

DOI: 10.7667/PSPC161722

## 适用于多点 T 接的新型电流差动保护

赵萍<sup>1</sup>, 裘愉涛<sup>2</sup>, 徐华<sup>1</sup>, 郑远德<sup>1</sup>, 徐晓春<sup>3</sup>, 谈浩<sup>3</sup>, 李奔<sup>3</sup>

(1. 国网浙江省电力公司台州供电公司, 浙江 台州 318000; 2. 国网浙江省电力公司, 浙江 杭州 310007;  
3. 南京南瑞继保电气有限公司, 江苏 南京 211021)

**摘要:** 随着近年新能源的发展以及电网建设经济性的因素, 多点 T 接线路正在被大量使用。对多点 T 接线路的特征进行提取, 并针对性地对常规线路保护影响进行了评估, 进而提出了适用于多点 T 接线路的多端线路电流差动保护方案。提出的电流差动保护方案采用主从式的拓扑结构, 易进行多点 T 接系统的扩展, 并在此结构的基础上提出了基于多端系统的同步方式。提出了一种新型适用于多点 T 接线路的差动方程, 能够解决多点 T 接线路可能出现的电流汲出和 T 点增加带来的灵敏度的问题。经过大量的动模仿真实验表明, 提出的适用于多点 T 接线路的新型电流差动保护具有极高的灵敏性和可靠性, 具有推广应用价值。

**关键词:** 多点 T 接; 自适应制动系数; 差动保护

### A new current differential relay scheme for multi “T” nodes transmission line

ZHAO Ping<sup>1</sup>, QIU Yutao<sup>2</sup>, XU Hua<sup>1</sup>, ZHENG Yuande<sup>1</sup>, XU Xiaochun<sup>3</sup>, TAN Hao<sup>3</sup>, LI Ben<sup>3</sup>

(1. Taizhou Power Supply Company, State Grid Zhejiang Electric Power Company, Taizhou 318000, China; 2. State Grid Zhejiang Electric Power Company, Hangzhou 310007, China; 3. NR Electric Co., Ltd., Nanjing 211021, China)

**Abstract:** With the development of new energy and economic factor of power grid construction in recent years, multi-T nodes transmission line has been widely used. This paper extracts the fault characteristics of multi-T nodes transmission line, then evaluates the effects of the normal protection when it is applied in these special lines. A new current differential protection scheme is proposed using the topology of master-slave structure, which fits for multi-T nodes transmission line for its easy extension. On this basis, a synchronous mode based on multi-terminal system is proposed. This paper figures out a new type of current differential equation suitable for T-terminal lines which could handle the contradiction between sensitivity and reliability with multi terminals. With plenty dynamic simulation experiments, the results show that the new type of current differential protection, which is suitable for multi-T node transmission line, has high sensitivity and reliability, and has the value of popularization and application.

**Key words:** multi-T nodes; self-adaptive resistance ratio; differential protection

## 0 引言

近年来, 随着风电大量接入电网, 基于节省设备投资和减少征地面积等方面的考虑, 多点 T 接线路越来越多地出现在高压输电线路中<sup>[1-9]</sup>。多点 T 型接线方式的特点是不同的分支线路 T 接在同一条联网线路上, 所以联网线路重要性高, 对保护的可靠性、灵敏性提出了更高的要求, 多点 T 型接线方式任何一端发生故障都要影响到其他几端的正常送电, 所以一旦出现故障就要求快速切除, 由于多点 T 接线路的特殊性, 距离保护和零序保护难以满足

速动性和选择性的要求, 因此, 迫切需要适用于多点 T 接场合的多端线路差动保护, 解决目前分布式能源电力送出多点 T 接线路继电保护配置的难题。

目前, 适用于 T 接输电线路的三端差动保护得到了广泛应用。对于多点 T 接输电线路, 目前未见国内有四端及以上差动保护实际工程应用的报道, 本文旨在开发一种适用于多点 T 接的电流差动保护。

