

利用 GPS 实现高压线路保护的远距离双端测试

张克元¹, 罗静¹, 赵明²

(1. 许昌继电器研究所, 河南 许昌 461000; 2. 蚌埠供电局, 安徽 蚌埠 233000)

摘要: 提出了基于 GPS 的高压线路保护的远距离双端测试实验方案, 并详细阐述了方案的原理构成、实现及双端实验模型的建立, 并指出了方案的应用前景。

关键词: 纵联保护; 同步时钟; 对时

中图分类号: TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2000)01-0043-03

1 前言

目前, 在我国继电保护的调试仪中, 无论是电磁元件搭成的试验车还是由微机构成的测试仪, 都只能进行常规的单端量的测试, 而对广泛使用的高压输电线路纵联保护, 必须对线路两侧的继电保护和通道设备装置进行联调实验。当前, 因无法达到同步注入区内、区外故障量而不得不采用常规的间接测试方法。这样就无法模拟更真实的故障行为, 无法对线路两侧的保护达到更加精确的调试。所以, 直接进行区内、区外故障的模拟并在线路两侧同时加上故障量, 模拟真正的短路故障试验, 是当前继电保护行业中亟待解决的问题。

怎样在线路两端同时加上故障量? 关键问题是两侧调试装置的时间同步问题。随着全球定位系统 GPS 的发展, 利用同步时钟来控制实验仪器已成为可能。本文的设计方案就是利用 GPS 全球定位系统实现高压线路纵联保护的远距离双端测试实验, 达到模拟更真实的故障行为。

2 主要工作原理

通过 GPS 全球定位系统, 使放置于输电线路两端的两台实验设备获得统一的时钟, 在双端约定的统一时间按实验人员输入的故障参数同时发生故障, 模拟输电线路故障情况, 考核纵联保护动作的正确性, 故障类型按线路保护整组实验形式设置。

3 硬件方案

在现有的 MRT-02A 或 MRT-03 型微机多功能继

电保护测试仪上增加 GPS 时钟接口模板, 接收 GPS 时钟信号, 设备连接如图 1 所示:

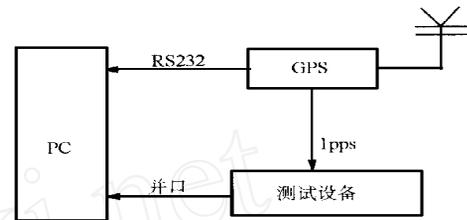


图 1

GPS 的 RS232 输出直接与 PC 机的 RS232 口连接, 向 PC 机输送标准时间信息, 而 GPS 的 1pps 秒脉冲则经测试设备的开入通过 PC 机的并口接入 PC 机。

4 实验过程

测试软件工作时, 首先要求操作人员输入实验参数及故障发生时间, 确认后首先完成数据的处理及准备工作, 然后监视 RS232 及 1pps 开入脉冲, 获得准确的同步时间, 在预置时间到达 2s 前开中断, 向实验设备输出正常系统电压, 当计数时间到达预置时间时发生故障, 故障最多维持 5~10s, 如保护未动作, 实验结束。

4.1 对时解析

GPS 接收机输出两个信号, 一是标准时间信号, 作为“实验时间”命令, 用以启动每次实验, 1pps 脉冲信号经过相位同步后作为同步信号, 如果在 PC 机的控制程序中输入实验开始时间, 程序将此时间与 GPS 标准时间比较, 当两个时间相同时屏蔽其他任何任务, 用查询方式来捕捉 GPS 1pps 秒脉冲, 当上升沿到来时, 立即送入故障量, 开始同步模拟。

