

## 评价三种 CT 二次开路保护装置

靳建峰<sup>1</sup>, 翁利民<sup>2</sup>, 冯玉东<sup>1</sup>, 王毅<sup>1</sup>, 陈新军<sup>1</sup>, 沈黎明<sup>3</sup>

(1. 郑州电力高等专科学校, 河南 郑州 450004; 2. 中冶南方工程技术有限公司, 湖北 武汉 430080;  
3. 新乡供电公司, 河南 新乡 453002)

**摘要:** 以实验室试验的电路波形为依据, 论述 CT 开路时所产生过电压的特殊性。从现场需要的要求出发, 提出 CT 二次开路保护装置应具备的基本功能。以具有代表性的三种 CT 二次开路保护装置的新型实用专利技术为背景, 分别叙述了各自工作原理, 评价了各自的优缺点, 运用了电力系统对继电保护及其装置的基本要求, 以分项、列表的形式, 综合评价了三种 CT 二次开路保护装置, 并以现场运行的效果进一步证明评价依据的科学性。通过科学评价, 希望不断推出 CT 二次开路保护装置的创新技术, 让其发挥应有的作用。

**关键词:** CT 二次侧; 开路保护装置; 继电保护; 灵敏性; 可靠性

### Estimating three CT disconnection protection setting device

JIN Jian-feng<sup>1</sup>, WENG Li-min<sup>2</sup>, FENG Yu-dong<sup>1</sup>, WANG Yi<sup>1</sup>, CHEN Xin-jun<sup>1</sup>, SHEN Li-ming<sup>3</sup>

(1. Zhengzhou Electric Power College, Zhengzhou 450004, China; 2. Wuhan Iron & Steel Design & Research Institute, Wuhan 430080, China; 3. Xinxiang Power Supply Company, Xinxiang 453002, China)

**Abstract:** The paper explains the particularity of CT disconnection setting over-voltage by circuit wave of laboratory test. The paper brings forward basic function of CT disconnection protection setting by site requirement of power system, introduces each operating principle, and estimates their merits and demerits of three different new applied patents of CT disconnection. This paper evaluates synthetically three CT setting by list and items, making use of essential demand of protection of power system, and illuminates the scientificity of technique performance efficacy by practical examples. It is hoped the technique research and exploitation of CT disconnection protection setting can be furtherly developed.

**Key words:** CT secondary side; disconnection protection setting; relay protection; sensitivity; dependability

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2008)06-0073-06

## 0 引言

CT (电流互感器) 二次开路保护对于电力系统而言, 是一种新型的保护。近年来, 尽管设计研制了多种形式 CT 二次开路保护装置, 并在实际工作中发挥了作用, 直接或间接地消除了一些对电力系统的安全、可靠运行带来的经济损失及安全隐患, 提高了运行、检修人员排除开路故障的工作效率。然而, 某些产品运行效果尚不尽人意, 如: 动作不可靠 (存在误动或拒动情况)、影响测量、计量仪表的精度以及影响继电保护装置的正常工作等问题。目前, 现场运行的 CT 二次开路保护装置多种多样, 原理有差异<sup>[1~6]</sup>, 而且, CT 开路时影响电压的因素较多, 故本文以 CT 二次开路时所产生过电压的特殊性为基础, 提出 CT 二次开路保护装置应具备的基本功

能, 以具有代表性的三种 CT 二次开路保护装置 (均为新型实用专利技术) 为例, 分别叙述其工作原理, 以继电保护的基本要求为准则, 评价各自的优劣, 以供设计、运行人员参考。

## 1 CT 开路时所产生过电压的特殊性

CT 次级绕组两端的电压的大小与电流互感器的铁芯形状系数  $R$ 、铁芯截面积  $S$ 、初级绕组的匝数  $N_1$ 、次级绕组的匝数  $N_2$ 、励磁电流  $i_{LC}$ 、次级负载阻抗  $R_L$  有关, 即  $u = f(R, S, N_1, N_2, i_{LC}, R_L)$

