

# WXH - 801/802 数字式微机线路保护的研究

李瑞生,冯秋芳,刘星,刘千宽,钟运平

(许昌继电器研究所,河南 许昌 461000)

**摘要:**介绍了基于32位DSP研制开发高压、超高压线路保护的情况及WXH-801/802微机线路保护在500kV系统动模及试运行情况。该装置采用了数字信号处理器DSP、大容量FLASH、大容量RAM、可编程CHLD和16位A/D数据采集系统等先进技术作为保护CPU板,采用嵌入式80x86作为人机对话MMI板;保护原理采用了自适应频率跟踪及自适应综合判据。

**关键词:**微机线路保护; 数字信号处理器; 自适应频率跟踪

**中图分类号:** TM773 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2000)12-0045-03

## 1 引言

自1984年第一台微机线路保护装置在我国投入现场运行以来,经过十余年的发展,国产微机线路保护装置在原理、性能和主要技术指标方面均已达到国际先进水平,其制造工艺也逐渐达到国际先进水平。在微机线路保护装置的研制、制造和运行等方面,我们积累了丰富的经验,装置的开发经历了8位机、16位机到32位机等不同阶段。尤其是国内500kV超高压输电线路逐步采用适合国情的国产装置,这也为我国开发1000kV电压等级的保护装置积累了丰富的技术和实践经验。

根据高压、超高压系统稳定的要求,线路保护一般采用双重配置,即一条线路至少配置两套主保护和一套后备保护。主保护可适用于多命令、载波、光纤、微波等通道,对各种故障应能正确选相。随着电网的不断发展,对保护的可靠性及快速性提出了更高的要求;随着装置的下放,对装置的抗干扰性能也提出了更高的要求。由于新技术新工艺的发展,这些都已变为可能。WXH-801/802微机线路保护就是适应这一要求而研制开发的。

## 2 装置介绍

WXH-801/802型微机线路保护装置是基于32位浮点型DSP为基本的软硬件平台的数字式超高压线路快速保护装置。该装置含有由带补偿的纵联正序故障分量方向元件(纵联综合距离元件)和零序方向元件构成的全线速动的主保护,由三段式相间距离和接地距离以及六段零序方向保护(四段零序及二段不灵敏零序保护)构成的全套后备保护,并配置有自动重合闸,适用于作110~500kV输电线路的

主保护,后备保护以及一次自动重合闸。

WXH-801/802微机线路保护装置采用了许多新技术、新工艺。装置采用了32位带浮点运算的DSP快速处理芯片作保护CPU,大容量FLASH作程序存储区,大容量RAM作数据存储区,高精度的16位A/D作数据采集及CHLD技术;人机接口MMI采用嵌入式80186。为了提高装置的可靠性及抗干扰能力,在软硬件设计上作以下考虑:

(1) 采用独立的16位A/D作数据采集,保护测量精度高,任一A/D损坏不影响其它保护的运行,不致使整套保护退出。

(2) 采用双连接器连接,强弱电回路、开入开出经不同连接器出线,合理布局,大大提高了装置的抗干扰性能。

(3) 采用先进的开发环境,软件设计做到标准化、模块化。

(4) 通信接口灵活。由于采用嵌入式PC,可方便同不同通信规约的通信管理机相连。

(5) 采用自适应的数字滤波器,根据故障发生工况不同采用不同的数字滤波器,提高装置软件的抗干扰能力。

(6) 采用软件编程的可视化,用户根据厂家提供的故障分析软件了解程序的逻辑走向,便于用户分析保护的动作为、处理系统事故。

(7) 采用自适应测频技术及自适应保护判据,提高装置的安全性及可靠性。

(8) 采用自适应后加速。保护判断系统是否发生振荡,在系统没有发生振荡时瞬时加速,在系统振荡时延时加速。

WXH-801/802微机线路保护装置的设计原则是主保护的完整独立且全过程投入,在各种故障情

况下,主保护都能正确反应;自适应双回线或单回线;适用于多命令、载波、光纤及微波通道。WXH - 801 保护采用纵联方向作主保护, WXH - 802 保护采用纵联复合距离作主保护。主保护根据故障不同工况、不同时段投入最佳的保护判据。主保护在故障发生后的 10ms 内投入独立的、不依赖通道配合的快速距离,保护在出口故障时 5 ~ 10ms 可快速出口;在故障发生后的 50ms 内投入正序故障分量方向元件(WXH - 801)、复合距离(WXH - 802)及零序方向元件,在 50 ~ 150ms 考虑功率倒方向,所有元件动作均带 20ms 延时;150ms 以后装置能适应测量出系统频率及系统是否发生振荡,除投入以上方向元件外,还投入负序方向元件及反应振荡中三相短路的故障判别元件  $U_{\cos}$ 。整套主保护在故障全过程投入。