## 1 传统保护装置在多点 T 接线路上的问题

一个典型的多点 T 接线路如图 1 所示。

多点 T 接线路与两端线路相比, 主要特征如下所述。

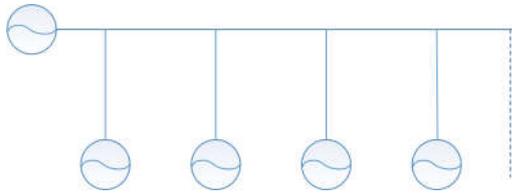


图 1 多点 T 接线路示意图

Fig. 1 Multi-T nodes transmission line

1) 不同的节点 T 接在同一条联网线路上, 一条联网线路被多点 T 接分成多段。

2) 多点 T 接各个分支之间可能存在着联络线。

3) 多个 T 接点的分布和故障点位置的不同对保护的影响不同。

由于以上特性, 多点 T 接线路上可能会产生助增阻抗和汲出电流的情况。

多 T 点接入输电线路后, 节点中的电源接点将向故障点提供助增电流, 当故障点在多个 T 接点间时, 最不利的情况下, 故障点前的  $i$  个支路能提供助增量  $Z_i \sum I_i / I_m$ , 其中  $Z_i$  为故障点到 T 接点的线路阻抗。

当发生金属性故障, 且故障点在所有 T 接点前, 测量阻抗  $Z_M$  与两端线路一致; 但当故障点在多个 T 接点间时, 故障点前的  $j$  个电源使得测量阻抗增加, 距离保护的保护区范围缩小。随着故障点的变化, 增加的测量阻抗也随之变化。距离保护失去选择性, 灵敏度也难以保证。

对于多点 T 接系统, 在存在联络线的情况下, 故障电流会因为故障点位置的不同而在内部故障时流出母线。此时传统的电流差动判据的制动电流计算量会增大, 导致区内故障时判据的灵敏度降低, 严重情况下甚至会拒动。

为此, 对于多点 T 接系统, 传统的后备保护由于原理的限制不能满足灵敏性和可靠性的要求, 无法为多点 T 接线路提供完整的保护方案和定值整定方案。差动保护能够准确地反映区内外故障, 但常规的电流差动保护由于节点端数的限制以及差动量和制动量之间的矛盾, 不能直接应用在多点 T 接系统, 需要为多点 T 接线路开发具有针对性的差动保护。

## 2 多端电流差动保护的实现

### 2.1 适用于多点 T 接输电线路的拓扑结构

适用于多端系统的保护装置通信配置, 从拓扑结构上看, 主要有环(链)式和主从式<sup>[10-14]</sup>。

对于多点 T 接线路, 典型的环式光纤配置方案如图 2 所示。

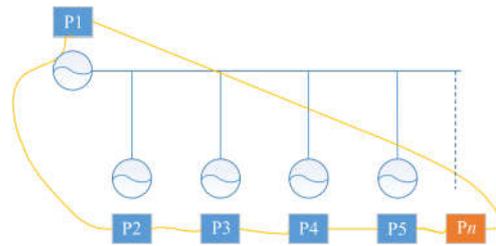


图 2 环状结构保护装置连接示意图

Fig. 2 Connection of protection device with ring topology

保护装置分别配置在线路上的各个节点, 保护装置之间的通道通过手拉手的方式形成了环形链路, 采用环形链路时, 各侧保护装置通过数据上行和下行能够完成数据共享, 每台保护装置都能进行差动保护计算, 满足差动动作条件后, 各侧保护可以独立出口, 但是采用这种方式时, 在进行 T 节点扩展时, 涉及到三个节点的光纤配置, 并且随着环路的扩大, 通信接点的增加, 会导致整个环网的通信延时增加, 从而可能会造成保护装置的动作时间偏长。