当 CT 二次绕组开路时 ( $R_L \rightarrow \infty$ ), 由于正常的工作电流全部变为励磁电流, 将在 CT 二次侧感应出峰值为几千伏甚至十几万伏的过电压。

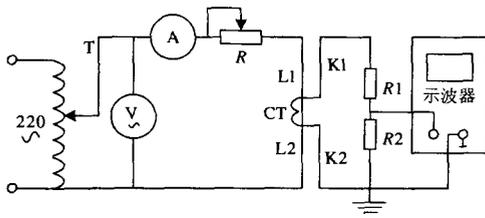


图 1 CT 开路电压波形测量电路

Fig.1 Measure circuit for CT disconnection voltage wave

测量 CT 二次绕组开路电压波形电路如图 1 所示。在图 1 中采用变比 50/5，采样分压电阻  $R_1$ 、 $R_2$  分别为  $40\text{ M}\Omega$  和  $10\text{ k}\Omega$ ，所用示波器输入电阻为  $50\text{ M}\Omega$ ，示波器探头衰减 10 倍。

在 CT 原边输入电流  $2\text{ A}$ ，副边接近开路的情况下，实测电压波形如图 2 所示。峰值电压的大小为： $u = 200\text{ mV} / \text{div} \times 3\text{ div} \times 10 \times$

$$(40 \times 10^6 / 10^4) = 24000\text{ V}$$

CT 二次绕组开路时，其次级绕组两端的电压（见图 2 所示）具有以下特点：

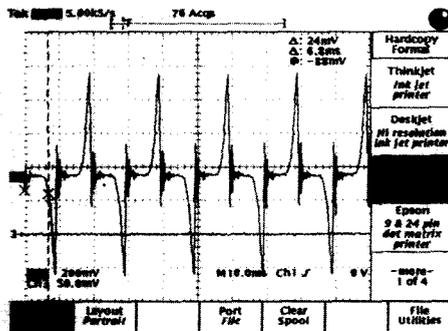


图 2 CT 副边开路副边电压波形

Fig.2 Second-coil voltage wave for disconnection running

- 1) 波形为尖峰状。
- 2) 开路所产生的过电压在每个半周波持续的时间短。开路电压的峰值并非在励磁电流的峰值时出现。在励磁电流正半周，励磁电流自过零点开始至四分之一周期内，开路电压的随励磁电流的变化规律即正弦规律变化，其大小在  $10\sim 20\text{ V}$  内；自四分之一周期至二分之一周期内，开路电压波形呈尖峰状，且大约四分之一周期后逐渐升高，在接近二分之一周期时达到峰值后，迅速降低并经过几个衰减震荡后逐渐达到零值。负半周内励磁电流的方向发生改变，其大小及变化规律与正半周一样。
- 3) 峰值电压高。励磁电流越大，CT 二次电压峰值越高，尖峰状更明显；上述测量是在有较大

取样电阻的情况下进行的，如在理想的开路情况下，CT 二次电压峰值会更高，波形更尖。

4) 内阻大。通过试验发现，开路电压的波形及其尖峰值大小与取样电阻阻值的大小有着非常敏感的特点，即在一次绕组通过的电流大于 CT 标称励磁电流且取样电阻大到一定程度（出现尖峰状）后，取样电阻越大，波形越尖，峰值越高。反之，波形尖的程度越不突出，峰值下降越多。

因此，要求开路保护装置具有较大的输入电阻，尽可能体现 CT 开路在次级绕组两端开路电压的特性，否则极易改变原有的开路电路模型，且大幅度衰减其幅值，以至于降低保护装置的灵敏度。所以开路保护装置输入电阻是灵敏性能的一个重要指标。

