

# 一起 110 kV 变电站出线过流保护误动原因分析及对策

吴书峰

(江苏省如皋市供电公司,江苏 如皋 226500)

**摘要:**介绍了一起 110 kV 变电站 35 kV 侧倒闸操作过程中出线过流保护误动经过,从原理上详细分析了事故发生的原因,并对如何预防这类事故提出了有效的解决方案。

**关键词:**保护误动;倒闸操作;环网潮流

**中图分类号:** TM771 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)22-0075-03

## 0 引言

### 1) 110 kV 变电站概述

该 110 kV 变电站隶属于华东电网,主要负责向市区工业园供电。该地区的大部分负荷为重要工业负荷,供电线路的故障将给该市造成重大的经济损失,保证线路的正常供电是该站的首要任务。

该站有三个电压等级,110 kV、35 kV 和 10 kV,彼此之间通过两台三绕组变压器联系。110 kV 侧接线形式为单母线带旁路,35 kV 和 10 kV 侧为单母分段带旁路。35 kV 侧的主接线图如图 1 所示。

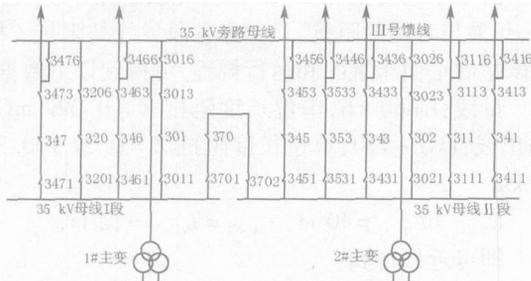


图 1 35 kV 侧主接线图

Fig 1 Primary connection 35 kV side

#1、#2主变为同型号三绕组变压器,容量为 31 500 kVA;35 kV 侧采用单母分段带旁路的接线形式,正常运行方式下分段 370 开关闭合,由 #2 主变供电,#1 主变作为冷备用。35 kV 母线共接有 2 座变电站和 5 条负荷线路。其中 # 号出线的负荷电流通常小于 20 A,为提高过流保护的灵敏度,在保护人员给出的 # 号出线过流保护定值中(76/2.5 A, 145/4.8 A, 225/7.5 A, CT 变比 150:5),选择最小的一个整定值——76 A/2.5 A。

### 2) 事故前 35 kV 侧的运行状况

#2 主变 302 开关闭合运行,分段 370 开关闭

合,#1 主变 301 开关冷备用;

由于出线 343 开关正在检修,# 号出线由旁路 320 开关代替出线 343 开关转供。该出线上接有重要负荷,不能停电。

#2 主变的负荷为 26 700 kVA;旁路 320 开关通过电流为 17.8 A;分段 370 开关通过电流为 365 A,各条线路均没有过负荷。

母线电压  $U$  为 35.5 kV

### 3) 事故发生过程

# 号出线 343 开关检修完毕,操作人员正进行 # 号出线由旁路 320 开关供电倒换到由出线 343 开关供电的倒闸操作。依据不停电原则,操作时应先闭合出线 343 开关再断开母联 320 开关,在 343 开关合闸的瞬间,# 号出线过流保护动作,出线 343 开关分闸。因为当时旁路 320 开关仍处于合闸状态,所以 # 号出线未发生停电事故,没有给所带的重要用户造成经济损失。

## 1 35 kV 侧 # 号出线过流保护误动原因分析

### 1.1 过流保护

过电流保护也称为一段电流保护,是一种以躲开线路的最大负荷电流来整定的保护装置。正常运行时不应该起动,电网发生故障时能反应于电流的增大而动作。一般情况下,它不仅能够保护本线路的全长,也能保护相邻线路的全长,起到后备保护的作用<sup>[1]</sup>。

过流保护的定值  $I_{dz}$  通常根据式(1)计算:

$$I_{dz} = \frac{K_k K_{zq}}{K_h} I_{fmax} \quad (1)$$

式中: $K_k$  为可靠系数,一般取 1.15~1.25;  $K_{zq}$  为自起动系数,数值大于 1,应由网络具体接线和负荷性

质决定;  $K_n$  为电流继电器的返回系数,一般取 0.85;  $I_{f \max}$  为流过支路的最大负荷电流。

1.2 号出线过流保护误动原因分析

检查出线 343 开关跳闸前的电流数据,记录数据显示当时负荷电流为 76.04 A,大于保护定值(过流保护定值 76 A/2.5 A),故保护动作。是什么原因使得流经 343 开关的负荷电流突然增大?这需要详细分析一下开关合闸前后的 35 kV 侧的潮流分布情况。

1.2.1 出线 343 开关闭合前的潮流分布

出线 343 开关闭合前,潮流分布情况如图 2 所示。2# 主变经由 A-D-C-B 给 号出线负荷供电,其电流  $I_b$  为 17.8 A; 段母线等值负荷为  $S_D$ ,其电流  $I_b$  为 347.2 A。根据实际情况,设功率因数为 0.9。