如图 3 所示, 对于主从式的多端系统, 各侧分别安装保护装置, 从机和主机之间通过光纤连接, 主机完成本侧和其他各侧的数据收集和同步, 并完成差动保护的计算, 满足动作条件后, 差动保护动作, 同时主机将跳闸信号发送至各侧, 由各侧独立完成跳闸。这种方式节点扩展简单, 结构清晰, 易于多点线路上接点的改变, 采用主从方式时, 保护动作时间不随节点的增加而增加, 仅和各通道的最大通道延时有关。

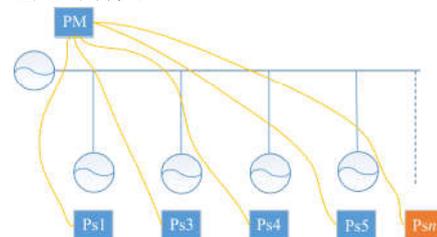


图 3 主从结构保护装置连接示意图

Fig. 3 Connection of protection device with master-slave topology

多点 T 接线路由于其灵活的输电方式, 并且新能源存在分布式的特点, 多点 T 接主线上存在经常变化的可能。为此, 差动保护的设置需要根据线路的拓扑结构进行灵活设计, 为此, 主从结构的拓扑方式更加适用于多点 T 接输电线路。

### 2.2 多点 T 接线路差动保护装置设计及方式转换

对于主从结构的差动保护装置, 主机需要完成对所有子机的数据收集, 其对通道接口的数量要具

备可扩展性。为此，保护装置采用可扩展的总线设计方式，通过对主机通信板卡的扩展，可以完成通信节点的扩容，通信板卡采用即插即用的方式，能够灵活扩展。

在通信软件设计上，为了能够满足 T 接端数灵活增减的需求，保护装置采用以下主从机通道投入的方式来进行通道以及差动保护功能控制：

- 1) 主机的每个通道均设置有对应的通道压板。
- 2) 从机的通道设置通道压板。
- 3) 仅当从机的通道压板和主机与从机对应通道的通道压板投入时，该通道才能投入，并参与差动逻辑。

采用这种通道投退方案时，能够保证在某端进行一次 T 点结构变化时，其他侧的保护装置仍然能够正常运行。

### 2.3 保护装置同步方案

在主从模式下，各侧从机保护装置完成本地的数据采集，从机将采样数据发送至主机，在发送采样数据的同时，各侧从机装置分别进行通道延时的计算，如图 4 所示。

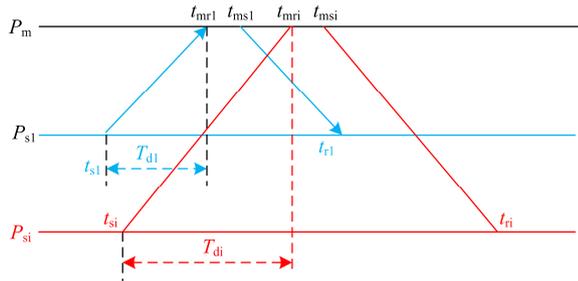


图 4 通道延时计算方法

Fig. 4 Measurements of the transmission delay

1) 以从机 i 为例，从机 i 向主机发送一帧报文，同时以从机的相对时钟为基准记录报文发送时刻  $t_{si}$ ；

2) 主机收到该报文后，以主机的相对时钟为基准，记录该报文接收时刻  $t_{mri}$ ，等到下一个定时发送时刻  $t_{msi}$ ，向从机回应一帧通道时延测试报文，同时将  $t_{msi}-t_{mri}$  作为报文内容；

3) 从机在  $t_{ri}$  时刻收到  $P_m$  的报文，并得到  $t_{msi}-t_{mri}$ ，由此可以计算得到通道时延：

$$T_d = \frac{(t_{ri} - t_{si}) - (t_{msi} - t_{mri})}{2} \quad (1)$$

式(1)正确算出通道时延的前提条件是通道收发双向时延相等。

在通道延时  $T_{di}$  已知的前提下，从机  $P_i$  通过时钟回推得到两侧装置采样时刻的误差  $\Delta T_{si}$ 。以图 5 为例，