## 2 CT 二次开路保护装置必须同时具备如下基本功能<sup>[6]</sup>

1) 消除 CT 二次侧开路时产生的过电压，最大限度地使 CT 副边绕组输出电压为零值（CT 最佳运行状态）。以免过电压伤害人身、设备等。

2) 动作时间尽可能快。设备及人身所承受的过电压时间越短，其伤害越轻。

3) CT 开路时能就地正确显示“开路”的组别及绕组的编号，以便及时了解 CT 的运行状态，为快速消除开路情况提供有利的条件。

4) CT 二次回路完好时对测量仪表无任何影响；短路时对继电保护装置无任何影响；应能抗击正常系统倒闸操作时暂态电流对它影响的干扰。

5) 灵敏度要高。目前实际运行的几种高灵敏度 CT 二次过电压保护装置的原理基本上都是采用 CT 二次绕组开路所产生过电压的特征来设计制造的，CT 给定时，CT 二次绕组开路过电压峰值的大小与负荷电流的大小有直接相关，负荷电流越小，过电压峰值特征越不明显，装置就越不可能动作。故此原理实现的保护装置的高灵敏就显得非常重要。

6) 根据现场 CT 副边个数的需要，该保护装置的通道可任意扩展，且通道间不相互干扰。并不对其他设备产生辐射等副作用，功耗尽可能低。

7) 保护装置的触点容量大于  $5\text{ A}$ ，为非一次性使用设备，可长期使用。

## 3 三种典型的 CT 二次开路保护装置

以下简介三种新型实用专利技术的工作原理，分析其输入电阻的大小即灵敏度，评价其动作速度、动作效果、电路本身工作的可靠性等。

### 3.1 CT 开路保护装置一<sup>[2]</sup>

### 3.1.1 工作原理

装置一(见图 3 所示)主要由桥式整流电路、积分抗干扰、光电隔离、施密特触发器、继电器及其常开触点等组成。利用 CT 开路时,二次绕组电压的升高,桥式整流电路输出升高,光隔输入电流增大,  $U_{R3}$  增大, T1 的集电极电位  $U_{C1}$  降低, T2 截至, T3 饱和导通, 继电器线圈励磁, 常开触点 J2 与线圈串联闭合, 形成自保持, 同时常开触点 J3 闭合, 点亮指示灯显示开路组别, 常开触点 J1 闭合短接 CT 二次绕组, 消除由于 CT 次级绕组开路产生过电压。

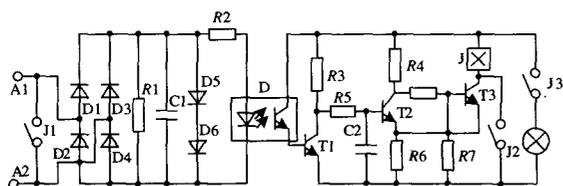


图 3 CT 开路保护装置一

Fig.3 CT disconnection protection setting No.1

### 3.1.2 存在的缺陷分析

3.1.2.1 动作时间慢。测量部分采用整流滤波电路, 虽然 CT 开路产生过电压, 但通过光隔输入的电流大小与整流滤波电路大小输出的平均值有关, 该平均值是靠时间积累来实现的, 势必造成动作时间慢。

3.1.2.2 灵敏度不高。一方面, 忽略了 CT 开路时次级绕组内阻抗大以及半导体二、三极管电阻的非线性的特点, 输入阻抗不大, 大大削弱了 CT 开路电压特性。该电路的输入回路中, 在正半周时输入阻抗为:  $R_i = R_{D1} + R_{D3} + R1 \parallel (R_{D5} + R_{D6}) \parallel (R_2 + R_{DG})$ , 同理负半周输入阻抗为:

$R_i = R_{D2} + R_{D4} + R1 \parallel (R_{D5} + R_{D6}) \parallel (R_2 + R_{DG})$ , 除  $R_1$ 、 $R_2$  外,  $D1 \sim D6$  以及光隔的输入回路  $R_{DG}$  都属于非线性电阻元件, 开路电压的升高将使得  $D1 \sim D6$  以及光隔的输入回路  $R_{DG}$  的阻值急剧减少, 同时由于 CT 开路时次级绕组内阻抗大的特点, 根据串联电路的分压计算, 真正在此输入端获得的电压是有限的, 除非一次电流很大, 才能在输入端获得较大电压, 使得该套保护动作。另一方面, 尽管放大电路中采用复合三极管来提高放大倍数, 但与光隔并联的两个串联二极管有极强的分流作用, 使流入光隔(含有的限流串联电阻)的电流甚小, 造成电路整体设计中“瓶颈效应”, 灵敏度不可能高。

3.1.2.3 正常运行时对测量仪表、保护装置有恶劣影响。CT 的副边运行电压与副边阻抗、CT 变比及负荷大小等因素有关。在一定负荷下整流滤波电路有较大的分流作用, 势必使测量仪表指示或计量减

少。更为严重的是在正常运行情况下, 发生误动短接 CT 次级绕组, 影响测量、计量设备的正常运行。现场正常运行时: 2003 年 9 月 30 日上午 10: 30 对河南新乡市供电公司王村变 10 kV 三条出线 CT 一次侧电流、二次侧电压端口电压部分进行了实测, 测量数据(有效值)数据见表 1。

表 1 10 kV 出线 CT 一次负荷电流、二次侧电压测量值  
Tab.1 Measure value of 10kV out-coming of CT first side load current and second side voltage

线路名称	王豫	II 王西	王中
负荷	200 A	100 A	150 A
A411-N	3.1 V	1.35 V	1.95 V
C411-N	3.3 V	1.39 V	1.96 V
A421-N	0.33 V	0.147 V	0.21 V
C421-N	0.24 V	0.107 V	0.158 V

如: 10 kV 线路王豫线 A 相 CT A411-N 工作电压的有效值 3.1 V (幅值 4.384 V), C 相 CT C411-N 工作电压的有效值 3.3 V (幅值 4.6669 V), 王中线 A 相 CT A411-N 工作电压的有效值 1.95 V (幅值 2.753 V), 王中线 C 相 CT C411-N 工作电压的有效值 1.96 V (幅值 2.77144 V), 足以克服二、三极管 PN 结的势垒(若按硅管考虑每个 PN 结的导通电压在 0.5 V)作用。

### 3.1.2.4 工频电压阈值不高, 抗干扰能力差

一次系统短路时人为闭锁继电保护。CT 副边正常工作时, 一次系统短路电流经 CT 变换为二次系统很大电流, 在二次恒定负载下使 CT 副边电压很高, 而该装置因工频电压阈值不高闭锁继电保护装置, 导致电力系统损失更大。

### 3.1.2.5 电路的可靠性不高

光电隔离电路(包含  $R_2$ )的输入电量, 严格意义上取自 CT 次级绕组两端的电压量, 正常工作时为了避免该装置的误动, 添加线性电阻  $R_2$  以限制流入光隔的电流的大小, 在光隔的输出端发射级 E 连接 T2 的基极, 与 T2 构成复合三极管以提高其电流放大倍数, 值得引起注意的是: 如果流入光隔的电流较大, 将造成光隔输出饱和, 对应的集电极、发射极之间出现 0.1~0.3 的饱和压降, 此时加在 T2 的基极、发射极之间的电压等于电源电压减去光隔的饱和压降, 骤然间产生很大的电流流入 T2 的发射结。使 T2 发射结烧毁, 同时也危及到该装置的直流电源的正常工作。

## 3.2 CT 开路保护装置二<sup>[7]</sup>

### 3.2.1 工作原理

CT 开路保护装置二(见图 4 所示)其原理是:

利用 CT 开路时的正半波, CT 二次绕组电压的升高, 非线性电阻 (varistor) 导通, 迅速将触发电容器 (trigger capacitor) 充电, 电容器两端达到两端交流开关元件 (diac) 的导通电压时, 触发电容经导通的两端交流开关元件触发三端双向可控硅开关元件 (triac) 而导通, 瞬间短接 CT 二次绕组, 负半周时利用 triac 的双向导通特性, 重复上述过程。

3.2.2 存在的缺陷分析

本专利英文公告原文在叙述其原理时, 忽略了四个重要事实: 其一, CT 开路时具有虽然电压高但内阻大的特点; 其二, 维持三端双向可控硅开关元件 (triac) 导通是需要一定电压 (至少需 1.4 V)<sup>[8]</sup>。其三, 非线性电阻 (varistor) 击穿导通的次数是受限制<sup>[9]</sup>的, 即超过这个次数, 将失去其特性或烧穿、烧断。其四, 开路所产生的过电压在每个半周波持续的时间短。

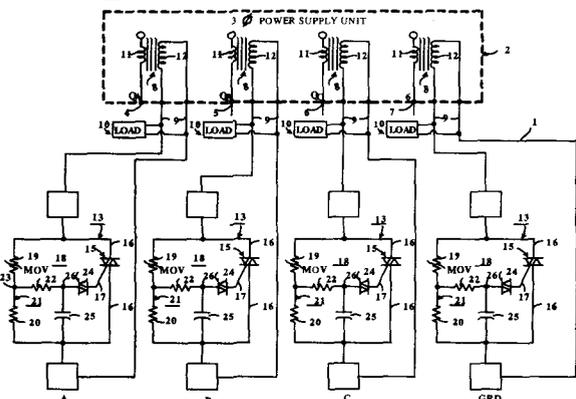


图 4 CT 开路保护装置二

Fig.4 CT disconnection protection setting No.2

在 CT 开路时正半波电压达到非线性电阻 (varistor) 的击穿电压时, 三端双向可控硅开关元件 (triac) 经触发电容器 (trigger capacitor) 以及过两端交流开关元件 (diac) 导通短接了 CT 次级绕组 (transformer secondary winding), 但是, 此时加在三端双向可控硅开关元件 (triac) 阳、阴之间的电压瞬间就变得不足以维持其导通而阻断, 三端双向可控硅开关元件 (triac) 阻断后, 继续重复上述过程, 三端双向可控硅开关元件 (triac) 导通——阻断——导通, 由导通、阻断所产生的效果是: 在四分之一周期至二分之一周期内, CT 二次绕组两端电压是脉冲宽度不等 (考虑尖峰波上升过程)、幅值等于非线性电阻 (varistor) 击穿电压的间歇序列脉冲电压, 半周具体产生脉冲电压的个数由 CT 开路时所呈现的内阻、非线性电阻 (varistor) 的击穿电压、线性电阻 (linear resistor 21、22) 阻值的大小以及触发电容器 (trigger capacitor) 的容量、两端交流

开关元件 (diac) 导通所需的电压以及尖峰值的大小等因素来决定。负半周情况类同, 只是歇序列脉冲电压的极性为负。该间歇序列脉冲电压将对其他二次设备产生极强的高频电磁干扰; 不可能使 CT 二次绕组处于低电压工作状态, 如果超过了非线性电阻 (varistor) 击穿导通的次数, 则该套保护装置失效, 若非线性电阻烧穿也会对二次设备产生极为不利的分流作用。

