

# 小电阻接地系统零序电流 II 段保护整定策略研究

鲍有理<sup>1</sup>, 季东方<sup>2</sup>

(1. 无锡供电公司, 江苏 无锡 214061; 2. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 210032)

**摘要:**小电阻接地系统发生接地故障时, 各级零序电流保护动作切除接地故障, 该故障电流包括短路电流和电容电流, 在整定零序电流 II 段保护定值时必须考虑电容电流对 10 kV 线路零序保护和主变低后备零序定值的影响。利用图示说明 10 kV 线路发生单相接地时电容电流和故障电流的流向, 定性计算 10 kV 线路发生单相接地时, 线路零序保护和主变低后备零序电流保护获得的故障电流的大小, 为主变低压侧零序电流 II 段保护和 10 kV 线路零序电流 II 段保护的定值配合提供参考数据。

**关键词:**小电阻接地系统; 电容电流; 零序电流后备保护; 整定值

**中图分类号:** TM772

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2014)05-0025-03

江苏省电力公司于 2008 年发布的《中压系统中性点接地方式选用技术导则》中明确 10 kV, 20 kV 和 35 kV 变电站每段母线单相接地故障电容电流大于 100 A (35 kV 系统为 50 A) 时, 宜采用小电阻接地方式<sup>[1]</sup>。基于此原则, 无锡电网目前的总体原则是中心城区、新区及太湖新城区的新建变电站 10 kV 系统均选择小电阻接地方式, 其他地区选择消弧线圈接地方式<sup>[2]</sup>。小电阻接地方式既满足了运行设备较低绝缘水平的要求, 也解决了城市电网电缆化过程中电容电流不断上升对消弧线圈容量的问题<sup>[3]</sup>。然而, 低压电网 (如 10 kV 系统) 单相接地故障产生的故障 (零序) 电流既有短路电流, 又有影响故障电流幅值的电容电流<sup>[4]</sup>。整定计算时必需考虑小电阻接地方式的低压系统中电容电流对故障电流的影响<sup>[5,6]</sup>, 正确给出主变低压侧 (如 10 kV 侧) 零序电流后备保护的定值和 10 kV 线路零序电流后备保护的定值, 以确保低压系统的正常稳定运行。

## 1 小电阻接地方式的构成

110 kV 主变压器 10 kV 侧绕组通常为三角形 ( $\Delta$ ) 接线<sup>[7]</sup>, 无中性点引出接地。需在 10 kV 侧接入 Z 型接线的接地变压器, 从其中性点经小电阻接地。该接地变压器与接地电阻成套装置接于主变压器 10 kV 出口侧, 典型的 110 kV 变电站一次系统图及主变和线路的零序电流保护的基本配置<sup>[8]</sup>如图 1 所示。

## 2 典型实例

根据 DL/T-584-2007<sup>[9]</sup>, 接地变中性点上装设零序电流 I 段、II 段保护, 作为接地变压器单相接地故障的主保护和系统各元件的总后备保护。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