此时  $P_i$  采样时刻超前于  $P_m$  采样时刻  $\Delta T_{si}$ ， $P_i$  调整下一个采样间隔，使得  $\Delta T_{si}$  趋近于 0，此时可以认为从机  $P_i$  和主机  $P_m$  完成了同步采样。

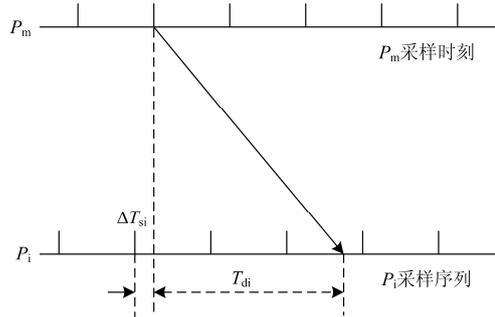


图 5 采样同步示意图

Fig. 5 Schematic of synchronization sampling

当所有从机完成和主机的同步调整时，可以认为所有从机之间也实现了同步调整。

### 2.4 适用于多点 T 接线路的差动判据

一般情况下，比例差动保护动作方程如式(2)所示。

$$\begin{cases} I_{dif} > kI_{res} \\ I_{dif} > I_{SET} \end{cases} \quad (2)$$

式中： $I_{dif}$  为差动电流； $I_{res}$  为制动电流； $k$  为制动系数。

对于多端系统，差动电流和制动电流的表达式为

$$\begin{cases} I_{dif} = \sum_{a=1}^n \dot{I}_a \\ I_{res} = \sum_{a=1}^n |I_a| \end{cases} \quad (3)$$

采用式(3)作为差动电流和制动电流，在发生区外故障时，保护装置能够获取最大的制动量，但是同时会出现在区内故障时制动量大的情况，为保证灵敏度，制动系数取值不能太高，在一定程度上影响了判据的可靠性。另外，对于一个多点 T 接系统，可能会出现电流汲出问题，往往会导致差动保护灵敏度不够，甚至会出现差动保护拒动的情况。

理想的制动电流应满足：在区外故障时能够保有最大的制动量保证可靠性；在区内故障时制动量尽量小，以保证灵敏度。

取制动电流  $I_{res}$  如式(4)所示。

$$I_{res}(t) = \left| \sin(\theta/2) \left| \dot{I}_{max} - \left( \sum_{a=1}^n \dot{I}_a - \dot{I}_{max} \right) \right| \right| \quad (4)$$

式中： $\dot{I}_{max}$  为幅值最大的相量； $\theta$  为相量  $\dot{I}_{max}$  和

$(\sum_{a=1}^n \dot{I}_a - \dot{I}_{\max})$  的夹角。

当发生区外故障时, 根据基尔霍夫电流定律, 相量  $\dot{I}_{\max}$  和  $(\sum_{a=1}^n \dot{I}_a - \dot{I}_{\max})$  呈现出大小方向相反的特征,

制动量能够达到  $2|\dot{I}_{\max}|$ , 区内发生故障时,  $\dot{I}_{\max}$

和  $(\sum_{a=1}^n \dot{I}_a - \dot{I}_{\max})$  相位基本接近, 此时的制动电流可

以维持在一个比较小的水平, 能够保证灵敏度, 两者相角的正弦函数的引入, 进一步强调了两者的区内外特征, 有助于灵敏度的提升。即使对于电流汲出的情况, 一般情况下, 由于穿越性的汲出电流其矢量和始终为零, 不贡献制动量, 故差动保护在区内故障时, 能够始终保证高灵敏度。

另外, 对于端数可自由变换的多端系统, 为了能够进一步提高差动保护的自适应程度, 将系统端数  $n$  引入制动系数, 保护装置能够根据接入的通道数进行制动系数  $k$  值的自动调整, 形成  $k_{\text{new}}$ , 如式(5)所示。

$$k_{\text{new}} = k \times \left(\frac{1}{n}\right)^e \quad (5)$$

式中:  $n$  为主机感受到的投入通道的数量;  $e$  为自然常数, 取 2.7183, 使用此常数可以保证  $k_{\text{new}}$  得到一个比较好的变化区间, 从 2 端系统到 6 端系统的系数如表 1 所示。