WXH - 801/802 后备保护配置距离保护和零序电流保护。距离保护采用自适应圆特性的相间距离及接地距离元件,在装置测出系统振荡及频率的情况下,保护故障元件根据振荡周期的大小自适应地延时;故障测距采用自适应测距,在大电阻接地情况下也能较准确地测出故障点的距离。零序电流保护除配置了常规的四段零序及二段不灵敏零序外,还配置了可选用的反时限零序电流保护,以及在极性校验情况下和 PT 断线情况下的二段过流保护。

### 3 动模试验

由华中电力调度通信局、许继集团公司许昌继电器研究所组织,河南省电力调度通信中心、湖北省电力调度通信局、湖南省电力调度通信中心、江西省电力调度通信局、湖北省超高压输变电局、湖南省变电修试安装公司、葛洲坝水力发电厂大江分厂等单位的专家,于 2000 年 7 月 18 日至 7 月 20 日在国家继电器质量监督检验中心动态模拟实验室对许继公司生产的 WXH - 801/802 型新一代微机线路保护装置进行了一次全面的动态模拟试验。试验按照有关国家标准和企业标准制订试验大纲逐项进行。本次模拟试验根据原型要求建立单机对无穷大系统,500kV 双回无互感线路,试验接线如图 1。

原型系统:

发电机容量:2800MVA

线路电压:500kV

线路长度:400km

线路阻抗:  $Z_1 = 0.027 + j0.277 / \text{km}$

$Z_0 = 0.26 + j0.733 / \text{km}$

并联电抗器:  $S = 50\text{MVAR} \times 3$  两组, 补偿度 = 0.7

线路电容:  $C_1 = 0.013\mu\text{F}/\text{km}$

$C_0 = 0.00859\mu\text{F}/\text{km}$

PT 变比: 500kV/0.1kV

CT 变比: 2500A/1A

模型系统参数:

模拟比:

电压比  $M_V$  500kV/1kV = 500

电流比  $M_I$  2500A/5A = 500

阻抗比  $M_Z$  500/500 = 1

容量比  $M_S$  500  $\times$  500 = 25  $\times 10^4$

线路长度:400km

CT 变比:5A/1A

PT 变比:1000V/100V (采用 CVT)

线路阻抗:

(一次值)

(二次值)

$Z_1 = 7.72 + j110.54$  ;  $Z_1 = 3.86 + j55.27$

$Z_0 = 59.34 + j311.62$  ;  $Z_0 = 29.67 + j155.81$

发电机:  $S = 11.2\text{kVA}$   $X_d = 0.362$

$U = 244\text{V}$   $X_d = 0.2$

变压器:  $S = 11.5\text{kVA}$   $U_k = 14\%$   $K = 4.3$

系统等值电抗:  $X_1 = 23$  ;  $X_0 = 30$

并联电抗器:  $X_1 = 1667$  (模拟 50MVAR  $\times 3$ )

两组

补偿系数: 0.7

保护装设在 L1 两侧。

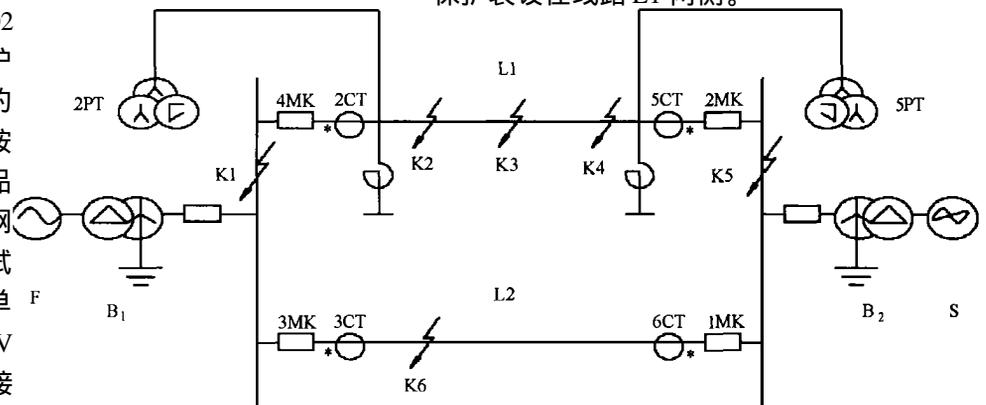


图 1 500kV 线路保护动模试验接线图

动模试验项目有区内各种故障、发展性故障、区内区外转换性故障、区内高阻接地故障、振荡、振荡中再故障、非全相再故障和非全相振荡再故障等复杂故障,保护均可靠正确动作。试验表明 WXH-801/802 型微机线路保护装置满足 500kV 超高压线路保护设计要求。