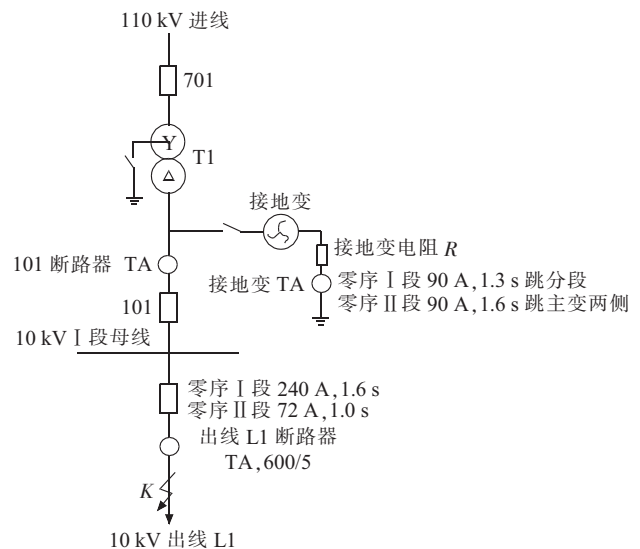


图 1 典型的 110 kV 变电站的一次系统

同侧开关; 零序电流 II 段保护动作跳供电变压器各侧开关。

图 1 中, 主变低压侧零序电流后备保护 I 段定值 90 A, 1.3 s 跳分段断路器; II 段定值 90 A, 1.6 s 跳主变两侧断路器。线路的零序电流保护 I 段定值 240 A, 1.6 s; II 段定值 72 A, 1.0 s 出口跳主变两侧断路器。观察零序电流 II 段的时间定值满足逐级配合的要求, 但电流的定值大小是否满足要求需分析后才能确定。

## 3 主变低后备及 10 kV 线路的零序后备保护获取故障电流的途径

主变低压侧零序电流后备保护从接地电阻 R 处的零序电流互感器 (TA) 上获得零序电流; 10 kV 线路保护的零序电流经线路微机保护的软件计算获得, 源于三相 TA 的采样电流。TA 的位置不同, 在 10 kV 线路上发生接地故障时, 2 个零序保护所获得的零序电流是不一样的。

## 4 故障电流的构成及分解图

在 10 kV 线路发生单相接地故障时,故障(零序)电流中既有短路电流,也有影响故障电流幅值的电容电流<sup>[10]</sup>。下面以图示的方法解析电容电流、故障电流的流向,最后以合成的方式得到故障时的零序电流。设接地故障点在 10 kV 线路  $L_1$  出口处。

(1) 不接地系统中,发生单相(A相)接地故障时,电容电流的流向如图 2 所示(图 2 中接地变不作考虑)。

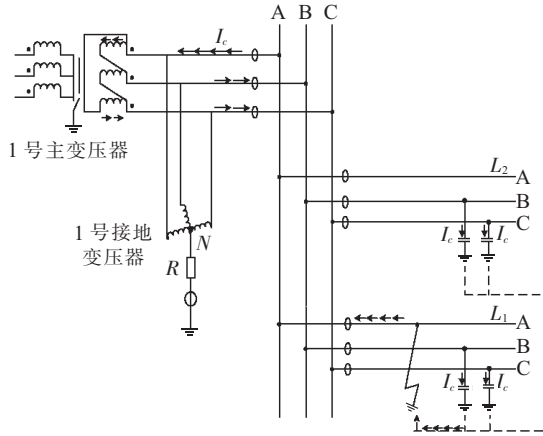


图 2 A 相接地故障时电容电流的流向

可见,A相接地故障时,另外两相的电容电流经接地点回到故障线路的故障相上,方向指向母线。

(2) 小电阻接地系统中,不考虑电容电流的影响、电缆线和母线阻抗忽略不计,发生单相接地故障时,故障电流的流向如图 3 所示。

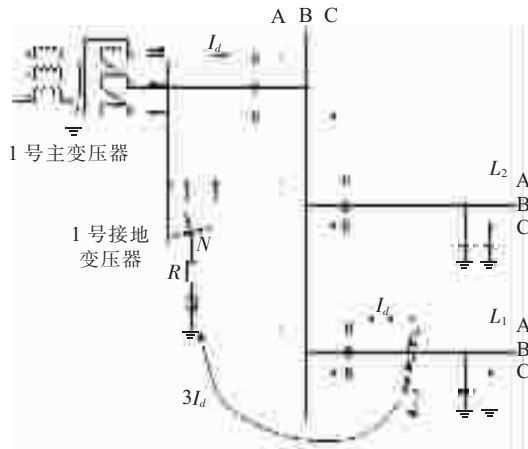


图 3 故障电流的流向

短路电流  $I_d$  为:

$$I_d = 3 \frac{U_k}{3R + Z_0} \quad (1)$$

如接地变零序阻抗  $Z_0$  为  $8.6 \Omega$ , 中心点接地电阻  $R$  为  $10 \Omega$ , 母线电压 10 kV, 计算可得短路电流为  $556 \angle -15.6^\circ$  A。