表 1 不同端数下的  $k$  值系数

Table 1  $k$  coefficient of different terminals

系统端数	2	3	4	5	6
$k$ 值系数	1	0.78	0.67	0.6	0.55

## 2.5 CT 饱和和判据

本文提出的基于改进比例制动特性的差动保护天生具有一定的抗 CT 饱和性能, 在区外故障导致 CT 饱和时, 仍然能够具备比较强的抗 CT 饱和能力。

在 CT 传变线性区的基础上<sup>[15-19]</sup>, 结合本文提出的差动电流和制动电流的形成方法, 利用电流过零点后的短暂线性传变区内差动电流和制动电流出现的先后关系来区分区内外故障, 能够极大程度上体现区内故障和区外故障带来的差动和制动的特征。经过大量的仿真分析, 本文采用的基于线性区的抗 CT 饱和方案, 能够可靠防止区外故障时 CT 饱和和导致差动保护误动作的情况, 可以提高差动保护的可靠性。

## 3 仿真分析

为验证本文提出的适用于多点 T 接系统的多端差动保护的性能, 针对一个四端 T 接系统, 在 RTDS 平台按图 6 搭建仿真模型。

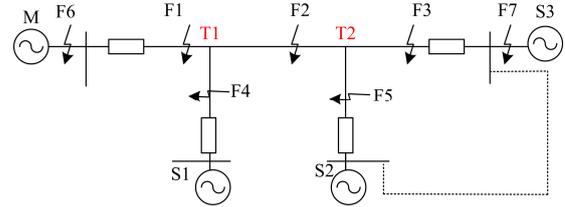


图 6 RTDS 仿真系统接线图

Fig. 6 RTDS simulation system

图中, M 为系统侧, S1、S2、S3 为小电源, T1/T2 为 T 接点, 其中各段线路的阻抗和系统阻抗均能根据需要进行调整, S2 和 S3 之间有联络线, 用来模拟电流汲出的情况。其中主机安放在 M 侧, 从机分别安装在 S1、S2、S3 侧。

参照《GB/T 26864-2011 电力系统继电保护产品动模试验》的要求, 对多端系统进行了完整的数字动模实验, 包括常规区内外金属性、经过渡电阻故障及转换性故障等, 同时, 重点对强弱电力系统下的电流汲出和 CT 饱和部分内容进行了详细测试, 并对多端系统的转换进行了相关仿真模拟。主要的仿真结果如表 2—表 4 所示。

表 2 常规故障保护装置动作行为

Table 2 Operations of protection device when normal faults

故障点	M	S1	S2	S3
F1	5 ms	7 ms	7 ms	7 ms
F2	7 ms	9 ms	9 ms	9 ms
F3	5 ms	7 ms	7 ms	7 ms
F4	6 ms	8 ms	8 ms	8 ms
F5	6 ms	8 ms	8 ms	8 ms
F6	不动作	不动作	不动作	不动作
F7	不动作	不动作	不动作	不动作

可以看出, 本文提出的适用于多点 T 接线路的电流差动保护装置, 能够准确、快速地识别区内外故障, 保护装置能够正确动作。

表 3 经过渡电阻故障保护装置动作行为

Table 3 Operations of protection device when fault via resistance

故障点	M	S1	S2	S3
F1-10 $\Omega$	20 ms	22 ms	22 ms	22 ms
F2-50 $\Omega$	70 ms	72 ms	72 ms	72 ms
F3-100 $\Omega$	77 ms	79 ms	79 ms	79 ms

