炼电炉等冲击负荷造成突变量起动元件频繁起动，当所有保护元件均不动作，100ms后保护立即整组复归，称无故障快速整组复归，此功能是否投入可由控制字选择。

本条线路保护定值中“无故障快速复归控制字”为投入状态，根据装置逻辑设定，当此控制字投入时自动退出相序判别报警功能。

六、暴露问题

(1) 二次安全措施布置位置选择不合理、二次安全措施票执行不到位。反映出现场工作人员安全意识淡薄，主动思考能力不足，“图省事”思想严重；监护人员的工作流于形式，监护行为只在口头，不在手头，把关不严。

(2) 送电过程中装置检查流程标准化执行不到位。反应在检修工作主体结束后，思想提前放松，送电后检查工作行为粗糙，未按标准化作业行为打印采样、开入量等，只是简单看一下装置无告警就认为装置运行正常。

(3) 专业化巡视不细致，巡视卡填写流于形式。专业化巡视工作中“图快、完任务”思想严重，工作行为上存“在看着后台集中填写巡视卡”的行为，过度相信装置告警功能，定值检查工作存在“只核对不思考”的现象。

(4) 运维人员基础工作管理差，工作任务检查不到位。班组工作中，存在只想表亮点，显业绩的思想，基础工作管理松懈，工作任务有布置，无检查，只求量，不论质。

(5) 现场人员责任心差，工作态度浮躁。班组人员存在眼高手低、动手能力差，执行力不足的现象，工作态度上不能立足本职，主动思考，往往是领导说一句动一下，责任心缺失。

结语

本文通过直接原因、理论原因的方式对此次保护拒动进行查找与分析，在整个查找分析过程中，充分暴露出运维、监控、二次等各人员责任心的缺失，业务技能水平有限等问题。针对此类问题，应深刻汲取教训，加强安全基础管理，强化送电过程痕迹化管理，送电后的检查项目必须现场打印存档。提升人员安全基础意识，加强专业化巡视工作的标准作业管理，出台操作性强的《典型工作现场作业手册》，将典型工作现场、消缺流程进一步规范。按站、按设备编写《二次安全措施实施细则》进一步规范二次安全措施工作行为。提前防范，将缺陷隐患排查整治作为防控安全风险的重要举措。特别是针对改造设备、老旧设备，状态变化设备做到隐患早排查、早整治，将不安全事件、事故扼杀在萌芽状态，推动安全事故防控和处置关口前移。

参考文献

[1] 国家电力调度通信中心，国家电网继电保护培训教材[M].北京：中国电力出版社，2009。
 [2] 高压电网继电保护运行与设计[M].北京：中国电力出版社。
 [3] CSC-161/162/163系列数字式线路保护装置说明书.北京：四方继保自动化股份有限公司。

作者简介：赵磊（1989-），男，工学学士，毕业于太原理工大学电力系统及其自动化专业，工程师，从事继电保护运行和维护工作。