#### 4 现场试运行

WXH-801、WXH-802 型微机线路保护装置分别于 1999 年 12 月到湖南省 500kV 岗云线(210km)和 2000 年 3 月到湖北省 500kV 葛双一回线(124km)投入试运行,其主保护分别为纵联方向和纵联综合距离保护,与高频通道的配合方式均采用载波通道允许式。到目前为止,这两套保护装置经受了 500kV 系统一次区内故障和多次区外故障的考核,其动作行为正确,完全符合设计要求。

2000 年 6 月 1 日 11 时 19 分 14 秒,500kV 岗云线 C 相发生经过渡电阻的单相接地故障。该线路装设的是国外某公司的距离保护,与高频通道配合实现全线速动作为主保护。故障发生后主保护未速动跳闸,280ms 后(以故障时刻为时标原点,下同),由云田侧后备保护动作跳云田侧线路开关;岗市侧在云田侧断路器跳开后,由于电流助增,距离段动作出口,381ms 跳开 C 相开关。

装设在岗云线上试运行的 WXH-801 型线路保护装置,其主保护为纵联方向保护,与通道的配合方式采用允许式,由三段式相间距离和接地距离以及六段零序方向保护构成全套后备保护。故障发生后,岗市侧试运行的 WXH-801 正序纵联和零序纵联 39ms 出口跳 C 相(包括通道时间 17ms,下同),零序段 42ms 出口跳 C 相;由于其出口回路不作用于断路器,而此时线路故障尚未切除,本保护继续判故障存在,291ms 后转发三跳令,并报纵联单跳失败和零序单跳失败,装置面板跳 A、跳 B、跳 C 灯和告警灯点亮。保护动作行为正确。云田侧试运行的 WXH-801 正序纵联和零序纵联 39ms 出口跳 C 相,由于其出口回路不作用于断路器,而此时线路故障尚未切除,本保护继续判故障存在,291ms 后转发三跳令,并报纵联单跳失败,装置面板跳 A、跳 B、跳 C 灯和告警灯点亮。保护动作行为正确。WXH-801 型微机线路保护装置正确反映了该次区内故障。

同日 16 时 34 分 00 秒,湖南省 500kV 五民线发生单相接地故障,岗云线两侧 WXH-801 主保护和

后备保护均可靠启动。对该次故障,云侧 WXH-801 判为正方向,正确发信,岗侧 WXH-801 判为反方向,可靠收信不发信,保护正确不出口。其动作行为完全正确。

安装在葛双一回线上试运行的 WXH-802 保护装置主保护为纵联距离,采用复用通道允许式。4 月 27 日 17 时 30 分,湖北省超高压输变电局双河变电站 500kV 系统先后三次发生单相接地故障,最大故障电流 11180A,最大零序电流 9500A。故障发生后,葛侧纵联保护正确发信,双侧纵联保护可靠收信,双侧纵联保护因故障为反方向不发信,主保护正确不出口跳闸。此次故障,葛双一回线两侧 WXH-802 保护均可靠启动,正确不出口,保护动作行为正确。WXH-802 微机线路保护装置成功地经受了严重的区外出口故障考核。同时,此次故障对岗云线上的 WXH-801 保护是远区外故障,云田侧 WXH-801 保护判为正方向,正确发信;岗市侧 WXH-801 保护判为反方向,可靠收信不发信,保护正确不出口。WXH-801 型微机线路保护装置正确可靠地反映了远区外故障。

#### 5 结束语

WXH-801/802 微机线路保护装置在硬件结构方面采用了许多新技术、新工艺,提高了装置的可靠性和抗干扰能力;具有灵活方便、功能完备的后台分析调试软件,有利于用户分析保护的動作行为、处理系统事故。WXH-801/802 以其性能可靠、功能强大深受用户赞赏,被认为是极具市场竞争力的新一代微机保护装置。

#### 参考文献:

- [1] 赵志华. 超高压线路保护的几点设想. 继电器, 1999, (1).
- [2] 易永辉, 李瑞生, 等. DSP 及其在继电保护上的应用. 继电器, 1999, (4).
- [3] 朱声石. 高压电网继电保护原理与技术. 中国电力出版社, 1995.
- [4] 王梅义. 电网继电保护应用. 中国电力出版社, 1999.