收稿日期: 1999-09-06

作者简介: 张克元(1964-), 男, 高级工程师, 从事电力系统继电保护及自动化的研究。

表 1

项别	故障点					
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	
A	U_a	0	0	$\frac{E_a \cdot Z_1/2(1+K)}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1/2}$	$\frac{E_a \cdot Z_1(1+K)}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1}$	$\frac{E_a \cdot Z_1(1+K)}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1}$
	U_b	E_b	E_b	E_b	E_b	E_b
	U_c	E_c	E_c	E_c	E_c	E_c
	I_a	$\frac{-E_a}{Z_{Ns} + (1+K) Z_1}$	$\frac{E_a}{Z_{Ms}}$	$\frac{E_a}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1/2}$	$\frac{E_a}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1}$	$\frac{E_a}{Z_{Ms} + (1+K) Z_1}$
	I_b	0	0	0	0	0
	I_c	0	0	0	0	0
BN	与 AN 时类似					
CN	与 AN 时类似					
A	U_a	$(E_a - E_b)/2$	$(E_a - E_b)/2$	$(E_a - E_b)/2 + I_a \cdot Z_1/2$	$(E_a - E_b)/2 + I_a \cdot Z_1$	$(E_a - E_b)/2 + I_a \cdot Z_1$
	U_b	$(E_a - E_b)/2$	$(E_a - E_b)/2$	$(E_a - E_b)/2 + I_b \cdot Z_1/2$	$(E_a - E_b)/2 + I_b \cdot Z_1$	$(E_a - E_b)/2 + I_b \cdot Z_1$
	U_c	E_c	E_c	E_c	E_c	E_c
	I_a	$\frac{-(E_a - E_b)}{2(Z_{Ns} + Z_1)}$	$\frac{E_a - E_b}{2Z_{Ms}}$	$\frac{E_a - E_b}{2(Z_{Ms} + Z_1/2)}$	$\frac{E_a - E_b}{2(Z_{Ms} + Z_1)}$	$\frac{E_a - E_b}{2(Z_{Ms} + Z_1)}$
	I_b	$\frac{E_a - E_b}{2(Z_{Ns} + Z_1)}$	$\frac{-(E_a - E_b)}{2Z_{Ms}}$	$\frac{-(E_a - E_b)}{2(Z_{Ms} + Z_1/2)}$	$\frac{-(E_a - E_b)}{2(Z_{Ms} + Z_1)}$	$\frac{-(E_a - E_b)}{2(Z_{Ms} + Z_1)}$
	I_c	0	0	0	0	0
BC	与 AB 时类似					
CA	与 AB 时类似					
A	U_a	0	0	$I_a \cdot Z_1/2$	$I_a \cdot Z_1$	$I_a \cdot Z_1$
	U_b	0	0	$I_b \cdot Z_1/2$	$I_b \cdot Z_1$	$I_b \cdot Z_1$
	U_c	0	0	$I_c \cdot Z_1/2$	$I_a \cdot Z_1$	$I_a \cdot Z_1$
	I_a	$\frac{-E_a}{Z_{Ns} + Z_1}$	$\frac{E_a}{Z_{Ms}}$	$\frac{E_a}{(Z_{Ms} + Z_1/2)}$	$\frac{E_a}{(Z_{Ms} + Z_1)}$	$\frac{E_a}{(Z_{Ms} + Z_1)}$
	I_b	$\frac{-E_b}{Z_{Ns} + Z_1}$	$\frac{E_b}{Z_{Ms}}$	$\frac{E_b}{(Z_{Ms} + Z_1/2)}$	$\frac{E_b}{(Z_{Ms} + Z_1)}$	$\frac{E_b}{(Z_{Ms} + Z_1)}$
	I_c	$\frac{-E_c}{(Z_{Ns} + Z_1)}$	$\frac{E_c}{Z_{Ms}}$	$\frac{E_c}{(Z_{Ms} + Z_1/2)}$	$\frac{E_c}{(Z_{Ms} + Z_1)}$	$\frac{E_c}{(Z_{Ms} + Z_1)}$

4.2 定时误差分析

此方案中的定时模式有可能带来以下的定时误差：

- a. 采用查询方式捕捉 GPS 1pps 秒脉冲时, 尽管屏蔽其他任何中断, 包括响应键盘、鼠标等, 但查询指令的循环执行仍然会有时间误差。但此误差应为 ns 级, 不会超过 1μs 级, 但为保证避免由于 GPS 1pps 秒脉冲的不正常而使程序走入死循环, 进入循环查询前应首先确认 GPS 定时输入的正确性。
- b. 故障比如同步后, 以后的时间不能再依赖