3.3 CT 开路保护装置三<sup>[5, 10]</sup>

3.3.1 工作原理

CT 开路保护装置三 (见原理框图 5、电路原理图 6 所示)。

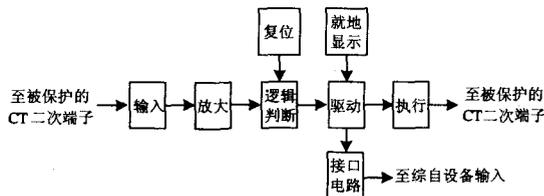


图 5 CT 开路保护装置三原理框图

Fig.5 Theory chart of CT disconnection protection circuit for third

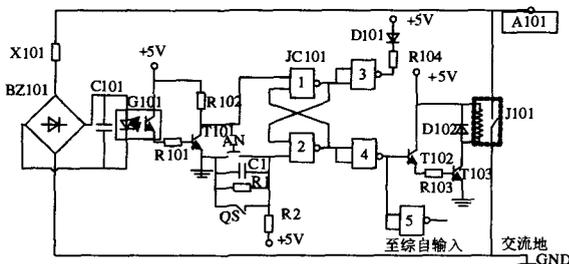


图 6 CT 开路保护装置三电路原理图

Fig.6 Circuit principle of CT disconnection protection circuit for third

3.3.1.1 电路组成: 从图 5、图 6 中可以看出本装置主要由输入 (压敏电阻 X101、整流桥 BZ101、电容器 C101、光隔输入)、放大 (光隔、R101、R102、T101)、逻辑判断 (与非门 1、2 组成的基本 RS 触发器)、驱动 (与非门 4、T102、T103、R103)、执行 (继电器 J101、D102)、就地显示 (与非门 3、R104、D101)、接口 (与非门 5)、复位 (复位按钮 AN、电容器 C1、电阻 R1、断路器的常闭辅助触点 QS、电阻 R2) 等电路共八部分组成。

3.3.2 CT 开路保护装置三的电路评价

3.3.2.1 灵敏度高

(1) 正常工作及 CT 开路所产生的电压低于压敏电压时, 输入阻抗高。

输入电路直接与 CT 的二次绕组输出接线端子 (k1、k2) 相连, 压敏电阻此时由于 CT 次级绕组处于低电压状态, 而呈现高阻特性, 减少对测量、计量、继电保护装置的分流作用, 消除对其他装置的精度影响; CT 开路时, 在其次级绕组所产生的过电压变化过程中, 低于压敏电压时, 呈现的高阻特性, 能够充分地体现了 CT 开路电压的特性; 当过电压大于或等于压敏电压时 CT 二次电流瞬间全部流入光隔输入电路, 提高该电路反映 CT 开路的鉴别能力即灵敏性。

(2) 由光隔和三极管 T101 组成的复合三极管具有超 $\beta$ 性能, 对 CT 开路电流放大, 进一步提高了本装置的灵敏度。

### 3.3.2.2 抗干扰性强

电路中有压敏电阻、电容器 C 和与非门的 1 的开门电平<sup>[11]</sup>三个抗干扰措施, 利用压敏电阻的高击穿电压特性抗击干扰脉冲; 电容器 C 作用有两个: 其一: 通过对光隔输入电路的放电作用来抵消由非线性电阻微弱漏电流通过桥式整流电路对电容器 C 的充电作用, 以可靠维持电容器 C 两端在正常运行时基本处于零值。其二, 利用正常时电容器 C 两端基本处于零值的特点, 增强吸收电力系统由于倒闸操作产生的、电力系统短路<sup>[12]</sup>等有暂态干扰脉冲的能力; 利用 R102 电位与“与非门”1 固有的开门电平进行比较, 决定装置的动作与否, 充分保证该装置工作的可靠性。

3) 具有电气隔离<sup>[13]</sup>特点。输入采用光电隔离, 输出采用继电器电气隔离。

### 3.3.2.3 动作速度快, 逻辑判断电路简单

利用基本 RS 触发器逻辑判断电路双稳态特性<sup>[11]</sup>, 记忆保持放大电路的“第一次输出低电平”(采样保持暂态) 工作状态, 实现动作快速性; 根据放大电路输出电压的大小, 来判断 CT 完好或开路, 以输出不同的逻辑电平 (CT 完好时输出“0”, CT 开路时输出“1”), 具有识别 CT 完好、开路的功能;