收稿日期: 2000-08-16

作者简介: 李瑞生(1966-),男,工程师,从事高、低压线路保护装置的研究与设计; 冯秋芳(1969-),女,工程师,从事电力系统继电保护的研究与设计; 刘星(1972-),男,工程师,从事高压及超高压线路继电保护的研究与设计。

(下转第 60 页)

b.  $f(U) = 80V$  条件下的欠压约束

$$f(d) < U_b \quad (3)$$

c. 电力电容器欠压保护正常工作的联合约束

电力电容器电压保护的正常工作,必须同时满足式(2)和式(3)。已知: $B = 5$ ,  $U_b = 1.38V$ (实测值),  $K_v$ 取1.2。求得 $f(R)$ 的变化范围为 $1.26 < f(R) < 1.58(k)$ 。

d.  $f(U) = 50V$  条件下的异常约束

$$f(d) < U_b \quad (4)$$

e. 电力电容器欠压保护异常工作的联合约束

在已知条件不变的前提下,联合求解式(2)和式(4),求得异常工作条件下 $f(R)$ 的可调整范围为 $1.26 < f(R) < 2.53(k)$ 。

显然,正常工作下的 $f(R)$ 的可调整范围较异常工作下的要小 $0.95k$ 。

#### 4 改进措施及实用效果

从上述分析知:电力电容器欠压保护动作异常的原因是取样电位器的调整范围太小,它无法满足正常工作所要求的调整范围。

取下电位器,用万用表仔细测量,发现电位器的

死区上限为 $1.75k$ ,下限为 $0$ 。显然,对上述联合约束如再引入电位器死区上限这一客观约束,正常工作联合约束组将无解。从电路原理图上查找到取样电位器的型号为WH5-2,阻值为 $22k$ ,从备用件中挑出多个这种型号的电位器再测量,发现死区上限均大于 $1.58k$ 。

可见,取样电位器所用型号是不合要求。换型号为:WX14、阻值为 $22k$ 的多圈线性电位器,重做试验,完全满足定值调整需求。

#### 参考文献:

- [1] 邱关源. 电路(上册)[M]. 高等教育出版社出版,1982年第2版.
- [2] 贺家李,等. 电力系统继电保护原理[M]. 水利电力出版社出版,1994年第3版.
- [3] 罗初东,等. 现代实用电子技术手册[M]. 广东科技出版社出版,1985.

收稿日期: 2000-06-28; 改回日期: 2000-07-10

作者简介: 朱陶业(1965-),男,实验师,主研究方向为电力系统继电保护、电力系统计算机控制等; 杨家林(1935-),男,高级工程师,主研究方向为电力系统继电保护、高压线路保护等。

### Cause analysis of abnormal settings of WKBC-1 under-voltage protection for electric power capacitor

ZHU Tao-ye<sup>1</sup>, YANG Jia-lin<sup>2</sup>

(1. Changsha University of Electric Power, Changsha 410077, China;

2. Chengdu Chuanxi Electric Power Technology Research Institute, Chengdu 610047, China)

**Abstract:** According to the abnormal phenomenon that occurs as the electric power capacitor under-voltage protection of microcomputer control table (WKBC- ) is debugged on site and the protection circuit principle, the mathematics analysis models satisfying different restriction conditions have been established. Through the mathematics analysis models, the corresponding adjustable range of the sampling adjustable resistor's parameter has been obtained and the cause of the abnormal phenomenon has also been found out, thus measures got from the above analysis can completely meet the users' demands.

**Key words:** relay protection; restriction model; capacitor voltage protection

(上接第47页)

### The research of WXH- 801/802 digital microprocessor-based line protection system

LI Rui - sheng, FENG Qiu - fang, LIU Xing, LIU Qian-kuan, ZHONG Yun-ping

(Xuchang Relay Research Institute, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** The research and development of EHV line protective device based upon 32-bit DSP and WXH- 801/802 digital microprocessor-based line protection system are introduced in this paper. Its CPU adopts many advanced technologies such as digital signal processor, large capacity FLASH and RAM, programmable CPLD, 16-bit A/D etc. Man Machine Interface (MMI) exploits 80x86. The protection principles take advantage of adaptive frequency track and adaptive synthesis criterions.

**Key words:** microprocessor-based line protection system; digital signal microprocessor; adaptive frequency track