可以看出,对于 10~100 Ω的接地故障,电流差动保护均能正确动作,能够极大提高保护装置的灵敏度。

由表 4 可以看出,本文提出的多端电流差动保护装置采用基于线性区的 CT 饱和判据,同时结合可变制动系数的差动方程,对于区内故障引起的 CT 饱和,保护装置能够可靠动作,对于由于区外故障引起的 CT 饱和,保护装置能够可靠闭锁。

表 4 CT 饱和时保护动作行为

Table 4 Operations of fault with CT saturation

故障点	M	S1	S2	S3
F1-A(5 ms)	17 ms	19 ms	19 ms	19 ms
F6-A(5 ms)	不动作	不动作	不动作	不动作
F3-A(5 ms)	19 ms	21 ms	21 ms	21 ms
F7-A(5 ms)	不动作	不动作	不动作	不动作

综合上述测试结果表明,模拟线路在不同运行方式下,发生区内外金属性故障,发生区外故障时,差动保护装置能够可靠不动作,发生区内故障时,差动保护能够可靠快速动作,对于区外故障引起的 CT 饱和,保护装置能够可靠闭锁差动保护,对于区内故障引起的 CT 饱和,差动保护能够可靠动作,同时保护装置在区内故障有电流汲出时,采用改进判据的差动保护仍然能够保证较高的灵敏度。

### 4 结语

本文提出的适用于多点 T 接的线路电流差动保护装置,采用主从式的分布式结构,具备 T 接点的灵活扩展特性,差动保护采用了具备自适应制动系数和制动电流的比率制动方程,能够在保证差动保护安全性的同时保证可靠性。

### 参考文献

[1] ZHANG Baohui, HAO Zhiguo, BO Zhiqian. New development in relay protection for smart grid[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2016, 1: 7pp.  
DOI 10.1186/s41601-016-0025-x

[2] 刘颖. 提高智能变电站采样可靠性的研究与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(19): 150-156.  
LIU Ying. Research on improvement of sampling reliability in smart substation and application[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(19): 150-156.

[3] 李辉, 刘盛权, 冉立, 等. 大功率并网风电机组变流器状态监测技术综述[J]. 电工技术学报, 2016, 31(8): 1-10.  
LI Hui, LIU Shengquan, RAN Li, et al. Overview of

condition monitoring technologies of power converter for high power grid-connected wind turbine generator system[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(8): 1-10.

[4] 陈鉴庆, 邹旭东, 梁宗泽, 等. 基于反向电流跟踪的双馈风机低电压穿越控制策略[J]. 电工技术学报, 2016, 31(2): 221-229.  
CHEN Jianqing, ZOU Xudong, LIANG Zongze, et al. An improved control strategy of doubly-fed wind turbine under voltage dips based on reverse current tracking[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2016, 31(2): 221-229.

[5] 杨勇平, 吴殿法, 王宁玲. 基于组合权重-优劣解距离法的火电机组性能综合评价[J]. 热力发电, 2016, 45(2): 10-15.  
YANG Yongping, WU Dianfa, WANG Ningling. Comprehensive evaluation for large scale coal-fired power units based on combined weight and TOPSIS method[J]. Thermal Power Generation, 2016, 45(2): 10-15.

[6] 何青, 刘辉, 刘文毅. 风电-压缩空气储能系统火用和火用成本分析模型[J]. 热力发电, 2016, 45(2): 34-39.  
HE Qing, LIU Hui, LIU Wenyi. Exergy and exergy cost analysis model for wind-compressed air energy storage[J]. Thermal Power Generation, 2016, 45(2): 34-39.

[7] 袁冰, 王宾, 陆元园, 等. 风电场并网线路单相接地故障单端测距误差特性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(19): 63-69.  
YUAN Bing, WANG Bin, LU Yuanyuan, et al. Error analysis of single-end fault location for single-line-to-ground fault in transmission line with wind farm connection[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(19): 63-69.

[8] 刘鹏程, 李新利. 基于多种群遗传算法的含分布式电源的配电网故障区段定位算法[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(2): 36-41.  
LIU Pengcheng, LI Xinli. Fault-section location of distribution network containing distributed generation based on the multiple-population genetic algorithm[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(2): 36-41.