可见,A相接地故障时,流过接地变压器接地电阻的短路电流为 556 A,该电流由母线流向故障点,经由

故障点、接地电阻、接地变回到主变。短路电流的方向和电容电流的方向不一致并存在较大的角度差。

(3) 故障点的故障电流合成如图 4 所示。故障电流  $I_g$  由电容电流  $I_c$  和短路电流  $I_d$  的叠加构成,图中以母线电压  $U_m$  为参考方向。可以清晰看到故障电流由于电容电流的影响,比短路电流要小。

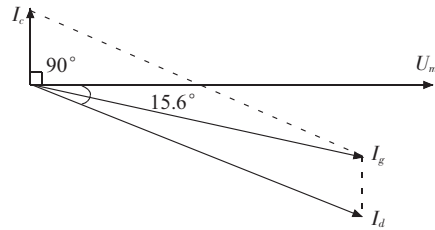


图 4 故障点的故障电流合成

按照目前 10 kV 系统电容电流的实测统计结果,分 70 A, 100 A, 150 A 3 个数量级分别计算电容电流对故障电流的影响。在短路电流不变(556 A)的前提下,故障电流分别为 542 A, 538 A, 537 A。可见,较大的电容电流对故障点的故障电流(零序电流)存在影响。即 10 kV 线路发生接地故障时,线路零序电流保护感受的零序电流(故障电流  $I_g$ )由电容电流  $I_c$  和短路电流  $I_d$  的叠加构成;主变低压侧零序电流后备保护感受的零序电流没有电容电流,只有短路电流  $I_d$ 。很明显,接地故障时,线路零序电流保护感受的零序电流小于主变低压侧零序电流后备保护。

## 5 零序电流 II 段保护定值的配合问题

文中定性地给出电容电流对故障电流的影响。从表 1 看,影响最大时有近 20 A 的幅值。这种影响对零序电流 I 段保护不存在问题,而线路零序电流 II 段保护整定值需要商榷。按照“线路零序电流 II 段保护整定值为 72 A, 0.6 s, 主变低压侧后备零序电流 II 段保护整定值为 90 A, 1.0 s”来整定,则线路末端发生接地故障时,在故障电流偏小的情况下,流入线路零序保护和主变低后备零序保护的电流将可能出现主变低后备零序保护动作、线路零序保护不动作。结果导致 10 kV 线路末端发生接地故障时,可能出现主变低后备零序电流 II 段保护动作而线路零序保护不动作的情况。

## 6 结束语

上述利用图示说明 10 kV 线路发生单相接地时电容电流和故障电流的流向,定性地计算 10 kV 线路发生单相接地时,线路零序保护和主变低后备零序电流保护获得的故障电流的存在偏差,如果考虑不周全,在 10 kV 线路发生接地故障时,主变低压侧零序电流 II 段保护将动作,而 10 kV 线路零序电流 II 段保护不动作。基于以上分析,无锡地区的零序电流后备整定为:

10 kV 线路零序电流 II 段保护整定值改为 60 A, 0.6 s, 主变低压侧后备零序电流 II 段保护整定值为 90 A, 1.0 s。这样,无论在电流的防止和动作的时间上均满足运行要求。

#### 参考文献:

- [1] 程路,陈乔夫.小电流接地系统单相接地选线技术综述[J].电网技术,2009,33(18):219-224.
- [2] 张志文,申建强,杨俊,等.配电网混合接地运行分析[J].电力系统及其自动化学报,2012,24(2):47-52.
- [3] 刘明岩.配电网中性点接地方式的选择[J].电网技术,2004,28(16):86-89.
- [4] 江苏省电力公司.电力系统继电保护原理与实用技术[M].北京:中国电力出版社,2006:4-6.
- [5] 王英民.10 kV 小电阻接地系统接地变压器零序保护误动原因分析[J].华北电力技术,2009(1):24-26,29.
- [6] 窦新宇,李春明.广州 10 kV 电网中性点经小电阻接地的研究

[J].继电器,2007,35(1):158-161.