1pps 秒脉冲同步, 由于两台计算机的时钟晶振的误差会造成双端的时间误差, 由于故障持续时间较短, 因此累积误差不会很大, 如果故障持续时间 10s, 而晶振频率误差为 $1/10^5$, 累积误差应小于 $10 \times (1/10^5) = 1/10^4(s) = 100\mu s$ 。

c. 其他误差

以上三种误差综合应不超过 200μs, 相当于相移 3.6 度, 不会影响测试的准确性。

5 实验模型的建立

5.1 符号解释

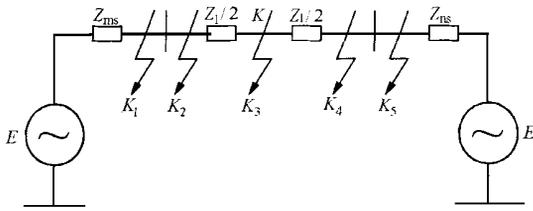


图2 系统模型图

Z_{MS} 为系统M侧的阻抗, Z_{NS} 为系统N侧的阻抗, Z_1 为线路阻抗, K 为零序阻抗补偿系数, E 为发电机电势。

5.2 系统模型参数的设定

5.2.1 为了保证故障电流小于测试设备允许输出的最大电流30A,因此,限定系统阻抗 Z_{MS} 及 Z_{NS} :

$$(E/Z_{MS}) \leq 15A \quad (E/Z_{NS}) \leq 15A$$

$$\text{即: } Z_{MS} (Z_{NS}) \geq 100/15 \times 1.732 = 3.8$$

5.2.2 为计算简便,设定系统M侧的零序、正序、负序阻抗都为 Z_{MS} ,系统N侧的零序、正序、负序阻抗都为 Z_{NS} 。

5.2.3 不考虑过渡电阻及对侧系统对本侧的影响。

5.2.4 固定线路阻抗角80度。

5.2.5 设置 $K_1 - K_5$ 五个故障点,故障类型为单相短路(AN, BN, CN),相间短路(AB, BC, CA),三相短路(ABC)。实验时双端设定相同实验时间,选取对应故障点相同故障相别。

5.2.6 为模拟系统故障时的非周期分量,应向故障电流中叠加相应的分量:

$$I_a = I_a \sin(\omega t + \phi) + I_a \sin \phi e^{-(t/T)}, \text{直到非周期量衰减到足够小为止。}$$

5.2.7 实验时应实时地监视保护的動作情况,在监测到保护动作时的两周波之后第一次电流过零点,切断短路电流,恢复正常电压。

5.2.8 各种短路情况下,故障参数分析如表1所示。

5 结语

利用GPS进行同步暂态实验,其最大的优点就是能够模拟更真实的故障,使得高压线路纵联保护的调试更加精确,为高压线路保护的远距离双端测试提供了非常优越的条件,相信以后在这一方面的研究会更加趋于完善。

Using GPS to realise distant two - end testing of HV line protection

ZHANG Ke-yuan¹, LUO Jing¹, ZHAO Ming²

(1. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000; 2. Bangfu Power Supply Bureau, Bengbu 233000, China)

Abstract: A distant two - end testing plan of HV line protection based on GPS is presented. It describes the principal structure and realization of the plan and the setup of the two - end experimental model and its application future.

Keywords: longitudinally - connected protection; synchro - clock; time setting

(上接第2页)度的前提下,通过在暂态稳定计算中灵活的控制积分步长,显著地减少了在定步长控制中的冗余计算量。实际运行结果表明,该方法有效地提高了快速高阶Taylor级数法暂态稳定计算方法在经典发电机模型下的解算效益。

参考文献:

- [1] 郭志忠. 电力网络节点解析新探. 华北电力学院博士学位论文, 1991: 70 - 75.
- [2] 郭志忠, 柳焯. 快速高阶Taylor级数法暂态稳定计算. 中国电机工程学报, 1991, 11(3): 8 - 16.

A new fast transient stability simulation method

BAI Xue-feng¹, GUO Zhi-zhong¹, WANG Yong-gang²

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150001; 2. Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000)

Abstract: Based on the analysis of calculation quantum and calculation precision in Fast Transient Stability Simulation by Higher Order Taylor Series Expansions, a dynamic order control is proposed under the requirement of calculation precision. The numerical simulation tests demonstrate that the dynamic order control improves the calculating efficiency greatly and has practical value in power system transient stability simulation and analysis.

Keywords: power system; transient stability; Taylor series method