### 3.3.2.4 驱动电路驱动能力强, 功耗低

正常工作时, 光隔、T101~T103 均处于截止工作状态; CT 开路时, 对逻辑判断电路的输出电平进行功率放大, 具有输入阻抗高、输出阻抗低等特点以增强驱动能力, 同时 T102、T103 处于饱和工作状态, 以降低电路功耗。

### 3.3.2.5 可靠消除过电压

对于继电器而言, CT 完好时不动作, CT 开路时动作将其二次绕组端子短端接, 消除过电压。

### 3.3.2.6 采用发光二极管正确显示 CT 开路次级绕组的组别及绕组的编号

从运行方便出发, 便于及时了解互感器的运行状态。发生 CT 开路时, 准确确定开路回路范围, 为快速消除开路情况提供了有利的条件。

### 3.3.2.7 采用多种复位电路: 降低运行、检修人员的劳动强度

它包括上电自动复位电路、断路器断开自动复位电路、手动复位电路三部分。

装置内装设触点容量为 7 A 的出口继电器, 在电流互感器开路副边电压峰值 $\geq$ 压敏电阻的压敏电压时, 出口继电器触点将 CT 的相应二次绕组短接, 从而消除过电压, 同时装置面板上相应的发光二极管点亮, 告知运行人员 CT 的开路信息。检修人员可以在不停电的情况下, 检查相应的二次回路, 二次回路完好后, 点按复位按钮, 发光二极管熄灭; 若二次回路上处于断开状态, 点按复位按钮, 发光二极管仍点亮, 继续检查相应二次回路, 直到完好为止。

## 3.4 三种典型的 CT 二次开路保护装置比较结果见表 2

表 2 三种典型的 CT 二次开路保护装置比较结果

Tab.2 Estimating result of three CT disconnection protection setting

比较项目类别	CT 开路保护装置一 CN2074493U	CT 开路保护装置二 US4466039A	CT 开路保护装置三
选择性	好	好	好
快速性	一般 (需几个周波后更长时间内)	好 (半个周波内)	好 (一个周波内)
灵敏性	较差 (输入电阻较小)	好 (输入电阻较大)	好 (输入电阻较大)
可靠性	会产生误动或拒动	好	好
电路本身工作的可靠性	较差 (见 3.1.2.5)	较差 (见 3.2.2)	好 (见 3.3.2.2)
与被保护对象的隔离措施	好 (光电、电磁)	无	好 (光电、电磁)
保护动作后 CT 次级绕组的输出状态	零值	脉冲宽度不等、幅值等于非线性电阻 (varistor) 击穿电压的间歇序列脉冲电压	零值
对其他设备的影响情况	无	有辐射作用	无
适用范围	户内开关柜	户内外 CT	户内开关柜

## 4 结论

我们对采用 CT 开路保护装置三专利技术的 CTJW—II CT 开路保护装置做了直流电阻和动作电流测定、复位功能的测定、倒闸操作、一次系统短路电流冲击的模拟等一系列的试验,并通过现场在线选择性、可靠性试验,经过长时间运行,工作可靠,运行中无用户提出产品质量问题。

CT 开路保护装置的性能关系到电力系统的安全运行及经营效益。灵敏度高、工作可靠的 CT 开路保护装置,可及时消除了对电力系统的安全、可靠运行带来经济损失及安全隐患,提高了运行、检修人员排除开路故障的工作效率。随着 CT 开路保护装置技术的不断创新,必将发挥应有的作用。