- [7] 中国标准出版社第四编辑室.输变电技术常用标准汇编:电力变压器卷[M].北京:中国标准出版社,2010:40-42.
- [8] 陈刚,王清昊,黄玉霞,等.中性点间隙击穿引起的 220 kV 主变跳闸事故的分析[J].电瓷避雷器,2013(5):73-78.
- [9] 国家发展和改革委员会.DL/T 584—2007 3 kV~110 kV 电网继电保护装置运行整定规程[S].北京:中国电力出版社,2008.
- [10] 田宝江,张太升,陈军,等.不平衡零序电流对纵联零序保护的影响分析及其对策[J].电力系统自动化,2013,37(19):132-135.

#### 作者简介:

鲍有理(1966)男,安徽安庆人,高级工程师,从事电力系统继电保护专业技术管理工作;  
季东方(1974)男,江西抚州人,工程师,从事电力系统设备维护及技术支持工作。

## Study on Definite-time of Zero Sequence Over-current Protection Settings for Low Resistance Grounding System

BAO Youli<sup>1</sup>, JI Dongfang<sup>2</sup>

(1.Wuxi Power Supply Company, Wuxi 214061,China;

2.Guodian Nanjing Automation Co.Ltd., Nanjing 210032, China)

**Abstract:** The zero sequence over-current protection would clear fault in low resistance ground system. The fault current contains the short circuit and the capacitance current. Therefore, the effects of capacitance current on zero sequence protection of 10 kV line and transformer backup zero sequence protection should be considered, especially for the value setting of definite-time of zero sequence over-current protection. The direction of capacitance current and fault current of 10kV line is investigated. The quantitative effects of single-line ground fault on line zero sequence protection and transformer backup zero sequence protection are analyzed. It provides a reference for coordinating protection settings between transformer backup definite-time of zero sequence protection and 10kV line definite-time of zero sequence protection.

**Key words:** low resistance grounding system; capacitance current; zero sequence current backup protection; setting value

(上接第 24 页)

卫志农(1962)男,江苏江阴人,教授,博士生导师,研究方向为电力系统运行分析与控制,输配电系统自动化等;

季聪(1988)男,江苏南通人,硕士,从事电力系统运行与控制研究工作;

唐一铭(1990)男,江苏徐州人,硕士,从事电力系统运行与控制研究工作;

都晨(1986)女,江苏南京人,硕士,从事电力系统负荷预测研究工作。

## Bus Load Forecasting Based on D-S Evidence Theory

LIU Yanan<sup>1</sup>, WEI Zhinong<sup>2</sup>, JI Cong<sup>1</sup>, TANG Yiming<sup>1</sup>, DU Chen<sup>1</sup>

(1.Jiangsu Frontier Electrical Power Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China; 2.Research Center for Renewable Energy Generation Engineering, Ministry of Education, Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** In this paper, based on Dempster-Shafer (D-S) evidence theory, a new bus load forecasting approach is presented. The proposed method will firstly establish the weight extraction model and weight fusion model for BP neural networks, generalized BP neural networks and SVM bus load forecasting models, respectively. Then, by using D-S evidence theory, the weights of three forecasting models are fused. After the extraction of fusion samples of evidence theory by analyzing forecasting data, and multi-fusion result of belief function is taken as the weight of bus load forecasting model, by which the bus load in the future is forecasted. Finally, simulation results provided later show that the proposed method in this paper are more effective and has a higher forecasting accuracy than that by using only one model.

**Key words:** BP neural network; SVM; D-S evidence theory; bus load forecasting