[9] 丁少倩, 林涛, 翟学, 等. 基于短路容量的含大规模新能源接入的电网状态脆弱性评估方法研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(13): 40-47.  
DING Shaoqian, LIN Tao, ZHAI Xue, et al. Research on state vulnerability assessment method of grid with large scale new energy sources based on short-circuit capability[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(13): 40-47.

- [10] 丁恒春, 彭时雄, 杜新纲, 等. 一个半断路器接线方式下并联运行电流互感器二次和电流误差分析[J]. 电测与仪表, 2008, 45(12): 1-3, 62.  
DING Hengchun, PENG Shixiong, DU Xingang, et al. Error analysis of resultant secondary current of two paralleled current transformers under breaker-and-a-half scheme[J]. Electrical Measurement & Instrumentation, 2008, 45(12): 1-3, 62.
- [11] 马欣彤, 周迎秋, 金华锋, 等. 广域智能控制系统平台构建方案[J]. 黑龙江电力, 2012, 34(4): 292-295.  
MA Xintong, ZHOU Yingqiu, JIN Huafeng, et al. Formulation of wide intelligent control system platform [J]. Heilongjiang Electric Power, 2012, 34(4): 292-295.
- [12] 任雁铭, 操丰梅. IEC61850 新动向和新应用[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(2): 1-6.  
REN Yanming, CAO Fengmei. New development and new application of IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(2): 1-6.
- [13] 王阳光, 尹项根, 游大海, 等. 遵循 IEC61850 标准的广域电流差动保护 IED[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(2): 53-57.  
WANG Yangguang, YIN Xianggen, YOU Dahai, et al. Development of wide area current differential protection IED conforming with IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(2): 53-57.
- [14] 丁伟, 何奔腾, 王慧芳, 等. 广域继电保护系统研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(1): 145-155.  
DING Wei, HE Benteng, WANG Huifang, et al. Overview of wide-area relaying protection system[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(1): 145-155.
- [15] 沈全荣, 严伟, 梁乾兵, 等. 异步法电流互感器饱和判别新原理及其应用[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(16): 84-86.  
SHEN Quanrong, YAN Wei, LIANG Qianbing, et al. Asynchronous method for the recognition of current transformer saturation and its application[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(16): 84-86.
- [16] 李岩, 陈德树, 张哲, 等. 鉴别 TA 饱和的改进时差法研究[J]. 继电器, 2001, 29(11): 1-4.  
LI Yan, CHEN Deshu, ZHANG Zhe, et al. Research of the improved time difference method to distinguish TA saturation[J]. Relay, 2001, 29(11): 1-4.
- [17] 李瑞生, 路光辉, 王强. 用于线路差动保护的电流互感器饱和判据[J]. 电力自动化设备, 2004, 24(4): 70-73.  
LI Ruisheng, LU Guanghui, WANG Qiang. Transformer saturation criterion for line differential protection[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(4): 70-73.
- [18] 陈丽艳, 何奔腾. 一种基于负荷电流检测的电流互感器饱和识别辅助判据[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18): 69-73.  
CHEN Liyan, HE Benteng. An assistant criterion for distinguishing current transformer saturation based on the load current detection[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(18): 69-73.
- [19] 胡家为, 葛荣尚. CT 过饱和特性及对过流速断保护的影响[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(16): 133-137.  
HU Jiawei, GE Rongshang. Characteristics of CT over-saturation and its influence on overcurrent instantaneous trip protection[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(16): 133-137.

收稿日期: 2016-10-17; 修回日期: 2016-12-14

作者简介:

赵萍(1963—), 女, 高级工程师, 主要研究方向为继电保护和安全自动装置;

裘愉涛(1967—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为继电保护和安全自动装置;

徐华(1962—), 男, 高级工程师, 主要研究方向为电网规划。

(编辑 姜新丽)