## 参考文献

- [1] 郑辉.一种新颖的电流互感器开路运行预防保护装置[J].三明师专学报,2000,(1):17-20.  
ZHENG Hui.Novel Protection to Guard Against CT Discon-nexion Running[J]. Sanming Normal College Transactaion,2000,(1):17-20.
- [2] 向华.电流互感器开路保护装置[P].中国专利:89216913.3,1991-04-03.  
XIANG Hua.The Protector to Guard Against CT Discon-nexion Running for Transformer[P].China:89216913.3,1991-04-03.
- [3] 聂光启,龚庆,李伟,等.交流电流互感器开路保护器[J].中国专利:CN 87 2 03813,1988-05-04.  
NIE Guang-qi,GONG Qing,LI Wei,et al.The Protector to Guard Against CT Discon-nexion Running for Transformer[P].China:CN 87 2 03813,1988-05-04.
- [4] 柯迪民,吴家献,李汝军,等.电流互感器二次测开路保护器[P].中国专利:0229882.1,2004-02-04.  
KE Di-min,WU Jia-xian,LI Ru-jun.The Protector to Guard Against CT Discon-nexion Running for Transformer[P].China:0229882.1,2004-02-04.
- [5] 靳建峰.高灵敏度 CT 开路保护装置[P].中国专利:ZL200420010869.6,2005-08-03.  
JIN Jian-feng.High Sensitivity Protector to Guard Against CT Discon-nexion Running for Transformer[P].China:ZL200420010869.6,2005-08-03.
- [6] 靳建峰,翁利民,杨文学,等.现有 TA 开路保护装置的缺陷及改进方向[J].高电压技术,2006,(3):108-110.  
JIN Jian-feng,WENG Li-min,YANG Wen-xue,et al Limitation and Improving Direction of Existing CT Discon-nexion Protection Setting[J].High Voltage Engineering,2006,(3):108-110.
- [7] Moran R J,Reis M J. Open Ciecurt Current Transformer Protection[P]. United State Patent:4466039,1984.  
瑞奇特.杰.莫安,诺伯特.杰.瑞斯 密尔沃基人电流互感器开路保护装置[P].美国:4466039,1984.08.14.
- [8] 童诗白.模拟电子技术基础[M].北京:高等教育出版社,2001.  
TONG Shi-bai.The Basic of Electron Technology on Simulation[M].Beijing:Higher Education Press,2001.
- [9] Blash 压敏电阻器的伏安特性和电性能参数. Voltage-current Characteristics of Sensitivity Resistance and Electric Performance Data[EB/OL].  
http://www.dianyuangu.com/jiaocheng/dianlvbofanglei/2007-03-20/162\_2.html
- [10] 靳建峰.高灵敏度 CT 开路保护装置[P].中国专利:2004100100292.3,2005-02-23.  
JIN Jian-feng.High Sensitivity Protector to Guard Against CT Discon-nexion Running for Transformer[P].China:2004100100292.3,2005-02-23.
- [11] 阎石.数字电子技术基础上册[M].北京:高等教育出版社,1981.  
YAN Shi.The Basic of Electron Technology on Digital[M]. Beijing:Higher Education Press,1981.
- [12] 李光琦.电力系统暂态分析[M].北京:中国电力出版社,1995.  
LI Guang-qi. Transient Analysis on Electric Power System[M]. Beijing:China Electric Power Press,1995.
- [13] 杨奇逊.微型机继电保护基础[M].北京:水利电力出版社,1988.  
YANG Qi-xun.The Basic of Relay Protection[M].Beijing: Hydraulic and Electric Power Press,1988.
- [14] 黄益庄.变电站综合自动化技术[M].北京:中国电力出版社,2000.  
HUANG Yi-zhuang.Substation Synthetic Automation Technique[M].Beijing: China Electric Power Press,2000.

收稿日期:2007-06-25; 修回日期:2007-12-18

作者简介:

靳建峰(1963-),男,硕士,副教授,从事电力系统的教学与电力自动化设备的开发研究; E-mail: zzdzzjf@sina.com

翁利民(1969-),男,博士,教授级高级工程师,长期从事电力系统的研究与电力自动化设备的开发研究;

冯玉东(1971-),女,硕士,讲师,从事计算机应用软件开发与研究。