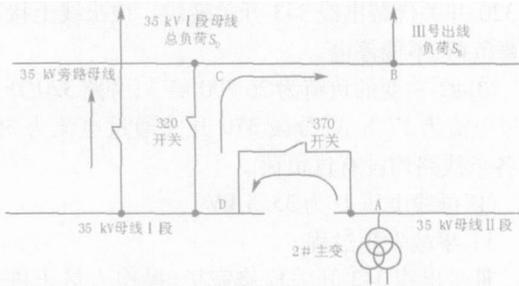


图 2 号出线开关 343 闭合前潮流分布图

Fig 2 Power flow before switch 343 on line closed

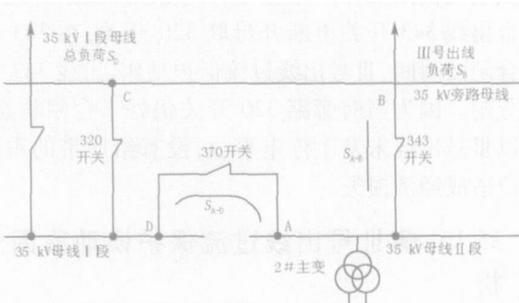


图 3 号出线开关 343 闭合后潮流分布图

Fig 3 Power flow after switch 343 on line closed

$$\tilde{S}_B^0 = \sqrt{3}U_0 I_b (\cos \phi + j \sin \phi) = \sqrt{3} \times 35.5 \times 17.8 \times (0.9 + j0.43) = 0.98 + j0.47 \text{ MVA} \quad (2)$$

$$\tilde{S}_D^0 = \sqrt{3}U_0 I_b (\cos \phi + j \sin \phi) = \sqrt{3} \times 35.5 \times 347.2 \times (0.9 + j0.43) = 19.21 + j9.18 \text{ MVA} \quad (3)$$

式中:  $\tilde{S}_B^0$  为出线 343 开关闭合前 号出线的负荷;  $\tilde{S}_D^0$  为出线 343 开关闭合前 段母线等值负荷;  $U_0$  为出线 343 开关闭合前母线电压;  $I_b$  为出线 343 开关闭合前流经旁路开关 320 的电流值;  $I_b$  为出线 343 开关闭合前 段母线等值负荷电流。

1.2.2 出线开关 343 闭合后的潮流分布

当 号出线 343 开关合闸稳态后,如图 3 所示 35 kV 侧形成了一个闭合的环网。由于事故发生在变电所低压侧,并且只考虑稳态情况,故可设在 343 开关闭合前后各节点负荷保持不变,母线电压恒定。

$$\text{即: } \tilde{S}_B = \tilde{S}_B^0 = 0.98 + j0.47 \text{ MVA} \quad (4)$$

$$\tilde{S}_D = \tilde{S}_D^0 = 19.21 + j9.18 \text{ MVA} \quad (5)$$

$$U = U_0 \quad (6)$$

式中:  $\tilde{S}_B$  为出线 343 开关闭合后 号出线的负荷;  $\tilde{S}_D$  为出线 343 开关闭合后 段母线等值负荷;  $U$  为出线 343 开关闭合后母线电压。

根据环网潮流公式<sup>(2)</sup>计算得:

$$\tilde{S}_{A-B} = \frac{(Z_{B-C}^* + Z_{C-D}^* + Z_{A-D}^*) \tilde{S}_B + Z_{A-D}^* \tilde{S}_D}{(Z_{A-B}^* + Z_{B-C}^* + Z_{C-D}^* + Z_{A-D}^*)} \quad (7)$$

$$\tilde{S}_{A-D} = \frac{(Z_{B-C}^* + Z_{C-D}^* + Z_{A-B}^*) \tilde{S}_D + Z_{A-B}^* \tilde{S}_B}{(Z_{A-B}^* + Z_{B-C}^* + Z_{C-D}^* + Z_{A-D}^*)} \quad (8)$$

式中:  $\tilde{S}_{A-B}$  为流经过出线 343 开关的负荷;  $\tilde{S}_{A-D}$  为流经过分段 370 开关的负荷。  $Z_{A-B}$  为图 3 中, 号出线在 AB 两点间的阻抗值,  $Z_{A-B}^*$  是  $Z_{A-B}$  的共轭值;  $Z_{B-C}$  为图 3 中, 旁路母线在 BC 两点间的阻抗值,  $Z_{B-C}^*$  是  $Z_{B-C}$  的共轭值;  $Z_{C-D}$  为图 3 中, CD 两点间的阻抗值,  $Z_{C-D}^*$  是  $Z_{C-D}$  的共轭值;  $Z_{A-D}$  为图 3 中, 段母线和 段母线间的阻抗值,  $Z_{A-D}^*$  是  $Z_{A-D}$  的共轭值。

由于事故发生在 35 kV 侧,可以忽略电流互感器、开关与刀闸的阻抗,只考虑各段导线的阻抗。根据该站的平面布置图和运行规程,可得到以下数据:

母线: LM60 x6, 单位长度阻抗  $Z = 0.099 \text{ m} / \text{m}$ ; 出线: LGJ-120, 单位长度阻抗  $Z = 0.27 + j0.36 / \text{km}$

$$L_{A-D} = L_{B-C} = 40 \text{ m}, L_{A-B} = L_{C-D} = 12 \text{ m},$$

即可近似得到:

$$Z_{A-D} = Z_{B-C} = 3.96 \text{ m}$$

$$Z_{A-B} = Z_{C-D} = 3 + j5 \text{ m} \quad (9)$$

将式(4)、式(5)和式(9)带入式(7)和式(8),可分别计算出 A—B 支路和 A—D 支路的负荷:

$$\tilde{S}_{A-B} = \frac{(10.92 - j5) \times (0.98 + j0.47) + 3.39 \times (19.21 + j9.18)}{(13.92 - j10)} = 2.993 + j4.744 \text{ MVA} \quad (10)$$

$$I_{A-B} = \frac{S_{A-B}}{\sqrt{3}U} = \frac{5.6105 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 35.5 \times 10^3} = 91.25 \text{ A}$$

$$\tilde{S}_{A-D} = \frac{(9.96 - j10) \times (19.21 + j9.18) + (3 - j5) \times (0.98 + j0.47)}{(13.92 - j10)} = 17.21 + j4.882 \text{ MVA} \quad (11)$$

$$I_{A-D} = \frac{S_{A-D}}{\sqrt{3}U} = \frac{17.89 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 35.5 \times 10^3} = 290.96 \text{ A}$$

由计算可知, 号出线 343 开关闭合后在 35 kV 侧形成环网, 由于 35 kV 段母线总负荷  $S_D$  (21.29 kVA) 远大于 号出线负荷  $S_B$  (1.086 kVA), 使得段母线的部分负荷流经出线 343 开关, 造成流经 号出线 343 开关的电流  $I_{A-B}$  远大于 号出线负荷电流, 因此当流经 343 开关的电流增大并超过出线过流保护定值 (76 A) 时, 出线过流保护动作。以上计算结果是理论值, 如考虑到环网中刀闸三相触点合闸到位与否等因素, 环网中的实际阻抗与理论值有区别, 因此实际潮流分布与理论计算值也有差别。

### 1.2.3 号出线过流保护误动原因分析

在由旁路 320 开关代替出线 343 开关的运行方式恢复到正常运行方式所进行的倒闸操作过程中, 根据不停电原则, 应先闭合出线 343 开关再打开旁路 320 开关。这样在闭合出线 343 开关后打开旁路 320 开关前必然在 35 kV 侧形成环网; 并且由于 35 kV 段母线负荷远大于 号出线负荷, 导致 D 点成为功率分点。这样流经 343 开关的负荷除了 号出线负荷外, 还有部分 段母线负荷, 因此流经出线 343 开关的电流远大于正常运行方式下 号出线可能出现的最大负荷电流, 超过 号出线过流保护定值, 造成了该线路过流保护动作。

因此该保护误动的主要原因是过流保护定值设定过小。计算人员在确定保护定值时只考虑了单母分段带旁路接线的正常运行方式下 号出线所带负荷的可能最大值, 忽略了 343 开关在倒闸操作过程中由于分流而承担的额外负荷, 造成了该事故的发生。运行人员在增大了 号出线过流保护定值后, 闭合 号出线 343 开关, 此开关不再跳开。

## 2 小结

保护误动是电力系统中非常严重的事故, 不仅会造成极大的经济损失, 还有可能导致系统失去稳定。避免这类事故的发生, 最重要的一点就是合理确定保护定值。在确定保护定值时, 应充分考虑各种可能出现的运行方式, 以避免保护因整定值过小而误动。对于单母分段带旁路这类典型接线方式, 在确定出线过流保护定值时, 应注意以下两点:

1) 充分考虑各种可能出现的运行方式, 包括倒闸操作过程中出现的过渡运行方式, 合理确定流经出线开关的可能最大负荷电流值  $I_{f \max}$ , 进而合理计算出保护定值。

2) 如果受到灵敏度的限制, 不能提高保护定值, 可以考虑在倒闸操作过程中, 先停用过流保护, 待倒闸操作完成后, 再把过流保护投入运行。

### 参考文献:

- [1] 贺家李. 电力系统继电保护原理 [M]. 北京: 水利电力出版社, 2001.  
HE Jia-li The Theory of Relay Protection in Electric Power System [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2001.
- [2] 陈珩. 电力系统稳态分析 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1996.  
CHEN Heng Analysis of Electric Power System Steady State [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.

收稿日期: 2006-06-09; 修回日期: 2006-08-02

作者简介:

吴书峰 (1977 - ), 男, 本科, 助工, 从事电力系统调度工作。E-mail: wwssff888@163.com

## Analysis of the feeder over-current protection maloperation in 110 kV substation and its solutions

WU Shu-feng

(Rugao Power Supply Company, Rugao 226500, China)

**Abstract:** The maloperation of over-current protection which happened in the operation of switching breakers in 110 kV substation is introduced. The reasons are analyzed and the solutions are presented as well.

**Key words:** maloperation; operation of switching breakers; power flow of ring net